**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
**ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН**
**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

# *ЗБІРНИК*
# *ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ*

***XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди 118-ї річниці від дня народження***
*доктора технічних наук, професора,*
*віцепрезидента УАСГН*
***КРАМАРОВА***
***Володимира Савовича***
***(1906-1987)***

# «КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***20-21 лютого 2025 року***
***м. Київ***

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**
**NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL SCIENCES OF UKRAINE**
**INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE**
**STATE BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY**

# *PROCEEDINGS*

***XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of***
*Doctor of Technical Sciences, Professor,*
*Vice President of the UAAS*
***KRAMAROV***
***Volodymyr Savovych***
***(1906-1987)***

# «KRAMAROV'S READINGS»

***February 20-21, 2025***
***Kyiv***

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceeding of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

## *ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:*

***Ткачук В. А.*** *– ректор НУБіП України, голова організаційного комітету;*
***Тонха О. Л.*** *– проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;*
***Ружило З. В.*** *– декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;*
***Мельник В. І.*** *– доцент кафедри надійності техніки НУБіП України, секретар організаційного комітету;*

***Члени організаційного комітету:***
***Автухов А. К.*** *– завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;*
***Адамчук В. В.*** *– директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН;*
***Альмейда А. –*** *професор Політехнічного університету Браганси (Португальська Республіка);*
***Аулін В. В. –*** *професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;*
***Арак М. –*** *директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);*
***Банний О. О. –*** *заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;*
***Бєлоєв Х.*** *– радник ректора Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе, академік Болгарської АН (Республіка Болгарія);*
***Борак К. В.*** *– заступник директора ЖАТФК;*
***Братішко В. В.*** *– декан МТФ НУБіП України;*
***Будяй О. В.*** *– директор ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі Україна»;*
***Булгаков В. М.*** *– завідувач кафедри механіки НУБіП України, академік НААН;*
***Василенко М. О.*** *– завідувач відділу «ІМА АПВ НААН»;*
***Васильковський О. М.*** *– завідувач кафедри сільсько-господарського машинобудування ЦНТУ;*
***Войтюк Д. Г.*** *– професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України, член-кореспондент НААН;*
***Герук С. М.*** *– завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;*
***Джеонг Ілля*** *– Голова представництва в Україні «HYUNDAI XITESOLUTION» (Республіка Корея);*
***Домейка Р.*** *– декан відділення Агроінженірінгу, Університету Вітаутаса Великого (Литовська Республіка);*
***Захарчук О. В.*** *– завідувач відділу ННЦ «ІАЕ», член-кореспондент НААН;*
***Іванишин В. В.*** *– ректор ЗВО «Подільський ДУ», академік НААН;*
***Ковалишин С. Й.*** *– декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій ЛНУП;*
***Коренко М.*** *– професор Інституту проєктування та інженерних технологій Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка);*

***Кувачов В. П.*** *– декан МТФ ТДАТУ імені Дмитра Моторного;*

***Кульгавий В. Ф.*** *– генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів»;*

***Кюрчев С. В.*** *– ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного;*

***Литовченко О. В.*** *– директор ВСП «Ніжинський ФК НУБіП України»;*

***Ловейкін В. С.*** *– завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;*

***Лопатько К. Г.*** *– завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;*

***Лукач В. С.*** *– директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;*

***Мельник В. І.*** *– провідний науковий співробітник відділу науково-технічної інформації НДЧ НУБіП України;*

***Мельник В. І.*** *– професор кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБУ;*

***Надикто В. Т.*** *– професор ТДАТУ імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН;*

***Науменко О. А.*** *– професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;*

***Новак Я.*** *– професор Університету природничих наук у Любліні (Республіка Польща);*

***Новицький А. В.*** *– завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України;*

***Ольт Ю.*** *– професор Інженерного інституту Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);*

***Паскуцці С.*** *– професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук (DISAAT) університету Альдо Моро в м. Барі (Італійська Республіка);*

***Пилипака С. Ф.*** *– завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;*

***Полянський П. М.*** *– завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;*

***Попа Лукреція*** *– науковий дослідник Національного інституту досліджень і розробок машин і установок для сільського господарства та харчової промисловості (Румунія);*

***Продеус О. В.*** *– керівник відділу збуту Манн+Хуммель GmbH;*

***Роговський І. Л.*** *– завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України;*

***Ромасевич Ю. О.*** *– заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;*

***Ревенко Ю. І.*** *– доцент кафедри надійності техніки НУБіП України;*

***Русінс А.*** *– директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій (Латвійська Республіка);*

***Саченко В. І. –*** *Голова Ради Асоціації «Укрмашбуд»;*

***Савченко В. М.*** *– доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ПНУ;*

***Сайчук О. В.*** *– директор ХДФПК імені В. І. Вернадського;*

***Сиволапов О. В.*** *– директор ТОВ «Індустрія техногруп»;*

***Тін Ю Чен -*** *голова китайського офісу філії університету в Ліньї (Китайська Народна Республіка);*

***Фіндура П.*** *– проректор Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка).*

***Шарибура А. О.*** *– завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича ЛНУП;*

***Яковенко І. А.*** *– завідувач кафедри будівництва НУБіП України.*

**КРАМАРОВ Володимир Савович**
**(1906-1987)**
**доктор технічних наук, професор, віцепрезидент УАСГН**

Народився 5 грудня 1906 р. у м. Біла Церква у сім'ї бідняка.

У 1924 р. став студентом Білоцерківського політехнікуму.

З відкриттям у Київському сільськогосподарському інституті факультету механізації та електрифікації сільського господарства був переведений до вказаного інституту. Тут у 1929 р. він здобув фах інженера-механіка.

1929-1930 рр. – завідувач ремонтної майстерні, інженер-механізатор зернорадгоспу (с. Петропавлівка) Дніпропетровського зернотресту. У 1930 р. був переведений до Москви в Ремонтне управління Зернотресту.

1931-1932 рр. – асистент кафедри механізації сільського господарства, 1932-1949 рр. – завідувач кафедри ремонту тракторів, автомобілів та сільськогосподарських машин Московського інституту механізації та електрифікації сільського господарства, яка була створена з ініціативи та за участі В. С. Крамарова. Тут ним була розроблена програма дисципліни «Ремонт тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин», яка знайшла впровадження в навчальному процесі інших сільськогосподарських інститутів, захищені кандидатська та докторська дисертаційні роботи. Згодом в інституті була створена й лабораторія ремонту машин.

1949-1950 рр. – старший науковий співробітник Всесоюзного інституту механізації сільського господарства (м. Москва), де очолював розроблення та 4 видання типової технології ремонту тракторів КД-35, технологічних карт

розбирання та збирання тракторів, теоретичних основ технологічних процесів ремонтного виробництва та інженерної методики їх проєктування.

1950-1954 рр. – професор, завідувач кафедри ремонту тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин (1951 р.), заступник директора з навчальної роботи, з навчальної та наукової роботи (1953 р.), з навчальної роботи (1954 р.) Київського сільськогосподарського інституту (КСГІ); 1954-1956 рр. – проректор з навчальної роботи Української ордена Трудового Червоного Прапора сільськогосподарської академії (УСГА) (перейменованого КСГІ), 1956-1959 рр. – ректор навчальної частини Української академії сільськогосподарських наук (УАСГН).

1959-1971 рр. – директор Українського науково-дослідного інституту механізації і електрифікації сільського господарства;

1968-1976 рр. – завідувач, 1976-1986 рр. – професор-консультант кафедри ремонту тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин УСГА.

Був обраний членом-кореспондентом ВАСГНІЛ, віцепрезидентом УАСГН (1957-1959 рр.).

Опублікував понад 110 наукових праць, під його керівництвом підготовлено і захищено 2 докторські та 32 кандидатські дисертації.

Неодноразово обирався до партійних та керівних виборних органів, зокрема, його було обрано членом Московського районного комітету партії, депутатом обласної Ради народних депутатів міста Києва від Тимірязєвського та Боженківського виборчих округів.

Він нагороджений трьома орденами Трудового Червоного Прапора, орденом «Знак Пошани», Почесною Грамотою Президії Верховної Ради УРСР, Грамотою Міністерства сільського господарства УРСР, Почесною Грамотою ЦК ЛКСМУ – за успішну науково-педагогічну роботу, медалями «За доблесний труд у період Великої Вітчизняної війни», золотою та срібною медалями ВДНГ.

Помер 6 травня 1987 року.

# Секція 1 *«Надійність і ремонтування технічних систем»*

**УДК 631.3-77**

# ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗБУДОВИ ІНФРАСТРУКТУРИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ АГРАРНОЇ ГАЛУЗІ

**О. А. НАУМЕНКО** канд. техн. наук, професор
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків***
*E-mail:* ol.naumenko20@gmail.com

Війна в Україні завдала значних збитків аграрному сектору, особливо ремонтно-обслуговуючій базі. Було зруйновано та пошкоджено підприємства, склади запчастин, мобільні ремонтні майстерні. Відсутність оновлення технічного оснащення, руйнування доріг і логістичних вузлів ускладнює доставку техніки та комплектуючих. Також спостерігаються перебої у постачанні імпортних запчастин, втрата технічних засобів на окупованих і замінованих територіях, мобілізація механіків та інженерів, відтік кадрів за кордон, проблеми з підготовкою нових фахівців у ЗВО та профтехосвіті. Додаткові труднощі створюють атаки на енергетичну інфраструктуру та дефіцит коштів у фермерів через втрати врожаю, скорочення експорту та високі кредитні ставки.

За роки війни розвиток сервісної інфраструктури фактично зупинився, тому відновлення має не лише повернути втрачене, а й забезпечити новий, більш високий технічний і організаційний рівень. Використання досвіду зарубіжних компаній може сприяти підвищенню надійності техніки та ефективності її обслуговування [1], [2].

Тому нами була поставлена **мета** окреслити першочергові ключові напрямки які необхідні для відновлення та розбудови ремонтно-обслуговуючої бази аграрного комплексу, запропонувати конкретні кроки для керівних структур, об’єднаних громад та зацікавлених підприємців, а також погодження і координації міжнародної допомоги.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**. Як в Україні, так і за кордоном були досліджені умови і розроблені перспективні напрямки розвитку ремонтно-обслуговуючої бази агропромислового комплексу. [1], [2], [3].

На жаль не змогли навести прикладів розробки і практичної реалізації хоча б окремих елементів програми розвитку мережі сервісних підприємств в АПК України.

В той же час є досягнення, які свідчать, що за останні роки шляхом залучення коштів вітчизняних і закордонних інвесторів без витрат бюджетних коштів було реконструйовано, побудовано, проведено технічне переозброєння більш як 1400 об'єктів технічного сервісу та створено більш як 15 тис. робочих місць. Реалізація заходів, спрямованих на динамічний розвиток технічного обслуговування і ремонту техніки сприяла створенню сучасного ринку сервісних послуг, зорієнтованого на підвищення їх якості та економічну безпеку. [2], [4].

**Напрямки відновлення ремонтно-обслуговуючої бази.** Для відновлення системи необхідна підтримка держави, міжнародні програми допомоги, розвиток вітчизняних сервісних структур та виробництв запчастин і експлуатаційних матеріалів. Основними завданнями досліджень є:

**1. Аналіз наявної техніки та її розподілу по регіонах.** Для ефективної відбудови необхідно мати достовірні дані про кількість та географічний розподіл сільськогосподарської техніки перед війною Нами був проведений відповідний аналіз на основі даних Державної служби статистики, який дозволяє оцінити концентрацію певних марок техніки, що сприятиме грамотному розміщенню сервісних підприємств, забезпеченню доступності запчастин і витратних матеріалів (як приклад, частина із них представлені на рис. 1).

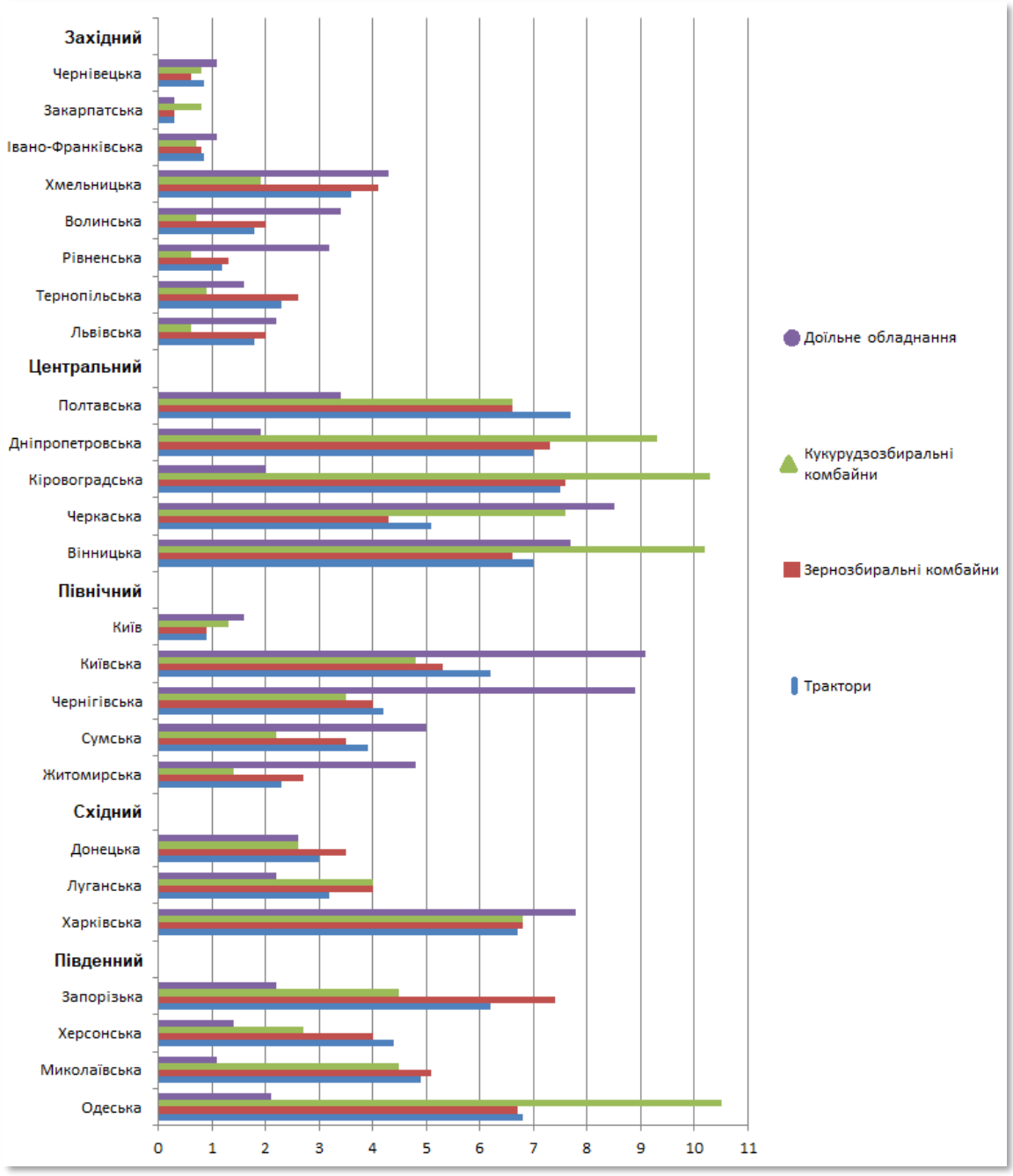



Рис.1. Розподіл наявної техніки в відсотках від загальної кількості по Україні

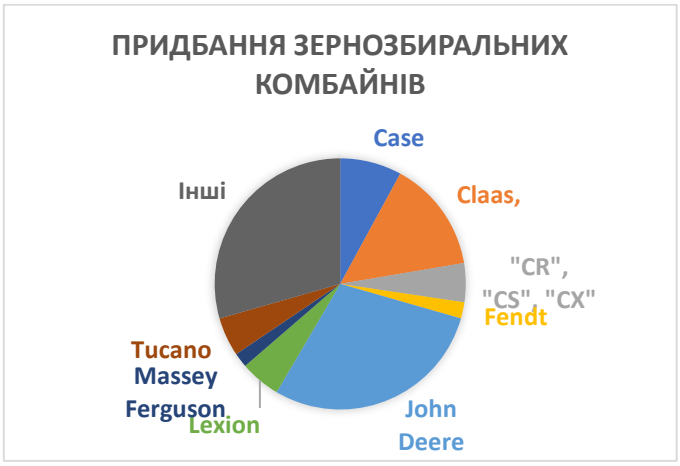
Ця інформація буде надзвичайно важливою для відбудови та розвитку сервісних підприємств після війни. Інформація про концентрацію певних марок техніки допоможе визначити, де саме відкривати сервісні підприємства, щоб вони були максимально близько до клієнтів, знаючи, які види техніки поширені в кожному регіоні, сервісні центри зможуть ефективно організовувати постачання запчастин і витратних матеріалів, розуміння потреб кожного регіону дозволить бізнесу і державним програмам підтримки ефективніше інвестувати кошти в розвиток ремонтних баз і СТО, органи державної влади матимуть підстави для сприяння і підтримки.

Таким чином, аналіз і урахування розподілу техніки по регіонах значно підвищить ефективність відновлення аграрного сектору та сервісної інфраструктури в Україні.

**2. Оцінка оновлення технічного парку перед війною**. Важливо враховувати, які марки та моделі техніки були закуплені перед війною. Інформація про оновлення сільгоспвиробниками техніки може бути корисною для відбудови та розвитку сервісних служб у таких аспектах: оцінити попит на ремонт і обслуговування сучасної техніки, яка потребує якісного сервісного оснащення, інформація про те, які марки та моделі були оновлені перед війною, допоможе зрозуміти, з ким варто співпрацювати у відбудові, наприклад, якщо було придбана значна кількість певної марки велика вірогідність що дилери, виробники техніки, їх навчальні центри для механіків візьмуть на себе відбудову своєї мережі. Якщо є дані про марки і кількість техніки, можна передбачити, які великі постачальники будуть розширювати свою мережу сервісного обслуговування, адже вони зацікавлені у підтримці клієнтів і продажі запчастин [4].

На рис. 2 представлено співвідношення придбаних марок тракторів і зернозбиральних комбайнів в передвоєнні роки.

Стабільно відбувається оновлення всіх видів сільськогосподарської техніки, переважно закордонних фірм, з певним коливанням[4]. Наприклад, в 2020 році було придбано 1970 тракторів і біля 500 зернозбиральних комбайнів. Як свідчить аналіз (рис. 2.) щорічно поповнюється парк технічних засобів виробників брендів Case, Claas, John Deere, New Holland,Tucano, Lexion. Аналіз даних марок і кількості техніки, можна передбачити, що ці постачальники будуть розширювати свою мережу сервісного обслуговування, водночас варто підтримати розвиток національних сервісних структур, щоб уникнути монополізації та зростання цін на обслуговування що вдарить по фермерах, особливо у складний післявоєнний період.



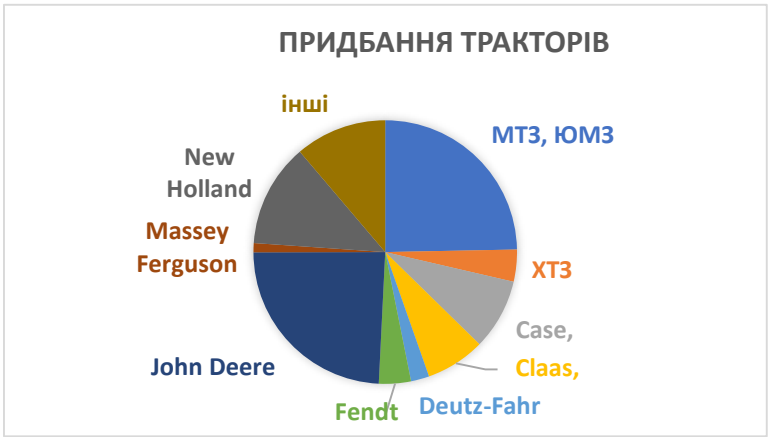




Рис. 2.Структура закупівель техніки сільгоспвиробниками.

**3. Оцінка пошкоджень та аудит інфраструктури**. Проведений нами моніторинг територій, які були в окупації і зараз знаходятся в зоні активних бойових дій свідчить що сервісні об'єкти були першочерговою ціллю для враження. Першим кроком у відбудові інфраструктури є проведення аудиту поточного стану. Це включає в себе оцінку стану обладнання, програмного забезпечення, будівель, комунікаційних систем та інших елементів інфраструктури. На основі результатів поточного аудиту уже зараз необхідно розробляти стратегію відбудови. Визначатися з пріоритетами, обсягами робіт, бюджетом та термінами виконання. Стратегія також повинна враховувати поточні та майбутні потреби підприємства.

**4. Найважливішим є питання технічного оснащення сервісних підприємств**. Частина підприємств потребуватиме поповнення, більшість оновлення, а частина повної комплектації обладнання для СТО та майстерень після війни. Складне сучасне обладнання доведеться закуповувати за кордоном, але є багато речей, які можна або виготовити в Україні, або адаптувати з наявних ресурсів. На першому етапі потрібно буде імпортувати сучасне діагностичне обладнання (сканери, стенди балансувальні стенди), високоточні електронні вимірювальні прилади, спеціалізовані програмні рішення та комп'ютеризовані станції.

В Україні можна виготовляти, наприклад, підйомники (механічні, гідравлічні) на заводах, що випускають металеві конструкції, верстаки, стелажі, меблі для майстерень, преси, домкрати, стенди для розвалу-сходження – можна модернізувати старі або виготовити нові, комплекти пневмоінструменту та компресори, витратні матеріали (стійки, кронштейни, дрібний інструмент, кріплення, фарба тощо).

**5. Підготовка кадрів**. Надзвичайно важлива проблема, це підготовка фахівців для відновлення, обслуговування та ремонту сучасної аграрної техніки, вона потребує комплексного підходу. Техніка АПК стала значно складнішою, об'єднуючи механіку, гідравліку, електроніку та програмне забезпечення. Тому потрібна як базова технічна підготовка, так і вміння діагностувати несправності електронних блоків та датчиків, навички роботи з різними марками техніки, діагностичними сканерами (John Deere Service Advisor, CNH EST, Fendt FENDIAS), розуміти технічну документацію, каталоги запчастин.

Зважаючи на це, підготовка фахівців має бути багаторівневою: від механічних навичок до роботи з електронікою та програмним забезпеченням. Важливо забезпечити здобувачам освіти доступ до сучасного обладнання та навчальних програм, які відповідають новітньому технічному рівню. Базовими ЗВО, які забезпечують високий рівень такої інженерної підготовки є університети НУБіП, ЛНУП, ЦНТУ, ДБТУ, НУВГП, коледжі ЖАТФК, ХДППФК ім. В.І. Вернадського, ЧФК ВНАУ , Державна установа «Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти»,тощо. При реформуванні мережі закладів освіти потрібно враховувати і якісну підготовку фахівців техсервісного спрямування.

**6. Моніторинг та міжнародна співпраця**. В процесі відбудови інфраструктури важливо забезпечити постійний моніторинг її стану та розширення підтримки партнерів. Постійний контроль стану відновленої інфраструктури дозволить вчасно виявляти проблеми та запобігати перебоям у роботі. Варто активно залучати волонтерські фонди, міжнародні гранти, домовлятися про партнерство з європейськими виробниками,

Об'єднатися з іншими СТО для спільних закупівель, це знизить витрати. Вивчити можливості держгрантів або міжнародної допомоги для відновлення бізнесу.Співпрацювати з виробниками сільськогосподарської техніки, а також з іншими компаніями та організаціями, які можуть допомогти у відбудові та розвитку бази сервісного обслуговування.

Відновлення ремонтно-обслуговуючої бази аграрного сектору потребує комплексного підходу, державної підтримки, міжнародної допомоги та ефективного використання національних ресурсів. Розуміння потреб ринку, стратегічне планування та підготовка кваліфікованих кадрів допоможуть створити сучасну сервісну інфраструктуру, здатну забезпечити стабільний розвиток аграрного сектору України в майбутньому.

**Висновки.** Відновлення ремонтно-обслуговуючої бази аграрного сектору потребує комплексного підходу, державної підтримки, міжнародної допомоги

та ефективного використання національних ресурсів. Розуміння потреб ринку, стратегічне планування та підготовка кваліфікованих кадрів допоможуть створити сучасну сервісну інфраструктуру, здатну забезпечити стабільний розвиток аграрного сектору України в майбутньому.

**Список використаних джерел**

1. Новицький А.В., Банний О.О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11, No 2. P. 115–124.

2. Науменко О. А Еволюція концепції ремонту і обслуговування (технічного сервісу) техніки АПК. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» 22-23 лют. 2024 р., м. Київ. МОН України, НУБіП України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2024. С. 11–13.

3. Науменко О. А., Беловод О. І. Розвиток інфраструктури технічного сервісу машин АПК / Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник тез доповідей XIX міжнар. наук. конф. (м. Житомир, 16-18 жовтня 2022 р.). Київ. Житомир, 2022 р. С. 255–258

4. Науменко О., Сайчук О., Науменко А. Прогнозування обсягів списання сільськогосподарської техніки: методологічний підхід. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2024. № 25. С. 144–152.

**УДК 658.27:339.13:631.12**
**JEL Classification Q 01; D 24; P 42**

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА ВІДТВОРЕННЯ КАПІТАЛУ АГРАРНОГО БІЗНЕСУ В УКРАЇНІ

**О. В. ЗАХАРЧУК,** доктор економічних наук, професор,
член-кореспондент,
***ННЦ «Інститут аграрної економіки», м. Київ,***
*E-mail*: zahar-s@ukr.net

Динаміка капітальних інвестицій на розвиток сільського господарства в умовах воєнного часу нестабільна, а загальні обсяги недостатні для його розвитку. Якщо в 2021 р. ці вкладення у доларах США становили 2,5 млрд, то у 2022−2023 р. − 1,5−1,7 млрд. З розрахунку на 1 га використовуваних сільськогосподарських угідь це становить лише 93−107 дол., тоді як необхідний для стабільного розвитку сільського господарства необхідно 150 дол. і більше. Абсолютна більшість капітальних інвестицій у сільське господарство у

2018−2023 рр. здійснювалася за рахунок власних коштів підприємств, частка яких за цей період зросла з 87 до 95%. Бюджетні кошти практично відсутні, а банківські кредити за цей період скоротилися З 13 до 5%.

Для забезпечення нормального перебігу процесів відтворення капіталу у сільському господарстві доцільно, щоб співвідношення між власними і залученими коштами на фінансування капітальних інвестицій було у пропорції відповідно 2/3:1/3. В умовах воєнного часу слід пріоритетно здійснювати заходи щодо сприяння й підтримки інвестиційних проєктів малого агробізнесу. Несталість та воєнний чинник спричиняли зменшення обсягів капітальних інвестиційна розвиток виробництва агропродукції обсягом 0,5–1 млрд дол. США у рік.

Своєчасне оновлення основних виробничих засобів, обладнання, сільськогосподарських машин гарантує стійкий економічний розвиток аграрного сектора. Тому роль інвестиційного забезпечення є важливою, оскільки інвестиційні ресурси дозволяють впроваджувати передові технології, новітню техніку, нові високопродуктивні сорти рослин та породи тварин, інноваційні форми організації праці та управління виробництвом. Нововведення, інновації, нові технології та організаційні рішення дають змогу підприємствам швидше вийти з кризових ситуацій, забезпечити високу конкурентоспроможність продукції та підприємств.

Зростання світових цін на продовольство буде компенсувати лише частину втрат доходів виробників та підвищуватиме рівень інвестиційної привабливості сільського господарства і харчової промисловості України. Ураховуючи це, національному агробізнесу, навіть в умовах війни, доцільно максимально використовувати можливості активізації інвестиційно-інноваційної діяльності. З цією метою необхідні загальнодержавні й регіональні та місцеві заходи щодо покращення інвестиційного забезпечення розвитку агробізнесу.

За останні три роки кількість активних виробників сільськогосподарської техніки в Україні скоротилася з 441 підприємства у 2021 році до 411 підприємств у 2022 році і до 382 підприємств у 2023 році Суттєве скорочення відбулося у південних і східних областях, які найбільше постраждали від військових дій. Такий стан справ що призводить до значної втрати виробничого та експортного потенціалу галузі. Частково знищені або повністю втрачені виробничі потужності Харківського тракторного заводу, Бердянського заводу «John Greaves», релокованого «Оріхівсільмаш» та багатьох інших.

За останні 12 років виробництво вітчизняної сільськогосподарської техніки скоротилося з 918,3 млн дол США до 385,3 млн дол. США – у 2,4 рази. ЇЇ частка в загальному обсязі торгівлі сільськогосподарською технікою скоротилася з 52,3% у 2012 році до 20,5% у 2023 році, що свідчить про глибоку кризу галузі сільськогосподарського машинобудування, якості та технологічності продукції вітчизняного виробництва а також зниження рівня попиту на неї.

Прямі втрати сільського господарства внаслідок війни станом на початок 2024 року склали 10,3 млрд дол. США. Зокрема втрати від знищення та пошкодження лише сільськогосподарської техніки склали 5,8 млрд дол. США та зерносховищ 1,8 млрд дол. США, внаслідок викрадення та втрати факторів виробництва та готової продукції – майже 2 млрд дол. США тощо.

Втрати ж від недоотриманого доходу виробників сільськогосподарської продукції та збільшення її собівартості склали 69,8 млрд дол. США. Враховуючи те, що частина підприємств сільськогосподарського машинобудування знищена, пошкоджена або знаходиться під окупацією, а фізичні обсяги імпорту техніки для аграрних підприємств скорочуються, ситуація з оновленням їх машино тракторного парку значно погіршується.

Розуміючи важливість підтримки аграрного сектору, у 2023 році Урядом продовжено Державну програму «Доступні кредити 5-7-9%» для полегшення доступу аграріїв до кредитів в умовах воєнного стану та програму надання державних гарантій.

Реалізація Програми здійснювалася Міністерством фінансів через уповноважені банки за участі Фонду розвитку підприємництва відповідно до Порядку надання фінансової державної підтримки суб'єктам підприємництва, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.01.2020 р. № 28.

У межах програми «Доступні кредити 5-7-9%» аграрії отримували кредити у розмірі до 90 млн грн під 5–9 % річних, залежно від категорії кредиту та суб'єкта підприємництва.

Протягом 2023 року майже 14 тисяч агрогосподарств одержали 78,8 мільярдів гривень банківських кредитів на розвиток. З них за державною програмою «Доступні кредити 5-7-9%» - 10,9 тисяч господарств профінансовано на 44,5 мільярдів гривень.

Найбільший обсяг кредитів за різними програмами отримали аграрії таких областей:

Київська – 13,1 млрд гривень виділено для 1 029 підприємств;

Дніпропетровська – 7,2 млрд гривень – для 893;

Вінницька – 6,7 млрд гривень – для 1 558,

Черкаська – 6,2 млрд гривень - для 564 господарств;

Кіровоградська – 5,6 млрд гривень – для 1 803;

Одеська – 5 млрд гривень – для 1 179.

Для покращення ситуації у повоєнний час доцільно також:

1. створення сприятливого інвестиційного клімату для залучення інвестицій у розвиток та відновлення виробництва вітчизняної техніки, організація спільних підприємств для виробництва інноваційної, високопродуктивної та екологічної техніки, спрощення ведення бізнесу та дозвільної системи, скорочення бюрократичних процедур;
2. збереження на постійній основі та збільшення обсягів фінансування програми часткової компенсації вартості сільськогосподарської техніки й обладнання вітчизняного виробництва;

3. стимулювання державою нарощення обсягів виробництва міні техніки;

4. залучення господарств населення та малих фермерських господарств до участі у державних цільових програмах розвитку аграрного сектору економіки.

**Список бібліографічних посилань**

1. Стратегія конкурентоспроможного розвитку інвестиційного та матеріально-технічного забезпечення сільського господарства: наукове видання / за заг. ред. О.В. Захарчука Київ : ННЦ «ІАЕ», 2023. 105 с.

2. Navrotskyi, Ya., Zakharchuk, O., Vyshnevetska, O., Glinkowska-Krauze, B., & Kuchmieiev, O. The agricultural machinery market for crop production and prospects for its development in the postwar period. Scientific Horizons, 2023, 26(9), 153-166. doi: 10.48077/scihor9.2023.153.

3. Стратегічні напрями інклюзивного розвитку інвестиційного та матеріально-технічного забезпечення аграрного бізнесу: монографія / за заг. ред. О.В. Захарчука. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2024. 248 с.

**УДК 621.317.7**

## ІСТОРІЯ ВИНАХОДУ, ЕВОЛЮЦІЯ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЛІТІЄВИХ БАТАРЕЙ

**С. М. ГЕРУК** к.т.н., доц., с.н.с.
***Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир***
*E-mail:* mega_sgeruk@ukr.net

Літій-іонні акумулятори стали невід'ємною частиною сучасного життя, живлячи все від смартфонів і ноутбуків до електромобілів і сонячних систем. І навіть дома, слухаючи музику чи новини і погоду, ми використовуємо гаджети. А їхнє функціонування неможливе без автономних джерел живлення. Ця історія налічує більше двох століть, розкриває еволюцію літій-іонних акумуляторів, від їх початку до ключової ролі, яку вони відіграють сьогодні у нашому повсякденному житті[7].

### ІСТОРІЯ ВИНАХОДУ

Вперше літій (в мінералі петаліті) відкрив шведський хімік і мінералог Юхан Август Арфведсон ще в 1817 році, коли працював у лабораторії Й.Я. Берцеліуса в Стокгольмському університеті, де вивчав методи хімічного аналізу мінералів і описав його численні солі та інші сполуки.. З 1819 року він працював у Королівській хімічній лабораторії у Стокгольмі, а з 1821- член

Королівської академії наук. Проте минуло більше століття, перш ніж вчені почали усвідомлювати потенціал літію, як ключового елемента для батарей.

Між першою спробою видобути електрику хімічним способом та створенням літій-іонних акумуляторів пройшло, можливо, два тисячоліття. Існує непідтверджений здогад, що першим рукотворним гальванічним елементом в історії людства була «багдадська батарейка», знайдена в 1936 поблизу Багдада археологом Вільгельмом Кенігом. Знахідка, датована II-IV століттям до н. е., являє собою глиняний посуд, в якому знаходяться мідний циліндр і залізний стрижень, простір між якими міг заповнюватися «електролітом» - кислотою або лугом. Сучасна реконструкція знахідки показала, що при заповненні посуду лимонним соком можна досягти напруги до 0,4 вольт [8].

Уперше про можливість створення паливних елементів повідомив у 1839 р. англійський аматор у галузі фізико-хімії, товариш Майкла Фарадея Вільям Гроув [3]. Спостерігаючи процес електролізу води в розчинах сірчаної кислоти, він виявив, що після відключення зовнішнього струму в електролітичній комірці генерується постійний струм. Однак ці висновки В. Гроува тоді не знайшли обґрунтування у подальших дослідженнях. Свій електрохімічний пристрій він, за пропозицією М. Фарадея, назвав «газовою батареєю». Назву «паливний елемент» цей пристрій одержав лише через 50 років, завдяки Людвігу Монду.

Не вдалося реалізувати й ідею знаного фізико-хіміка Вільгельма Оствальда (1894 р.) щодо генерації електричної енергії у паливному елементі з вугілля, а також винайдений російським ученим Павлом Яблочковим (1887 р.) воднево-кисневий паливний елемент, результати інших досліджень і численних винаходів.

Взимку 1973 р. керівники компанії викликали Віттінгема, щоб той виступив у головному офісі в Нью-Йорку перед членами ради директорів Exxon. «Я прийшов туди і пояснив усе хвилини за 5, максимум 10 – розповідав Уіттінґем у січні 2020 р. – А через тиждень вони відповіли, що хочуть інвестувати в це».

Батарея Віттінгема, перша батарея на основі інтеркаляції літію, була розроблена у компанії Exxon в 1972 р. з використанням дисульфіду титану як катода і металевого літію як анода. Ще в 1970-х роках британець Стенлі Віттінгем (Stanley Whittingham), який працював у паливно-енергетичній компанії Exxon, при створенні літієвої батареї, що перезаряджається, використовував анод з сульфіду титану і літієвий катод. Перша літієва батарея, що перезаряджається, демонструвала допустимі показники за струмом і напругою, але періодично вибухала. Крім цього, титан завжди був дуже дорогим, а в 1970-ті ціна дисульфіду титану становила близько $1000 за кілограм (еквівалент $5000 в наш час). Не говорячи вже про те, що металевий літій на повітрі горить. ТомуExxon згорнули проект Віттінгема.

У 1976 р. Джон Гуденаф прийшов до Оксфордського університету, де очолив розробку першого літієвого акумулятора з катодом із оксиду кобальту.

Гуденаф був знайомий з роботами Віттінгема, тому що Віттінгем отримав докторський ступінь в Оксфорді. Але прочитавши 1978 р. опубліковану Віттингемом статтю «Хімія інтеркаляційних з'єднань», Гуденаф остаточно переконався, що майбутнє за літієвими акумуляторами. (Гуденаф помер 25 червня 2023 р. у віці 100 років). У 1978 році Коїті Мідзусіма (Koichi Mizushima), який захистив докторську дисертацію з фізики, займався дослідницькою роботою в Токійському університеті, коли з Оксфорда йому прийшло запрошення приєднатися до групи Джона Гуденафа (John Goodenough), яка займався пошуком нових матеріалів для батарейних анодів. Це був дуже перспективний проект, оскільки потенціал літієвих джерел живлення вже був відомий, але приборкати примхливий метал до ладу ніяк не вдавалося — недавні експерименти Віттінгема показували, що до початку серійного виробництва бажаних літій-іонних батарей ще далеко.

Тим не менш, Гуденаф був упевнений у правильності формули свого акумулятора і не здавався. Він звернувся до Atomic Energy Research Establishment (AERE), урядової лабораторії в Харуеллі. Лабораторія погодилася сплатити патент, але лише за умови, що 59-річний учений відмовиться від своїх прав. Гуденаф підкорився. Лабораторія запатентувала батарею 1981 р., а вчений залишився без копійки прибутку від своєї розробки.

В експериментальних акумуляторах використовувалися літієвий катод та сульфідний анод. Перевага сульфідів над іншими матеріалами в анодах задало Мідзусімі та його колегам напрямок для пошуків. Вчені замовили у свою лабораторію піч для виробництва сульфідів прямо на місці, щоб швидше експериментувати з різними сполуками. Робота з піччю закінчилася не дуже добре: одного дня вона вибухнула і викликала пожежу. Інцидент змусив команду дослідників переглянути свої плани: можливо, сульфіди, незважаючи на їхню ефективність, були не найкращим вибором. Вчені змістили свою увагу у бік оксидів, синтезувати які було набагато безпечніше.

Мідзусіма виявив, що оксид літій-кобальту демонструє найкращі результати. Кобальт підходив краще за інших ще й тому, що відповідає всім вимогам з безпеки і до того ж підвищує напругу елемента до 4 вольт.

Застосування кобальту стало найважливішим, але не останнім кроком у створенні літій-іонних акумуляторів. Впоравшись з однією проблемою, вчені зіткнулися з іншою: щільність струму виявилася занадто малою, щоб використання літій-іонних елементів було економічно виправданим. І команда, яка зробила один прорив, зробила і другий: при зменшенні товщини електродів до 100 мікрон вдалося підвищити силу струму до рівня інших типів акумуляторів, при цьому з подвоєною напругою та ємністю.

Проте минуло ще 11 років, перш ніж у продаж надійшов перший літій-іонний акумулятор: дослідники підвищували безпеку батарей, підвищували напругу, експериментували з різними матеріалами катода.

*Зліва направо: лауреати Нобелівської премії з хімії 2019 року Акіра Йошино, Джон Гуденаф та Стенлі Уіттінґем. У свої 97 років Гуденаф став найстаршим лауреатом в історії Нобелівських премій.*

У 2019 лауреатами Нобелівської премії з хімії стали Джон Гуденаф, Стенлі Уіттінґем та Акіра Йосіно, які винайшли літій-іонні акумулятори. Вклад вчених справді вагомий, адже саме цей тип АКБ вважають найпопулярнішим у світі та використовують при створенні гаджетів, електрокарів та багатьох інших приладів.

КОМЕРЦІЙНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЛІТІЄВИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Комерційний зразок був розроблений Sony та японським хімічним гігантом Asahi Kasei. Ним стала батарея для аматорської плівкової відеокамери Sony CCD-TR1. Вона витримувала 1000 циклів зарядки, а залишкова ємність після такого зносу була вчетверо вищою, ніж у нікель-кадмієвого акумулятора аналогічного типу.

У 1980 році марокканський вчений Рашид Язамі (Rachid Yazami) виявив, що графіт чудово справляється з роллю катода, причому він абсолютно пожежобезпечний. Ось тільки існуючі на той час органічні електроліти швидко розкладалися при дотику до графіту, тому Язами замінив їх твердим електролітом. Графітовий катод Язамі був натхненний відкриттям провідності полімерів професором Хідекі Сіракавай (Hideki Shirakawa), за що той отримав Нобелівську премію з хімії. А графітовий катод Язами досі використовується у більшості літій-іонних батарей.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИКУ

У 2017 році 94-річний Гуденаф заявив, що разом із вченими Техаського університету розробив новий тип твердотілих акумуляторів, які можуть зберігати в 5-10 разів більше енергії, ніж колишні літій-іонні. Для цього електроди були виготовлені з чистого літію та натрію. Обіцяна низька ціна. Але конкретики та прогнозів про початок масового виробництва немає досі. Враховуючи довгий шлях між відкриттям групи Гуденафа та початком

серійного виробництва літій-іонних батарей, реальні зразки можна чекати років через 8-10.

Коїті Мідзусіма продовжує дослідницьку роботу у Toshiba Research Consulting Corporation. «Озираючись назад, я дивуюсь тому, що ніхто до нас не здогадався використати на аноді такий простий матеріал, як оксид літій-кобальту. До того моменту було випробувано безліч інших оксидів, тому, ймовірно, якби не ми, то протягом кількох місяців хтось інший зробив це відкриття», — вважає він.

Однією з причин, чому виробники електрокарів перейнялися зменшенням частки кобальту в акумуляторах автомобілів є його різке здороження до $95500 за тону. Наприклад, Tesla зменшила масу дефіцитного металу з 11 до 4,5 кг на одну машину, а в майбутньому планує знайти ефективні склади без кобальту взагалі. Аномально високо піднята ціна на кобальт до 2019 року опустилася до значень 2015 року, але розробники батарей активізували роботу з відмови або зниження частки кобальту.

Наступною важливою ланкою в історії літієвих акумуляторів став Акір Йошино, 34-річний хімік з японської компанії Asahi Chemical. Йошино мав власну технологію: він досліджував можливість використання в акумуляторах пластикового анода з електропровідного поліацетилену і ніяк не міг знайти відповідний катод. У своїй автобіографії «Літій-іонні акумулятори відчиняють двері в майбутнє. Приховані історії винахідника» Йошино згадував: коли він наводив лад на столі в останній день 1982 р., то натрапив на забуту ним технічну статтю 1980 р. У статті описувався катод із оксиду літію-кобальту. Можливо, він підійде до його пластикового анода?

Йошино разом із невеликою групою колег поєднали катод Гуденафа із пластиковим анодом. Вони також спробували поєднання з іншими анодами, в основному з різних типів вуглецю. Зрештою зупинилися на вуглецевому аноді, зробленому з нафтового коксу.

Батарея Йошино, розроблена в компанії Asahi Chemical наприкінці 1980-х, поєднувала катод Гуденафа з анодом із нафтового коксу.

Нафтовий кокс виявився серйозним кроком уперед. Уіттінґем і Гуденаф використовували аноди з металевого літію, який був летючим і навіть небезпечним. Перейшовши на вуглець, Йошино разом із колегами створили набагато безпечніший акумулятор.

Коли фірма Asahi Chemical відмовилась від подальших розробок, тоді за справу взявся керівник дослідницького відділу Asahi Chemical Ісао Курібаясі, який брав участь у створенні батареї. У своїй книзі "A Nameless Battery with Untold Stories" Курібаясі описує, як разом із колегою вони шукали в США консультантів, які могли б допомогти з виробництвом батареї. Їм порекомендували компанію Battery Engineering – крихітну фірму, яка розташовувалась у переобладнаному гаражі для вантажівок у районі Гайд-парку у Бостоні. Компанією керувала невелика група вчених. Фірма спеціалізувалася на створенні незвичайних акумуляторів. Вони виробляли різні батареї для винищувачів, ракетних шахт і бурових установок.

Нікола Марінчич із компанії Battery Engineering у Бостоні, який працював над перетворенням прототипу Asahi Chemical на передсерійні батареї, виготовив 200 батарей розміру С.

Однак навіть маючи на руках робочі батареї, Курібаясі все одно зустрів опір з боку директорів Asahi Chemical, які, як і раніше, побоювалися залазити до невідомого бізнесу.

У Sony він сподівався лише «підтвердити правильність нової акумуляторної технології», однак Sony зробила більше, ніж просто підтвердила. На цей час, згідно з корпоративною історією, компанія розглядала можливість розробки власного літієвого акумулятора. Побачивши батарею Asahi, у компанії відразу усвідомили її величезну цінність.

Джон Гуденаф та його співавтор Коічі Мізушима переконали Atomic Energy Research Establishment профінансувати витрати на патентування їхнього літій-кобальтового акумулятора, але для цього їм довелося відмовитися від фінансових прав на нього.

Залишалося зробити останній крок. У 1989 р. один із керівників Sony зателефонував до Atomic Energy Research Establishment у Харуеллі (Англія). Він запитав про один з патентів лабораторії, який вісім років припадав пилом без діла, - про катод Гуденафа. Він сказав, що Sony зацікавлена у ліцензуванні цієї технології.

На щастя Sony Курібаясі з Asahi Chemical прийшов саме до них, що призвело до успіху. Sony продала десятки мільйонів елементів, а потім видала субліцензію на патент AERE більш як двом десяткам інших азіатських виробників акумуляторів, які заробили на цьому мільярди. (У 2016 році Sony продала свій акумуляторний бізнес компанії Murata Manufacturing за 17,5 млрд єн, що сьогодні становить приблизно $126 млн).

Жоден з первісних авторів – Уіттінґем, Гуденаф та Йошино – не отримали частки від цих прибутків.

Літій-іонні акумулятори пройшли кілька етапів доробок та удосконалень, і на сьогодні вони є одними з найнадійніших, найбезпечніших і наймісткіших батарей. Звичайно, як і для будь-яких пристроїв, для них передбачені певні правила експлуатації, які допомагають зберегти та продовжити життя акумулятора. При дотриманні цих правил батарея прослужить дуже довго, проте досі існують міфи та помилки щодо працездатності та безпеки літій-іонних акумуляторів.

На сьогоднішній день літій-іонні батареї різних типів – це найкращі акумулятори для більшості споживачів. Ємні, потужні, компактні та недорогі, вони все ж таки мають серйозні недоліки, що обмежують область використання.

**Пожежонебезпека**. Для нормальної роботи літій-іонного акумулятора обов'язково потрібен контролер живлення, що запобігає перезаряду та перегріву. В іншому випадку батарея перетворюється на пожежонебезпечну річ, що норовить роздутися і вибухнути на жарі або при заряді від неякісного

адаптера. Вибухонебезпека – мабуть, головний недолік літій-іонних акумуляторів.

**Старіння.** Літій-іонні батареї схильні до старіння, навіть якщо їх не використовувати. Тому куплений як колекційний нерозпакований смартфон 10-річної давності, наприклад, найперший iPhone, триматиме заряд значно менше через те саме старіння батареї. До речі, рекомендації зберігати акумулятори зарядженими до половини ємності мають підстави — при повному заряді під час тривалого зберігання батарея набагато швидше втрачає свою максимальну ємність.

**Саморозряд**. Якщо NiMH-комірки втрачають 0,08-0,33% за місяць, то Li-Ion-комірки - по 2-3% на місяць. Таким чином, за рік літій-іонний акумулятор втратить третину заряду, а через три роки «сяде» до нуля. Заради справедливості скажемо, що у нікель-кадмієвих батарей ще гірше - 10% на місяць.

**Чутливість до температури**. Охолодження та перегрів сильно впливають на параметри такого акумулятора: +20 ° С градусів вважаються ідеальною температурою навколишнього середовища для літій-іонних батарей, якщо її зменшити до +5 ° С, то батарея віддасть на 10% енергії менше. Охолодження нижче за нуль забирає від ємності десятки відсотків і до того ж впливає на здоров'я акумулятора: якщо намагатися його зарядити, наприклад, від пауер-банку - виявиться «ефект пам'яті», а батарея безповоротно втратить ємність через утворення на аноді металевого літію.

Зараз літій-іонні батареї використовуються чи не у всіх електронних приладах: смартфонах, планшетах, смарт-годинниках, фітнес-трекерах, ноутбуках, бездротових мишах і навіть електрокарах. І вже дуже важко уявити наше повсякденне життя без цих девайсів та винаходів трьох учених, що забезпечують життєздатність цих приладів.

ВИСНОВОК

Літій-іонні батареї відіграли ключову роль у формуванні сучасного світу, забезпечивши технологічний прогрес, який ми використовуємо щодня, від мобільних пристроїв до електромобілів і сонячних систем. Їхня історія свідчить про постійні дослідження та інновації, а майбутнє обіцяє ще більший розвиток у напрямку стійких та ефективних енергетичних рішень. Літій-іонні батареї — це не просто технологічний продукт, а символ прогресу до більш екологічного та стійкого світу. Їхній подальший розвиток і надалі відіграватиме ключову роль у нашому житті, забезпечуючи енергією всі аспекти сучасної цивілізації та надихаючи на нові рішення глобальних викликів

## Список використаних джерел

1. Шембель, О. М. Основні характеристики сучасних хімічних джерел струму різних електрохімічних систем : [укр.] / О. М. Шембель, В. А. Білогуров // Сучасна спеціальна техніка. — 2009. — № 2(17). — С. 66—86.

2. Li-Ion Battery with LiFePO4 Cathode and Li4Ti4O12 Anode for Stationary Energy Storage. Архів оригіналу за 1 жовтня 2016. Процитовано 16 вересня 2016.

3. Comparison Between Three Types of Lithium Ion Battery Cell - Cylindrical Cell, Prismatic Cell, Pouch Cell. www.linkedin.com (укр.). Процитовано 30 липня 2024.Andrea, 2010, с. 2.

4. Слюсар, В.І. (2019). Пошук джерел сили. Проблемні аспекти енергетичного менеджменту транспортних платформ – з урахуванням основних трендів та підходів наукових структур НАТО (PDF). Defense Express. - 2019, № 8 (серпень). с. 38 - 41. Архів оригіналу (PDF) за 1 серпня 2019. Процитовано 2 серпня 2019.

5. https://24tv.ua/tech/istoriya_stvorennya_litiy_ionnih_batarey_chim_troye_naukovtsiv_zasluzhili_nobelivsku_premiyu_z_himiyi_n1217263

6. https://habr.com/ru/companies/ispmanager/articles/757232/

7. http://www.akbli.com.ua/article/154-vzryv-i-mirovoy-zagovor-istoriya-sozdaniya-litiy-ionnyh-akkumulyatorov.html

8. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D1%82%D1%96%D0%B9-%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80

9. 9.https://24tv.ua/tech/ru/istorija_sozdanija_litij_ionnyh_batarej_chem_troe_uchenyh_zasluzhili_nobelevskuju_premiju_po_himii_n1217276

## COMPREHENSIVE APPROACH TO PRODUCT DESIGN: HARMONY BETWEEN TECHNICAL CAPABILITIES AND ECONOMIC FEASIBILITY

**V. MELNYK**, PhD in Economics, Associate Professor,
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***

Ensuring the economic efficiency of a project is crucial for achieving success and competitiveness in the market. Considering economic aspects at all stages of development helps create a more balanced, cost-effective, and consumer-attractive product. Moreover, avoiding design errors can be achieved by employing a full life cycle methodology, where cost estimation is formed at all stages – from production to disposal – by collaborating with economists for cost forecasting and pricing and involving consumers in testing to receive feedback for product optimization.

Ignoring economic characteristics at the early stages of development can lead to financial losses and market failure. In agricultural machinery manufacturing, a

harmonious balance between technical capabilities and economic feasibility is a prerequisite for success. Only then will the product be competitive and in demand.

Technical and economic characteristics of a product are closely interconnected, and optimizing one can lead to changes in the other. Let us examine the interrelationship between key technical characteristics and economic indicators.

Productivity affects production costs – higher productivity means more units of product are manufactured per unit of time, reducing the cost per unit. Manufacturing costs – higher productivity enables economies of scale, reducing overall unit costs. Economic efficiency – higher productivity allows manufacturers to shorten order fulfillment times and reduce expenses, thereby enhancing economic efficiency.

The ability of technical systems or equipment to efficiently use energy resources (electricity, heat, fuel, etc.) to perform production processes or functions with minimal energy consumption is one of the key technical characteristics of a product, directly impacting the economic performance of an enterprise.

The impact of energy efficiency on economic indicators can be examined in several ways: energy costs – high-efficiency machines and equipment consume fewer energy resources for the same workload, significantly reducing energy costs. This directly lowers operational expenses for enterprises. Maintenance and servicing costs – high energy efficiency is often associated with optimized design and reduced friction or wear of components, decreasing the need for repairs and maintenance. This helps reduce expenses for keeping equipment in working condition. Disposal and environmental penalties – energy-efficient systems and products typically produce lower emissions of harmful gases and waste, enabling enterprises to reduce disposal costs and avoid fines or sanctions for violating environmental standards. Product competitiveness – highly energy-efficient products can become a market advantage as they help consumers reduce energy expenses when using these products or equipment, which can increase product demand.

Depreciation and payback period – high energy efficiency can shorten the payback period for investments in new equipment, as businesses save on energy expenses, leading to a quicker return on investment.

Thus, energy efficiency is a crucial technical characteristic that directly impacts the economic indicators of a product. It not only reduces energy costs but also lowers operational expenses, decreases maintenance time, reduces environmental costs, and enhances product competitiveness. As a result, energy-efficient solutions provide significant savings and can substantially improve the economic efficiency of an enterprise.

Reliability affects operational and maintenance costs – high product reliability reduces the need for repairs and servicing, leading to lower maintenance and spare parts replacement costs. Restoration costs – a lower number of failures and breakdowns reduces costs associated with restoring or replacing equipment and minimizes time losses. Service life – higher reliability extends the product's lifespan, lowering overall maintenance costs and improving long-term economic efficiency. The service life determines depreciation periods, maintenance costs, repairs, and

product replacement expenses, ultimately defining overall costs and efficiency for consumers or enterprises.

Durability influences replacement costs – high-durability products incur lower replacement or renewal costs as they last longer. Material costs – extended product use reduces the need for additional materials for repairs or updates, decreasing overall expenses. Functionality – high durability means that equipment or products require fewer upgrades or modifications, reducing capital expenses.

Technical versatility of a product or equipment refers to the ability of technical systems or products to effectively function in various conditions or perform diverse functions without significant design changes or adaptation costs. In mechanical engineering, technical versatility implies the capability of using a single type of equipment or machine for different technological processes, various types of work, or across multiple industries.

Technical versatility is an important product characteristic that directly impacts an enterprise's economic indicators. It helps reduce costs associated with development, production, maintenance, and adaptation of technical systems, enhances enterprise flexibility, and promotes market expansion. As a result, versatile products or machinery have greater economic efficiency and enable businesses to gain a competitive advantage by optimizing costs and resources.

The impact of technical versatility on economic indicators can be analyzed in several ways: reducing maintenance and repair costs; increasing flexibility in use and lowering adaptation expenses by allowing businesses to quickly adjust to market and technical requirement changes; expanding market reach; reducing overall production costs.

Thus, technical characteristics such as reliability, durability, productivity, and energy efficiency directly affect economic indicators, including maintenance costs, product lifespan, production costs, and energy consumption. These characteristics can be optimized through competent design, ensuring high economic efficiency and product competitiveness in the market.

The relationship between technical and economic characteristics is crucial for developing effective engineering solutions in mechanical engineering. Evaluating and optimizing technical product characteristics such as reliability, durability, and productivity can significantly impact an enterprise's economic efficiency by reducing costs, extending product lifespan, and providing benefits for consumers.

Therefore, to achieve high economic efficiency in industrial mechanical engineering, it is essential to ensure the optimal combination of technical and economic product characteristics at all stages of its life cycle, from design to operation.

**УДК 636.083.45:62-192**

# ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ «ЛМС» У ТВАРИННИЦТВІ: РЕМОНТОПРИДАТНІСТЬ МАШИН

**А. В. НОВИЦЬКИЙ,** к.т.н., доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

В останні десятиріччя актуальними залишились напрями досліджень авторів статті [1], які зазначали, що подальший розвиток техніко-технологічної бази аграрного виробництва залежить від реалізації наступних напрямів: створення нових машинних технологій виробництва сільськогосподарської продукції; забезпечення новою високопродуктивною технікою з можливостям адаптації до конкретних природно-кліматичних і виробничих умов; формування високого рівня кваліфікації кадрів, які експлуатують та обслуговують техніку нового покоління.

Огляд літературних джерел вітчизняних та зарубіжних вчених показав, що від функціонування складової «людина-оператор» залежить подальше підвищення ефективності та надійності СТС, які використовуються в аграрному виробництві [2-4], включаючи: машини та обладнання сільськогосподарського виробництва; мобільні енергетичні засоби; транспортно-технологічні машини; виробничо-технологічні комплекси машин і обладнання. Саме «людина-оператор» як складова таких СТС приймає найбільш відповідальні рішення, саме від правильності дій, вміння своєчасно знайти та усунути відмову, залежить ефективність поставлених перед ними завдань, цілісність об'єкта дослідження, безпека людей і тварин. З розвитком технічних засобів, їх ускладнення і перетворення з простих пристроїв – в СТС «Людина-Машина»; «Людина - Машина - Обладнання»; «Людина - Машина - Тварина - Середовище», все більш проявляється недосконалість «людини-оператора» при їх використанні.

Основними системами виробництва аграрної продукції є складні технологічні системи є: «Людина - Машина» та «Людина - Машина - Середовище». З розвитком технічних засобів та їх перетворенням із простих пристроїв на складні технологічні системи (СТС) дедалі більше проявляється недосконалість людського фактора під час їхнього використання. Особливо це актуально для сільськогосподарського виробництва та його техніко-технологічної бази.

Щодо тваринницької галузі, то саме через низьку кваліфікацію персоналу поширюються захворювання тварин, з молока низької якості не можна приготувати хороші молочнокислі продукти, а їх вживання призводить до захворювань людей [5]. Попереднім аналізом встановлено, що у вівчарстві малодосвідчений стригаль може допустити велику кількість помилок, які призводять до передчасного виходу з ладу стригальних машинок, травмування

шкірного покриву тварин. І це лише невеликий перелік проблем, які можуть виникнути через низький рівень працівників у тваринництві, низьку їх надійність, професійну підготовку та допущення помилок [5].

Накопичений практичний досвід з експлуатації СТС в аграрному виробництві показує зростаючий вплив стану операторів на надійність і ефективність їх використання [4]. Виходячи з аналізу літературних джерел, традиційні методи організації роботи машинно-тракторних агрегатів якими є складні технологічні системи «ЛМРС» враховують [4]: стан оператора опосередковано у вигляді: усереднених складових балансу часу зміни; взаємодії людини-оператора і технічної підсистеми в рамках єдиної системи; режимів роботи системи; особливостей впливу зовнішнього середовища. У науковій літературі опубліковано цілий ряд досліджень складових таких СТС «ЛМРС», які функціонують при реалізації технологічних процесів в рослинництві на прикладі орних, зернозбиральних і кормозбиральних систем [3, 5, 6]. Особливе місце займають дослідження надійності транспортних систем [7].

Особливе місце для ефективного використання складних технічних і технологічних систем в аграрному виробництві посідає забезпечення їх надійності за ремонтування. Значний вклад в розробку наукових підходів до ремонтування тракторів, автомобілів, сільськогосподарських машин та теоретичних основ проєктування ремонтних підприємств сільськогосподарських техніки вніс професор В.С. Крамаров та представники наукової школи [2, 14, 16, 17]. Відомі наукові роботи [8, 9] в яких досліджуються підприємств технічного сервісу та окреслюється важливість підготовки персоналу, акцентується увага на організації режимів роботи ремонтних підприємств [9].

Відомі наукові роботи [10, 11, 12], які присвячені вивченню біотехнічних систем тваринницьких підприємств та основних складових. Оригінальний науково-методичний підхід представлено при аналізі сільськогосподарських еколого-біотехнічних систем [3]. Для таких систем автор [13] пропонує розглянути підсистему «управління», яка включає управляючу дію людини, враховує математичне забезпечення, програму та алгоритм управління.

Методи кількісного опису процесів роботи МТА у тваринництві та кормовиробництві як людино-машинних систем на даний момент вітчизняними науковцями розроблені ще недостатньо [5]. Накопичено певний досвід в дослідженні роботи механізмів та обслуговуванні тварин, однак дії оператора як активної ланки технологічних систем потребують більш детального вивчення. Виняток становлять рекомендації з підвищення надійності та ефективності функціонування операторів механізованих процесів тваринництва за окремими спеціальностями [5]: операторів машинного доїння; стригалів овець; операторів для вичісування пуху кіз; молодших ветеринарних спеціалістів; слюсарів для заточування ножів стригальних машин. Як показує аналіз, багато питань виникає через недостатню кількість досліджень, які направлені на підвищення професійного рівня операторів машин з кормоприготування, засобів для приготування і роздавання кормів, працівників сервісної служби. Разом з тим

багато вчених акцентують увагу на важливості та актуальності таких наукових та практичних робіт.

Дослідження в цій галузі потребують створення математичних моделей оцінки надійності соціотехнічних систем [14, 15], які адекватно описують зміну станів складних технологічних систем в залежності від впливу складових «людина-оператор» та «машина». Це безпосередньо стосується досліджень надійності засобів для приготування і роздавання кормів (ЗПРК) на основі встановлення показників безвідмовності та ремонтопридатності в процесі експлуатації [16, 17]. Ці дослідження сприятимуть формуванню інформаційної бази для розвитку методичних основ дослідження питомої вартості надійності, показників збереженості та довговічності ЗПРК.

## Список використаних джерел

дамчук В. В. Грицишин М. І. (2013). Пріоритетні напрямки агроінженерних досліджень. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2013. Вип. 97. С. 14–23.

овицький А. В. (2018). Інноваційність надійного функціонування операторів складних технічних систем "людина-машина" в рослинництві. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. Вип. 282. С. 226–244.

ойко А. І., Савченко В. М., Крот В. В. (2016). Проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в АПК України. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харків. Вип. 6. С. 75–80.

ойко А. І., Думенко К. М., Бондаренко О. В. (2012). Функції відновлення підсистем зернозбиральних комбайнів при різних рівнях потенціалу бази технічного обслуговування. Праці Таврійського ДАУ. Вип. 12, Т. 3. С. 42–52.

овицький А. В. (2016). Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування складних технічних систем у тваринництві. Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК. К. Вип. 254, ч. 3. С. 334–338.

узьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. (2015). Підвищення коефіцієнта технічного використання тракторів ХТЗ скороченням тривалості їх технічного обслуговування. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків, 2015. Випуск 163. С. 78–83.

улін В. В., Лівіцький О. М., Голуб Д. В. Вплив стратегій технічного обслуговування і ремонту мобільної сільськогосподарської техніки на її стан, умови і охорону праці операторів. Вісник Житомирського НАЕУ: науково-теоретичний збірник. 2014. Вип. № 2 (45), т.4, ч.II. С. 37–50.

оговський І. Л. (2021). Методичні положення визначення ймовірності безвідмовної роботи самохідних сільськогосподарських машин. Technical service of agriculture, forestry and transport systems. Харків. №23. С. 224–237.

ауменко О. А (2024). Еволюція концепції ремонту і обслуговування (технічного сервісу) техніки АПК. Крамаровські читання: XI Міжнародна науково-технічна конференція 22-23 лют. 2024 р: Збірник тез доповідей. м. Київ. К.: НУБіП України. С. 11–13.
рагінець М. В., Науменко О. А., Ревенко І. І. (2019). Біотехнічна система тваринницького підприємства та її ефективність: Технічний прогрес у тваринництві та кормо виробництві. VIII Всеукраїнська науково-технічна конференція. Глеваха-Київ. С. 25–26.
ененко А. І., Ткач В. В. (2014). Техніко-технологічні аспекти розвтику біотехнічних систем виробництва молока. Механізація та електрифікація сільського господарства, 99 (1). Глеваха. С. 476–485.
мельовський В. С., Ребенко В. І. (2018). Обґрунтування елементів біотехнічної системи при виробництві тваринницької продукції. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2018. Вип. 298. С. 79–84.
міль А. І. (2016). Дослідження енергетичної ефективності сільськогосподарських еколого-біотехнічних систем. Науковий вісник Таврійського ДАУ. Вип. 6, Т. 1. С. 152–157.
Mathematical model of reliability of human-machine system under reduced efficiency of its generalized work. Machinery & Energetics . Journal of Production Research. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 3. P. 165–174.
u
z
h
ovitskiy, A., Banniy, O., Novitskyi, Yu., & Antal, M. (2023). A study of mixer-feeder equipment operational reliability. Machinery & Energetics, 14(4), 101-110. HYPERLINK "https://doi.org/10.31548/machinery/4.2023.101"
h
ovitskiy, A., Banniy, O., Novitskyi, Yu., Kharkovskyi, I., & Antal, M. (2024). Examination of maintainability indicators of feed preparation and distribution products. Machinery & Energetics, 15(4), 47-57. HYPERLINK "https://doi.org/10.31548/machinery/4.2024.47"
h
t
t
p
s
:
/
/
d
o
i
.
o
r

# THE PRICE OF ENGINEERING PRODUCTS AS A TOOL FOR STRATEGIC DIFFERENTIATION

**V. MELNYK**, PhD in Economics, Associate Professor,
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***

In some cases, a high price can be used as a tool for strategic differentiation, where companies position their products as premium-class and create an impression of exclusivity, advanced technologies, and innovation for consumers. In the production of complex machines for the energy or industrial equipment sector, companies may target a specific market segment where price is not the main barrier to purchase. For example, products from Siemens (Germany) or General Electric (U.S.A), such as gas turbines or power plants, may have a high price due to advanced technologies and high efficiency, making them attractive to large enterprises seeking an optimal balance between cost and performance.

Thus, the price is an important factor of competitiveness as it directly affects the demand for products. In the engineering industry, the price should consider not only the production costs but also other factors such as innovation, quality, reliability, and service.

A high price can be justified in the high-tech market where products have unique features and high efficiency, such as in the aviation or energy sector. Competing through price reduction is effective in markets where product accessibility is important, such as in the agricultural machinery or standard automotive markets. Price and after-sales service are crucial factors in determining competitiveness in the engineering industry, where durability and service can influence consumer choice even with a high initial price. Overall, effective price management and its combination with other product characteristics are the key to a successful competitive strategy in engineering.

Agricultural engineering is an important industry that ensures the efficiency of agricultural production. The main tasks of enterprises in this sector are to create equipment that helps reduce the costs of soil cultivation, harvesting, and other operations while providing high productivity and reliability.

Cost reduction is an important task for any manufacturer, as it allows reducing the cost of production, making it more affordable for the end consumer, and increasing competitiveness in the market. However, in agricultural engineering, it is important to maintain high equipment quality, as it must withstand harsh operating conditions, have high reliability, and durability.

The main problems of cost reduction without loss of quality can be grouped into the following areas: choice of materials; automation of production processes; optimization of logistics and supply; energy saving and environmental friendliness.

Reducing the cost of raw materials and materials can lead to a deterioration in product characteristics such as strength, durability, or corrosion resistance. For example, using cheaper materials for the manufacture of important parts of combines or tractors can reduce their efficiency and increase maintenance costs.

The introduction of new technologies and production automation can significantly reduce labor costs and increase the precision of part manufacturing. However, high initial investments in equipment and software can be a barrier for small enterprises.

Optimizing the supply chain and reducing transportation and storage costs for components can help reduce overall costs. However, any changes in supply must be carefully planned to avoid delays and shortages of necessary materials.

In agricultural engineering, it is also important to consider energy consumption and emissions costs. Equipment manufacturers aim to reduce energy consumption and improve the environmental characteristics of their products, which in turn can impact production costs.

Agricultural engineering is one of the industries where the implementation of new technologies can significantly reduce costs while maintaining high equipment quality. Innovations in technological processes, as well as in the materials and designs of agricultural machinery, contribute to increased efficiency and reduced overall production and maintenance costs.

Some of the new technologies used to reduce costs include additive technologies, intelligent control systems, energy-efficient solutions, automation and robotics, digitization, and data analysis.

Additive technologies (such as 3D printing) allow the manufacturing of parts and components of agricultural machinery through three-dimensional modeling. This reduces the costs of producing complex parts that would require significant material and manufacturing expenses using traditional methods. For example, companies like FarmBot (Poland) and Prospera Technologies (Israel) use 3D printing to create part models, reducing production time and allowing the production of less expensive prototypes. CNH Industrial (Netherlands), which specializes in the production and sale of agricultural and construction equipment under brands such as Case IH, New Holland Agriculture, Steyr, Case Construction Equipment, and New Holland Construction, actively uses additive technologies for manufacturing specific components. This reduces prototyping and design detailing costs while maintaining high product quality.

Installing intelligent control systems on equipment allows for fuel cost reduction and increases machine operation efficiency. For instance, using GPS systems and automatic control systems helps optimize equipment movement in the field, reducing fuel costs and improving operation accuracy. For example, tractors and combines equipped with GPS navigation and automatic control systems developed by Case IH can automatically adjust the direction of movement and soil processing, leading to fuel savings and reduced wear and tear.

Implementing technologies to reduce energy consumption has significant potential for cost reduction. High energy efficiency of equipment helps reduce operational costs, especially considering the rising cost of energy resources. For example, new generation tractors equipped with fuel consumption regulation systems, such as New Holland T7 produced by New Holland Agriculture, help reduce fuel costs, an important factor in reducing operational costs in agriculture.

Automation of production processes at agricultural machinery factories significantly lowers labor costs, reduces product defects, and increases production rates. Using robotic lines in production also helps improve assembly accuracy and reduce production time. For example, Kubota (Japan) applies automated lines at their factories for assembling tractors and mini-combines. They use robotic systems for precise component assembly, which helps lower production process costs and ensure consistently high product quality.

The use of big data analytics and the Internet of Things (IoT) enables farmers and machinery manufacturers to make more informed decisions, leading to reduced maintenance and repair costs. For example, using sensors on equipment allows for the monitoring of critical component conditions and predicting their wear, preventing unexpected breakdowns. For instance, John Deere (U.S.A) offers farmers monitoring and analytics systems that allow tracking the technical condition of agricultural machines in real-time, predicting component wear, and planning their replacement before a serious breakdown occurs.

Therefore, cost reduction without loss of quality is a challenging task for agricultural engineering enterprises. However, implementing new technologies helps address this challenge. The use of additive technologies, intelligent control systems, energy-efficient solutions, and production process automation significantly reduces equipment production costs, increases its efficiency, and maintains high quality. At the same time, these innovations allow agricultural machinery manufacturers to remain competitive in the market and meet modern consumer requirements. Thus, cost reduction without loss of quality through the application of new technologies is an important development direction for agricultural engineering in the context of the modern economy.

## DETERMINING THE BALANCE BETWEEN COST AND QUALITY OF ENGINEERING PRODUCTS

**V. MELNYK**, PhD in Economics, Associate Professor,
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***

A crucial issue for enterprises in the engineering industry is finding the balance between costs and product quality. This can be achieved through analyzing production costs and the prices of similar products available in the market. By following this path, manufacturers of engineering products must carefully analyze all production-related costs to establish a competitive price that covers all expenses and ensures a profit. For example, in the production of turbines or heavy machinery, it is essential to consider not only raw material costs but also the complex setup of equipment, testing, and certification.

Another option to solve this problem is to make continuous investments in new technologies and improve production processes, which allows optimizing costs without significant quality reduction. For example, in car manufacturing, using new materials or automating production lines can reduce labor and material costs without compromising quality.

The third path is quality management, which involves ensuring high product quality at optimal costs while maintaining a high level of quality control at all stages of production. For instance, the quality control system in companies like Siemens or General Electric includes not only testing at every production stage but also the implementation of modern quality management methods such as Six Sigma.

Examples of finding a balance in the "price – quality" ratio can be seen in well-known engineering companies. Rolls-Royce is an example of a company that successfully combines high price and high quality. Their aviation engines have a high cost due to the use of innovative technologies, materials, and high-quality standards, but the price is justified by the safety, reliability, and durability of the products. Toyota, with a wide range of products from budget models to premium-class (e.g., Lexus), demonstrates the ability to maintain high quality at an affordable price through improved production processes and the use of global suppliers. Caterpillar produces heavy equipment that operates in harsh conditions, and its products are known for high reliability. High development costs and quality materials allow maintaining high quality at high prices.

Thus, in the engineering industry, the ratio of price to product quality is a vital element for achieving competitive advantages. For manufacturers, it is important to find a balance between high costs for innovative technologies and materials and the ability to maintain an acceptable price for the end consumer. Successful companies demonstrate how high quality and efficient cost management can be combined to achieve market success.

As mentioned earlier, the competitiveness of engineering enterprises is largely determined by the price of their products, as price is one of the main criteria by which consumers choose goods. However, unlike many other industries where price may be the main factor, in engineering, it is also essential to consider technical characteristics, reliability, service life, and product efficiency. In this context, price is a component of the company's strategy that affects its competitiveness in the market.

Price plays an important role in engineering as it influences the attractiveness of products to buyers. Consumers, especially in highly competitive environments, often focus on prices. A high price can only be justified if the product meets high-quality standards and has unique characteristics. Price also determines the company's margin.

Obviously, price affects the profitability level of the company. A high price allows for greater profit per unit of product; however, it may reduce demand if the product does not have enough value for the consumer.

If the company can optimize its costs while maintaining a competitive price, it allows it to ensure greater efficiency and a better market position.

Price in engineering is determined not only by production costs but also by other factors such as the level of innovation, brand reputation, after-sales service efficiency, technical characteristics, and product reliability.

Price plays a crucial role in determining competitiveness in mechanical engineering. A high price can be justified for innovative products that offer technological superiority or significantly better performance compared to competitors. In such cases, price does not act as a barrier, as the quality and reliability of the product justify the costs for large enterprises, such as airlines and governmental organizations. For instance, the price of Rolls-Royce aircraft engines may be above the market average, but companies operating in the aviation sector choose them due to their reliability and safety, which are critical in this industry.

Conversely, in many cases, price reduction can be a key factor in competitiveness, especially for standardized or mass-produced products. For example, in the agricultural machinery market, companies can compete by lowering prices or optimizing production costs to make their products more accessible to a broader consumer base. If the American company John Deere reduces the price of its tractors by implementing more efficient manufacturing technologies or optimizing supply chains, it can maintain competitive advantages in a market where price is a crucial factor for budget-conscious consumers.

For mid-range markets, such as industrial equipment or standard automobile production, price must be balanced with high quality. Products that offer a good price-to-quality ratio are often in demand in highly competitive markets where consumers seek the optimal balance between cost and functionality. A classic example of this strategy is the Japanese company Toyota Motor Corporation, which manufactures high-quality vehicles at reasonable prices. Consumers choose Toyota products not only for their affordability but also for their reliability and long service life, making optimized pricing a key competitive factor in the mid-range automotive market.

In mechanical engineering, it is essential to consider not only the initial cost of a product but also its maintenance and operational expenses. Products with a high initial price can still have competitive advantages if they offer cost-effective and convenient maintenance. Companies that provide after-sales service and warranties can set higher prices for their products while remaining competitive. For example, the American heavy equipment manufacturer Caterpillar, Inc. offers a comprehensive service and warranty package, allowing it to maintain high product prices while catering to a market that values machinery with a long service life and low maintenance costs.

**УДК 669. 793**

# ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРОІСКРОВОЮ ОБРОБКОЮ ЕЛЕКТРОДАМИ З РІЗНИМ ВМІСТОМ ХРОМУ

**О. Д. МАРТИНЕНКО**, к.т.н., доцент;
**А. К. АВТУХОВ**, д.т.н., професор;
**С. В. ЛИСЕНКО**, ст. викладач;
**С. Б. ДУМІНДЯК**, магістрант
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна***
*E-mail:* martynenko_dm@ukr.net)

У роботі розглянуто нанесення покриттів методом електроіскрової обробки електродами з різним вмістом хрому. Наведено графічні та математичні залежності визначення ерозії анода та додатку ваги катода при обробці деталей.

**Ключові слова:** електроіскрова обробка (ЕІО), поверхневий шар, ерозія аноду, додаток катоду, зміцнення, відновлення.

Для підвищення зносостійкості деталей необхідно на поверхнях, що зношуються створювати зміцнені шари або покриття з високими фізико-механічними властивостями. Існуючі методи створення таких шарів або покриттів, що застосовуються як на стадії виготовлення, так і при ремонті, не позбавлені недоліків, що обмежують сферу застосування тієї чи іншої технології. Перспективним способом формування зміцнювальних покритів на робочих поверхнях деталей машин, значною мірою позбавленим багатьох недоліків і тим, що отримав останнім часом широке поширення, є метод електроіскрової обробки (ЕІО).

Одним із шляхів підвищення зносостійкості електроіскрових покриттів (ЕІП) є створення в них нанокристалічних та аморфних структур. Отримання таких ЕІП можливе під час використання відповідних електродних матеріалів.

Вибір матеріалу електроду при ЕІО [1, 2] нерозривно пов'язаний з матеріалом відновлюваної деталі та експлуатаційними вимогами. При цьому істотно впливає хімічний склад анода, який визначає експлуатаційні показники (рівень фізико-механічних властивостей, зносостійкість, схильність до викришування, міцність зчеплення нанесеного шару з металом відновленої деталі).

Враховуючи це, в роботі розглянули взаємозв'язок сумарного додатку ваги катода - деталі ($\sum_{i=1}^{n}\Delta k_i$) – Сталь-45 від енергії імпульсу - Е обробки і матеріалу анода - електрода. В якості катоду для досліджень було вибрано сплави на основі заліза з різним вмістом хрому (табл. 1)

Обробку проводили за двома режимами: $E_1$=0,9Дж; $E_2$=3,4Дж.

Встановлено, що зі збільшенням енергії імпульсів $E_1 \rightarrow E_2$ приріст катоду зростає для всіх досліджуваних матеріалів.

Таблиця 1. Спеціально виготовлені хромисті сплави, використані як анод при ЕІО

| Номер сплаву | Вміст компонентів у сплаві, % | |
|---|---|---|
| | C | Cr |
| 1 | 1,5 | 10,0 |
| 2 | 1,5 | 15,7 |
| 3 | 1,5 | 20,0 |
| 4 | 1,5 | 30,0 |

Для вивчення явища масопереносу та зв'язку між параметрами обробки були визначені залежності сумарної ерозії анода - $\sum_{j=1}^{n} \Delta a$ та приросту ваги катода $-\sum_{j=1}^{n} \Delta k$ після ЕІО. Отримано графічні залежності наведено на рис. 1, 2.

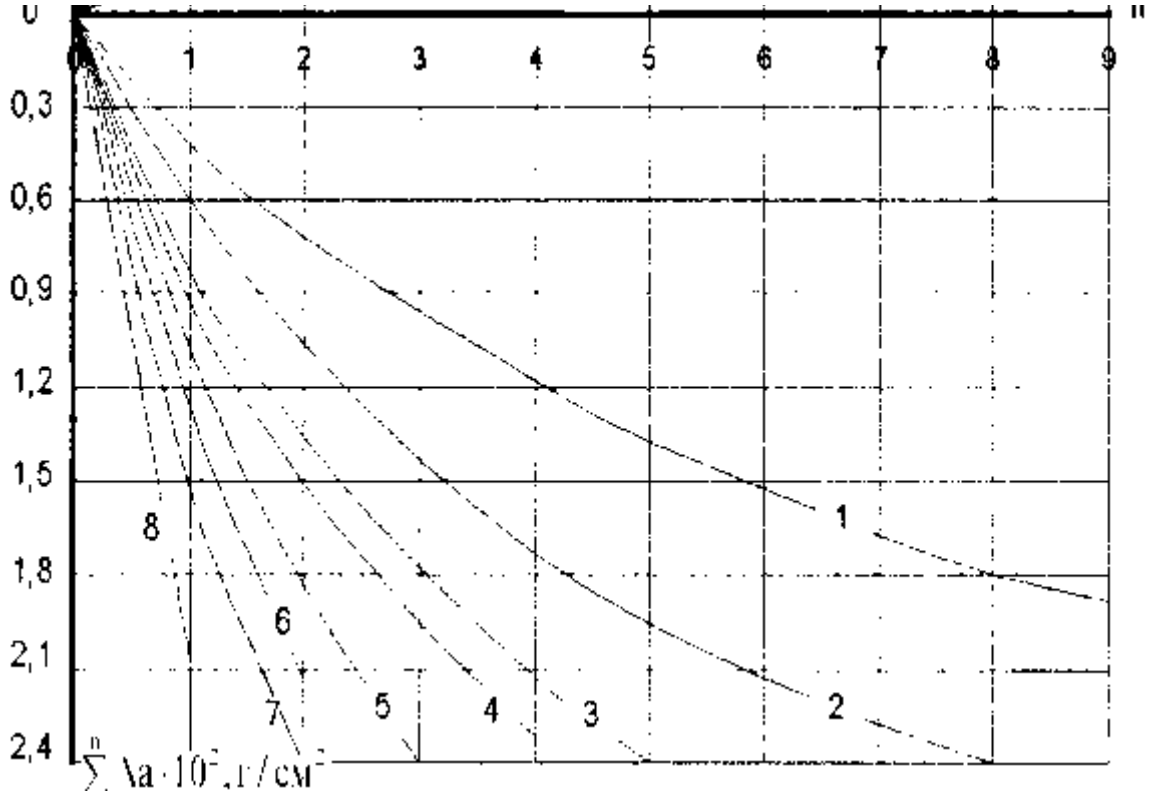



Рисунок 1. Залежність сумарної ерозії аноду - $\sum_{j=1}^{n} \Delta a$ при ЕІО від кількості проходів електродом з різним вмістом хрому: криві - 1, 3, 5, 7 - при Е=0,9Дж; 2, 4, 6, 8 - при Е = 3,4 Дж; зразок 4 - криві 1, 2 (30% Cr); зразок 3- криві 3, 4 (20% Cr); зразок 2 - криві 5, 6 (15,7% Cr); зразок 1 - криві 7, 8 (10% Cr)

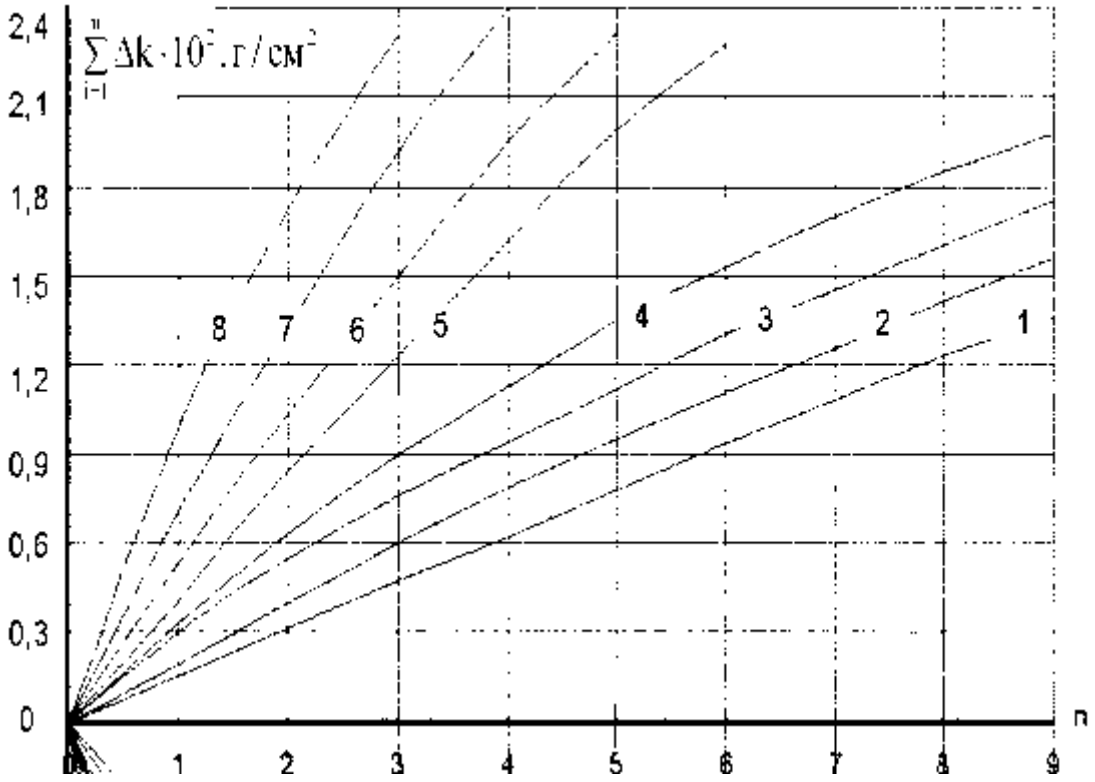



Рисунок 2. Залежність додатку катоду - $\sum_{j=1}^{n}\Delta k$ при ЕІО від кількості проходів електродом з різним вмістом хрому: криві - 1, 3, 5, 7 - при Е=0,9Дж; 2, 4, 6, 8 - при Е = 3,4 Дж; зразок 4 - криві 1, 2 (30% Cr); зразок 3- криві 3, 4 (20% Cr); зразок 2 - криві 5, 6 (15,7% Cr); зразок 1 - криві 7, 8 (10% Cr)

Зі збільшенням енергії імпульсу обробки при фіксованому значенні вмісту вуглецю, що дорівнює 1,5%, отримали (див. рис. 2), що приріст ваги катода істотно зростає, проте більшою мірою для матеріалів зі зниженою концентрацією хрому. У цьому випадку дослідженнями підтверджується, що масоперенесення металу з анода на катод визначається матеріалом анода, числом проходів електрода і енергією імпульсу.

Як основні чинники в дослідженнях були обрані такі фактори: концентрація вуглецю - ($X_1$) і хрому - ($X_2$) у металі анода; енергія імпульсу, Е – ($X_3$); число проходів електрода, n – ($X_4$). Для розрахунку математичної моделі був прийнятий план експерименту $2^4$ (1/2 репліки). Як параметр оптимізації прийнятий приріст ваги катода ∑Δk (Y), г/см$^2$.

Виходячи з результатів досліджень було отримано рівняння (1), що відображає залежність сумарного приросту ваги катода ∑Δk (Y), г/см$^2$ від концентрації основних та легуючих елементів анода та параметрів обробки з коефіцієнтом кореляції R≥0,9.

$$\sum\Delta k = 1{,}11\frac{\sqrt{C\times E_u}}{Cr^2}\times n - 0{,}02\frac{E_u\times\sqrt{C}}{Cr}\times n^2 \qquad (1)$$

де – С, Cr – відповідно вміст вуглецю і хрому в матеріалі електроду, мас.%;

Eu - енергія імпульсу обробки, Дж;

n – кількість проходів електродом під час обробки.

Як показали дослідження (див. рис. 1 і рис. 2), використання як електродів матеріалів із вмістом вуглецю 1,5-2,5% і хрому 10,0-30,0% не доцільно вибирати число проходів електрода більше 2-3х. За такого обмеження забезпечується достатній приріст катода. Чим вище концентрація вуглецю та хрому, тим раніше проявляється ефект "граничного шару".

**Висновки.**

1. Дослідженнями встановлено, що зі збільшенням енергії імпульсу від Е=0,9Дж до Е=3,4Дж приріст ваги катода зростає в 2,0 2,4рази.

2. Підтверджено доцільність застосування як матеріалу анода високолегованих сплавів, особливо з підвищеним вмістом хрому. Однак у цих сплавах концентрація вуглецю не повинна бути надто високою.

3. Максимальний приріст додатку ваги катода досягається при впливі кожного фактору окремо: енергія імпульсу Е = 3,4Дж; число проходів n = 6; концентрація хрому – 10%.

## Список використаних джерел

1. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И. Исследование влияния химического состава анода на величину и качество слоя, восстановленного электроискровым методом. // Сб. науч. тр.: Повышение надежности восстанавливаемых деталей машин: - Х.: ХГТУСХ, 1997. – С.75-81.

2. Исследования распределения химических элементов в слое после электроискровой обработки (ЭИО) [Текст]: сборник научных трудов / А. Д. Мартыненко // Повышение надежности восстанавливаемых деталей машин: сборник науч. тр. - Харьков : ХГТУСХ, 1997. - С. 140-145. - Библиогр.: с. 145. - ISBN 5-7987-0176-X

3. Вплив параметрів на формування нарощувального шару та сійкість анода при електроіскровій обробці [Текст] / О. Д. Мартиненко, А. В. Хар'яков, С. В. Лисенко, Д. О. Мартиненко, Т. С. Скобло // Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. - Харків : ФОП Воронюк В. В., 2010. - Вип. 96 : Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонт. вир-ві. - С. 427-433.

4. Нанесение покрытий методом ЭИО электродами с различным составом [Текст] / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, А.А. Науменко, А.Д. Мартыненко // Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве: труды IX Междунар. науч.-техн. конф., г. Харьков, 3-4 июн. 2004 г. – Х.: ХНПК "ФЭД", 2004. - С. 170-176.

5. Вплив параметрів обробки та електродного матеріалу на якість та властивості відновленого шару методом електроіскрового нарощування [Текст] / О. Д. Мартиненко, Т. С. Скобло, О. І. Сідашенко, О. А. Науменко // Перспективы развития механизациии, автоматизации и технического сервиса сельскохозяйственного производства: сборник тр. II науч.-практ. конф. - Полтава, 1997. - С. 32-35.

**УДК: 631.372.004**

# ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ SCANIA

**Р.І. БАРАБАШ**, к.т.н., доцент
**А.О. ШАРИБУРА**, к.т.н., доцент
**Львівський національний університет природокористування, м. Львів**
*E-mail*: rbarabash@ukr.net, ascharibura@gmail.com

*Надійність технологічних систем* – це їх властивість зберігати в часі у встановлених межах значення всіх показників, які характеризують здатність їх функціонувати на заданих режимах при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту, в умовах транспортування та зберігання. До них відносяться: *безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність, збережуваність.* Безвідмовність поділяється на: імовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов, параметри потоку відмов та напрацювання на відмову.

У ході випробувань (роботи) фіксуються не тільки кількість виробів, що відмовили, але також і їх напрацювання до відмов. Під напрацюванням на відмову зазвичай розуміють час, який минув з моменту коли об'єкт почав функціонувати, до моменту першої відмови.

Надійність будь якої технологічної системи характеризується: щільністю розподілу напрацювання, ймовірністю безвідмовної роботи та інтенсивністю відмов.

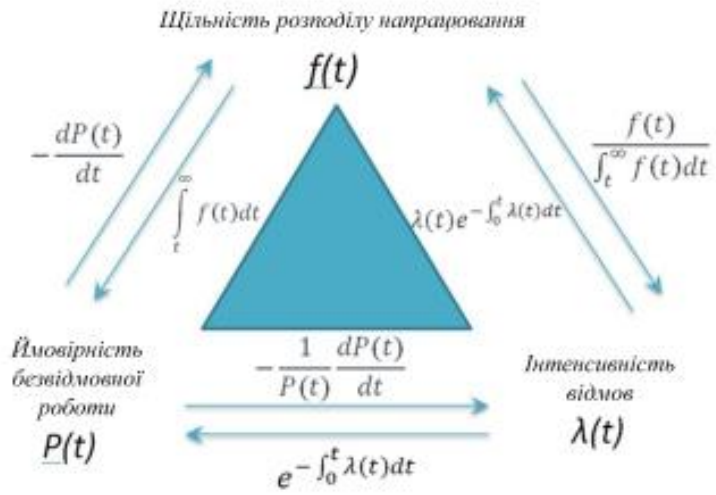



Рис. 1. «Трикутник співвідношень» теорії надійності

Статистичні ряди розподілу є потужним інструментом для аналізу даних та прийняття обґрунтованих рішень а саме: контролю якості машин, аналізу надійності та оптимізації виробничих процесів. При аналізі статистичних рядів розподілу, близьких до нормального розподілу існує залежність між величиною стандартного відхилення і кількістю одиниць сукупності. У межах найбільшої

частоти відмов 10% та 30% знаходиться відповідно 2 та 5 інтервали. Таким чином, знаючи стандартне відхилення, ми можемо уявити, як розподілені одиниці сукупності навколо середньої.

Таблиця 1 – Статистичний ряд розподілу

| $C_0$ | *Карман* | *Частота* | $C_i$-1;$C_i$ | $\sum r(\Delta t)$ | $N_{cp}$ | $\sum r(\Delta t)/(\sum r(\Delta t)\times h)$ | $w_i$ | $w_i\times 100\%$ | $\sum r(t)$ | $Q(t)$ | $N_{cp}-t_{cep}$ | $(N_{cp}-t_{cep})\sum r(\Delta l)$ | $P(t)$ | $\alpha(\Delta t)$ | $\lambda(\Delta t)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| $C_1$ | 271 | 9 | 221;271 | 9 | 246 | 0.0012 | 0.06 | 6% | 9 | 0.06 | -251 | -2259.0 | 0.94 | 6.91244E-05 | 3.17561E-06 |
| $C_2$ | 321 | 33 | 271;321 | 33 | 296 | 0.0044 | 0.22 | 22% | 42 | 0.28 | -201 | -6633.0 | 0.72 | 0.000253456 | 9.67703E-06 |
| $C_3$ | 371 | 9 | 321;371 | 9 | 346 | 0.0012 | 0.06 | 6% | 51 | 0.34 | -151 | -1359.0 | 0.66 | 6.91244E-05 | 2.2578E-06 |
| $C_4$ | 421 | 9 | 371;421 | 9 | 396 | 0.0012 | 0.06 | 6% | 60 | 0.4 | -101 | -909.0 | 0.6 | 6.91244E-05 | 1.97273E-06 |
| $C_5$ | 471 | 30 | 421;471 | 30 | 446 | 0.0040 | 0.2 | 20% | 90 | 0.6 | -51 | -1530.0 | 0.4 | 0.000230415 | 5.83857E-06 |
| $C_6$ | 521 | 10 | 471;521 | 10 | 496 | 0.0013 | 0.067 | 7% | 100 | 0.667 | -1 | -10.0 | 0.33 | 7.68049E-05 | 0.00000175 |
| $C_7$ | 571 | 0 | 521;571 | 0 | 546 | 0.0000 | 0 | 0% | 100 | 0.667 | 49 | 0.0 | 0.33 | 0 | 0 |
| $C_8$ | 621 | 0 | 571;621 | 0 | 596 | 0.0000 | 0 | 0% | 100 | 0.667 | 99 | 0.0 | 0.33 | 0 | 0 |
| $C_9$ | 671 | 3 | 621;671 | 3 | 646 | 0.0004 | 0.02 | 2% | 103 | 0.687 | 149 | 447.0 | 0.31 | 2.30415E-05 | 4.03096E-07 |
| $C_{10}$ | 721 | 7 | 671;721 | 7 | 696 | 0.0009 | 0.047 | 5% | 110 | 0.733 | 199 | 1393.0 | 0.27 | 5.37634E-05 | 8.72989E-07 |
| $C_{11}$ | 771 | 24 | 721;771 | 24 | 746 | 0.0032 | 0.16 | 16% | 134 | 0.893 | 249 | 5976.0 | 0.11 | 0.000184332 | 2.79249E-06 |
| $C_{12}$ | 821 | 14 | 771;821 | 14 | 796 | 0.0019 | 0.093 | 9% | 148 | 0.987 | 299 | 4186.0 | 0.01 | 0.000107527 | 1.52663E-06 |
| $C_{13}$ | 871 | 2 | 821;871 | 2 | 846 | 0.0003 | 0.013 | 1% | 150 | 1 | 349 | 698.0 | 0 | 1.5361E-05 | 2.05201E-07 |

На початку експлуатації справного автомобіля $P(0)=t$, оскільки при пробігу $t=0$ ймовірність того, що жоден елемент не відмовить, набуває максимального значення – 1. Зі зростанням пробігу $t$ ймовірність $P(t)$ буде зменшуватися. У процесі наближення терміну експлуатації до нескінченно великої величини ймовірність безвідмовної роботи буде прагнути нуля $P(t\to\infty)=0$. Таким чином у процесі напрацювання величина ймовірності безвідмовної роботи змінюється в межах від 1 до 0.

Протягом експлуатації $N_0$=150 шт. автомобілів *Scania* від 0 до 900 тис. км пробігу здійснено збір інформації з відмов. Сумарна кількість автомобілів, що відмовили за аналізований період склала 50. Інтервал пробігу рівний 300 тис. км. При цьому кількість автомобілів, що відмовили, по кожній ділянці склала: 9, 33, 9, 9, 30, 10, 0, 0, 3, 7, 24, 14, 2.

Таблиця 2 – Результати розрахунку ймовірності безвідмовної відмови $P(t)$

| $\Delta t$, год. | 221;271 | 271;321 | 321;371 | 371;421 | 421;471 | 471;521 | 521;571 | 571;621 | 621;671 | 671;721 | 721;771 | 771;821 | 821;871 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sum r(\Delta t)$ | 9 | 33 | 9 | 9 | 30 | 10 | 0 | 0 | 3 | 7 | 24 | 14 | 2 |
| $P(t)$ | 0.94 | 0.72 | 0.66 | 0.6 | 0.4 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.31 | 0.27 | 0.11 | 0.01 | 0 |

Наведемо характер зміни можливості безвідмовної роботи вантажних автомобілів Scania залежно від пробігу. Першою точкою графіку, тобто при пробігу, що дорівнює 0, величина ймовірності безвідмовної роботи прийме максимальне значення 1.

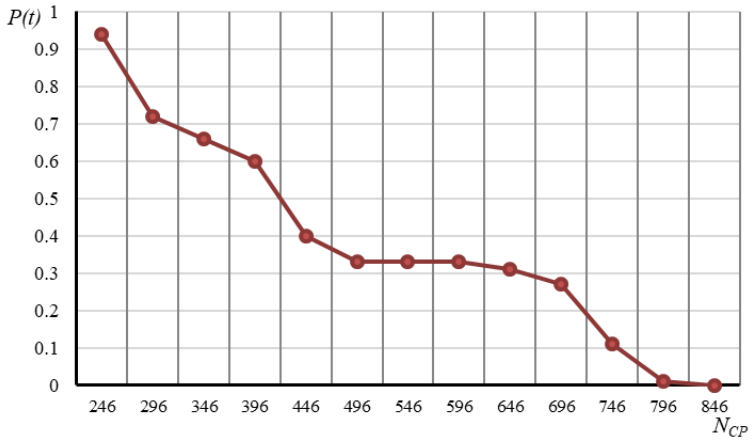



Рис. 2. Графік зміни ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$ в залежності від напрацювання

Ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ відображає взаємозв'язок всіх факторів, що впливають на надійність елементів системи. Це дозволяє визначити, наскільки система чи її елемент зберігає свою працездатність у часі. Завдяки дослідженням ймовірності безвідмовної роботи можна проводити розрахунки надійності на рівні системи, враховуючи як індивідуальні характеристики кожного елемента, так і їх взаємодію.

**Список використаних джерел**

1. Кравченко І.Н., Зорін В.А., Пучін Е.А., Бондарева Г.І. Основи надійності машин: Навчальний посібник для вузів. Частина І. Київ. 2007. 224с.

2. Кравченко І.Н., Зорін В.А., Пучін Е.А., Бондарева Г.І. Основи надійності машин: Навчальний посібник для вузів. Частина ІІ. Київ. 2007. 260с.

3. Лімонт А.С. Теоретичні основи забезпечення працездатності машин : Навч. посіб. Держ. агроеколог. ун-т. Житомир, 2008. 420 с.

4. Дорохов А.Н., Керножицкий В.А., Миронов А.Н. Забезпечення надійності складних технічних систем: Підручник. Лань. 2011. 352 с.

## МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ «ВИЩА МАТЕМАТИКА» В РЕАЛІЯХ СЬОГОДЕННЯ

**М. Я. РУЖИЛО**, старший викладач
кафедри вищої та прикладної математики
***НУБіП України***

Основна мета вищої школи – це якісна підготовка конкурентоспроможного фахівця, тому що, якісна освіта є запорукою майбутнього країни, важливою складовою її національної ідентичності та державного добробуту, особливо в реаліях сьогодення.

Організація навчально-пізнавальної діяльності здобувачів вищої освіти є однією з актуальних проблем сучасної педагогічної теорії та практики вищої школи і вимагає певної уваги щодо її окремих аспектів для ефективного впровадження в навчальний процес.

Оскільки математика належить до фундаментальних дисциплін і забезпечує основу теоретичної підготовки, необхідної для сприйняття загальноосвітніх і спеціальних дисциплін, то вища освіта сьогодні неможлива без вдосконалення математичної підготовки майбутніх випускників закладів вищої освіти. На вимогу сьогодення важливою складовою професійної діяльності сучасного спеціаліста є вміле використання апарату математичного моделювання, кількісних методів дослідження, сучасних обчислювальних засобів, тощо. Саме тому опанування основними математичними методами, зокрема і методами прикладної математики, дозволить майбутньому фахівцю правильно розпізнавати і використовувати загальні закономірності, яким підлягають масові випадкові події при плануванні і організації виробництва, для обробки результатів виробничих досліджень чи в статистичних аналізах.

У термін «навчально-пізнавальна діяльність» здобувача вищої освіти в умовах нашого сьогодення (а саме, при періодичних зривах аудиторних занять через повітряні тривоги), вкладається доволі широкий зміст – це не лише аудиторні заняття з викладачем, а можливо за потреби і дистанційні заняття з викладачем, і самостійне вивчення теоретичного матеріалу, самостійне розв'язування задач чи реферування наукової і навчально-методичної літератури.

Вагомою допомогою для навчально-пізнавальної діяльності, особливо для самостійної роботи, здобувача вищої освіти є навчально-інформаційний портал НУБіП України - платформа ELEARN, на якій розміщено 45 електронних навчальних курсів з вищої та прикладної математики для різних спеціальностей. Даний ресурс є дуже гарною підтримкою як для очної форми навчання, так і для дистанційної, оскільки певна частина здобувачів вищої освіти не має змоги відвідувати аудиторні заняття з тих чи інших причин. Зміст ЕНК для конкретної спеціальності визначається робочою навчальною програмою дисципліни і навчально-методичними матеріалами по цій дисципліні. Курси з вищої та прикладної математики наповнені завданнями для аудиторних робіт, для домашніх робіт, а також індивідуальними завданнями та тестами для перевірки рівня отриманих знань по кожній темі, по модулю та загалом по курсу. Головна перевага ЕНК полягає в тому, що здобувач вищої освіти має доступ до навчальних матеріалів будь-де та будь-коли, лиш би було бажання навчатись та розвиватись при опануванні певної дисципліни. І дуже важливо, що в процесі самоосвіти у студентів виховується наполегливість, увага, витримка та інші позитивні якості характеру.

Важливою складовою навчально-пізнавального процесу є оцінювання знань, вмінь та навиків студентів у вивченні дисципліни. Особливо у розрізі модульно-рейтингової системи навчання, що використовується в НУБіП України, оцінки чи бали для здобувачів вищої освіти є важливим стимулом до

навчання, що змушує їх до систематичної роботи, до прагнення якнайкращого виконання завдань, з метою отримання вищих балів. Оцінювання знань студентів важливе також і для викладача, бо дає можливість краще здійснювати індивідуальний підхід до студентів при вивченні тих чи інших тем, а також своєчасно проводити відповідні заходи для підвищення успішності студентів.

Основна мета навчально-пізнавального процесу, зокрема, і при вивченні вищої математики – це отримання знань, вмінь та навичок необхідних для подальшого навчання, адже разом з тим майбутні інженери виховуватимуть у собі такі якості як системність, діловитість, зосередженість на проблемі чи питанні, без чого не обійтись в професійній діяльності.

**Список використаних джерел**

1. Бевз Г. П. Методика викладання математики: Навч. Посібник. К. Вища школа., 1989. 367 с.

2. Брадіс В. М. Методика викладання математики: К. Вища школа. 1954. 288 с.

3. Власенко О. І. Методика викладання математики: К. Вища школа., 1974. 398 с.

**УДК 631.31**

## ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПЛУЖНИХ ЛЕМІШІВ

**І. М. РИБАЛКО**, доктор технічних наук, доцент
**О. В. ТІХОНОВ**, кандидат технічних наук, доцент
**М. М. МОРОЗ**, здобувач вищої освіти
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків***
*E-mail:* kafedraTSRP@i.ua

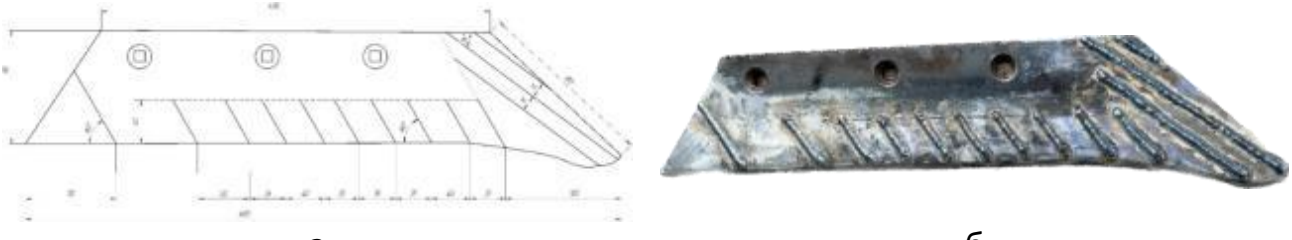
У конструкції робочого органу плуга леміш є частиною забезпечує розріз оброблюваного шару ґрунту при проведенні оранки. При різанні ґрунту леміш відчуває максимальні навантаження. Важкі умови роботи висувають спеціальні вимоги до форми і матеріалу цієї деталі. Від стану лемішів залежить якість роботи та продуктивність загалом плуга.

Прискорене зношування робочих поверхонь змінює конструктивні параметри деталей, знижує якість обробітку ґрунту, збільшує тяговий опір агрегатів та простої машин, пов'язані із заміною зношених деталей.

Наробіток до першої відмови плужних лемішів становить від 5...10 га на піщаних ґрунтах і до 35...55га на чорноземах, при чому основними причинами відмов служать: знос по товщині і ширині, знос носку понад 45 мм, променевий

знос, виникнення потиличні фаски, зломи, вигини, тріщини. Високий тиск, що діє в зоні збільшення контакту ріжучій кромки носку з ґрунтом, викликає його попереджуючий знос по відношенню до леза. Цей знос негативно впливає на якість оранки задовго до втрати ресурсу леміша, тоді як основний критерій – граничний знос носку. Відповідно до результатів багаторічного вивчення зносу леміша, залежно від ґрунтів, можна розрізнити три основні критерії граничного стану лемішів: ширина леміша; леміші з зносом носку до 45 мм; найважливіша геометрична характеристика зносу, яка обмежує напрацювання на відмову леміша – це глибина променевого зносу, а також залишкова товщина стінки лемішу. Збільшення довговічності лемішів плугів можливе при використанні технологій, що поєднують відновлення та зміцнення, що запобігають інтенсивному абразивному зношуванню. У той же час використання способів усунення променевого зносу не повинно впливати на появу вигинів, руйнування, вигину, зносу в інших частинах лемішу з їх подальшою експлуатацією. У цьому випадку необхідно витримувати геометрію відновленого лемішу, яка відповідає агротехнічним вимогам. Перспективним напрямом розвитку технології зміцнення деталей, що швидко зношуються, дуговим наплавленням твердими сплавами є нанесення деформуючих покриттів у вигляді окремих смуг, валиків або точок, ширина яких менше відстані між ними. Щодо загальноприйнятих технологій, відсутність подальшої обробки наплавленого шару змінює геометричні параметри поверхні тертя.

На основі аналізу запропоновано спосіб зміцнення плужних лемішів [1, 2] шляхом отримання більш рівноміцної поверхні тертя (рис. 1). Наплавлення валиків проводили електродом Ø3,0мм УОНІ-13/55 на лицьовій стороні леміша згідно схеми (рис. 5). Параметри режиму: напруга – 220В, сила струму – 170А, витрата електродів на 1 леміш – 4 шт.



а б

Рисунок 1 – Схема зміцнення леміша (а) та експериментальний зразок (б)

Відновлення леміша виконується шляхом ковальської відтягнення, приварювання смуг, наплавлення зносостійких металів. Нагрівання необхідно проводити на 66% ширини вироби. Після відтягнення леміш потрібно виправити.

На основі проведених досліджень запропоновано спосіб відновлення плужного леміша постановкою компенсуючих вставок (рис. 2) [3-6].

Рисунок 2 – Плужний леміш з постановкою компенсуючих вставок

Для реалізації способу необхідно знати розміри нового леміша щоб встановити компенсуючу вставку на висоту леза. Спочатку поверхня леміша очищалася, після чого розмічалися місця вирізів (рис. 3) для вставок після чого виготовлялися вставки (рис. 4). Компенсуюча вставка – це відпрацьована ресора автомобіля.

Рисунок 3 – Поверхня лемішу з вирізами під вставки

Рисунок 4 – Компенсуюча вставка

Після цього за допомогою плазморізу Протон CUT-60/380П вирізалися вікна для вставок під кутом 58º. Приварювання проводили електродом Ø3,0мм УОНІ-13/55. На носову частину приварюється поверх компенсуюча пластина. В результаті отримуємо зубчатий леміш у кого виліт зубів компенсує знос і , який можемо використовувати поряд з новими на одному агрегаті. Для визначення доцільності та поведінки в умовах тертя необхідно провести польові дослідження.

Дослідженнями встановлено, що накладання на носову частину леміша пластини підвищує опір та навантаження, так як збільшується товщина леміша. Для мінімізації опору запропоновано спосіб відновлення плужного леміша постановкою компенсуючих вставок, який відрізняється тим, що на носку робиться виріз під ремонтну вставку та четвертий зуб встановлюється в протилежному напрямі (рис. 5).

Для зниження швидкості зношування носової частини леміша необхідне її зміцнення методом нанесення більш зносостійкого матеріалу. Для цього передбачається наплавлення носової частини леміша електродом Т-590.

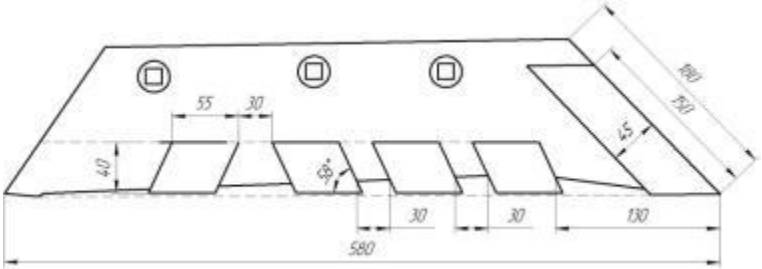



Рисунок 5 – Схема відновлення плужного лемішу постановкою компенсуючих вставок

**Список використаних джерел**

1. Рибалко І.М. Дослідження способів підвищення довговічності нових лемішів наплавленням бар'єрних валиків / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, В.В. Діордійчук // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ» 23-24 листопада 2023 року. – Харків: ДБТУ, 2023. – С. 460-461.

2. Рибалко І.М. Розробка способу зміцнення плужних лемешів наплавленням валиків / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, В.В. Діордійчук // Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» 22-23 лют. 2024 р. м. Київ. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2024. – С. 354-357.

3. Семенов А.Н. Новая форма лезвия плужного лемеха. / А.Н. Семенов, Б.А. Даколо // Информационный листок. ХЦТИ. – Харьков. 1972. –3с.

4. Рибалко І.М. Дослідження способів відновлення плужних лемішів / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, М.В. Полунін // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ» 23-24 листопада 2023 року. – Харків: ДБТУ, 2023. – С. 433-437.

5. Рибалко І.М. Дослідження зносу багатозубчастих лемішів / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, М.В. Полунін // Проблеми та перспективи розвитку сільськогосподарського машинобудування: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції (Полтава, 21-22 грудня 2023 р.). – Полтава: ПДАУ, 2023. – С. 161-165.

6. Рибалко І.М. Плужний леміш з переривистим лезом / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, М.В. Полунін // Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» 22-23 лют. 2024 р. м. Київ. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2024. – С. 317-320.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ PM²-AGILE ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ У МАШИНОБУДУВАННІ УКРАЇНИ

**Валентина МЕЛЬНИК**, кандидат економічних наук, доцент,
**Вікторія МЕЛЬНИК**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Дедалі частіше за оцінювання економічної ефективності технологічних систем та їх складових традиційні підходи не можуть оперативно адаптуватися до швидких змін, які відбуваються в сфері технологічних інновацій. Це створює потребу у впровадженні більш гнучких методологій управління, що дозволяють не тільки оцінювати ефективність, а й оперативно коригувати стратегії на основі змін у зовнішньому середовищі та внутрішніх потреб підприємства.

У цьому контексті важливою є тематика розрахунку ефективності технологічного процесу та інтерпретації отриманих результатів щодо інвестування проєкту відновлення деталей. Оцінка технологічних процесів і їх результативності потребує не тільки точних економічних розрахунків, але й гнучкості під час коригування стратегії в процесі виконання проєкту. Враховуючи це, методологія PM²-Agile може стати оптимальним інструментом для інтеграції всіх етапів управління технологічними проєктами, від початкового оцінювання ефективності до завершення реалізації з урахуванням змін та нових вимог.

Таким чином, перехід до впровадження PM²-Agile є природним етапом розвитку інвестиційного та економічного аналізу в машинобудуванні, оскільки вона дозволяє оптимізувати процеси управління проєктами, знижуючи ризики та підвищуючи їх економічну ефективність в умовах постійних змін.

В умовах постійних змін у технологічному середовищі та бізнесі, ефективне управління проєктами стає важливим аспектом для досягнення високої продуктивності та конкурентоспроможності підприємств. Впровадження методології PM²-Agile, яка поєднує переваги традиційного підходу управління проектами PM² з гнучкими принципами Agile, є важливим кроком для оптимізації процесів економічного оцінювання технологічних систем. Ця методологія дозволяє забезпечити більшу гнучкість в управлінні проєктами, швидше реагувати на зміни та потреби ринку, а також здійснювати ефективний контроль за витратами та результатами проєктів. Вона дозволяє підприємствам краще адаптуватися до динамічних змін у технологічному середовищі, оптимізуючи при цьому інвестиції в нові технології та модернізацію існуючих систем, що є ключовими факторами для підвищення економічної ефективності.

PM²-Agile є перспективною методологією для галузевого машинобудування, оскільки вона може подолати складнощі, що виникають за управління саме складними проєктами. Гнучкість, адаптивність та орієнтування на результат роблять її значущою е сучасному світі технологічних систем.

Як зазначалось, у сучасному машинобудуванні вимоги до проєктів часто змінюються під час їх реалізації, що вимагає ефективного поєднання гнучкості та структурованості в управлінні. Методології Agile і PM² забезпечують баланс між цими аспектами, дозволяючи створювати надійні інженерні рішення в умовах динамічного середовища.

Agile характеризується гнучкістю і адаптивністю, сукупністю принципів і цінностей, що акцентують увагу на інтерактивній ітеративній розробці, тісній співпраці між учасниками проєкту, адаптації до змін, які можуть виникати під час реалізації.

Основні методи Agile, такі як Scrum та Kanban, допомагають мінімізувати ризики і підвищувати ефективність розробки, зокрема у сферах, де необхідно швидко реагувати на зміни технічних вимог.

PM² визначається, як структурування і систематизація, стандартизована методологія управління проєктами, розроблена Європейською комісією, яка

охоплює чітку фазову структуру (Ініціювання, Планування, Виконання, Закриття), визначення ролей і обов'язків команди, забезпечення якості й управління ризиками.

Особливістю PM² є її гнучкість, яка дозволяє адаптувати підходи залежно від масштабу й особливостей проєкту.

PM²-Agile є сучасною гнучкою методологією управління проєктами, яка поєднує основні принципи традиційного управління проєктами PM² (ініційована Західною Комісією для застосування у проєктах державного та приватного секторів) та принципи Agile (гнучкості та адаптивності). Вона створена для того, щоб забезпечувати ефективне планування для складних і динамічних проєктів у різних галузях.

Синергія між Agile і PM² у проєктах машинобудування характеризується можливістю гнучкого планування в рамках чіткої структури, можливістю управління ризиками, змінами та покращення комунікації в командах.

Гнучке планування в рамках чіткої структури обумовлене тим, що PM² задає основні етапи проєкту, дозволяючи фокусуватися на стратегічних цілях, тоді як Agile допомагає організувати внутрішню роботу на кожному з етапів через ітеративні спринти або цикли. Наприклад, на етапі планування створення нового обладнання за PM² визначається загальний проєктний план. Agile дає можливість тестувати окремі модулі або функції (наприклад, автоматизовану систему управління) та оперативно вносити зміни.

Управління ризиками і змінами забезпечується тим, що PM² надає інструменти для ідентифікації та оцінювання ризиків, а Agile дозволяє швидко адаптуватися до непередбачених обставин, наприклад, змін у технічному завданні або бюджеті.

Покращення комунікації в командах досягається завдяки тому, що Agile пропонує підходи, як-от щоденні зустрічі (Daily Standups), сприяють швидкому обміну інформацією між інженерами, дизайнерами та замовниками, що узгоджується з принципом прозорості PM².

Практичне застосування у галузевому машинобудуванні обумовлене принципами застосування ітеративного підходу до розробки та можливістю моніторинуг прогресу.

Наприклад, у разі створення нової моделі автоматичного верстата Agile дозволяє прототипувати кожен функціональний блок (управління, механіку, безпеку) в межах окремих спринтів. Завершення кожного блоку перевіряється на відповідність загальному плану проєкту (PM²). Завдяки інструментам Agile, таким як Kanban-дошки, команда може оперативно відслідковувати прогрес, тоді як звіти PM² забезпечують загальне управління проєктом і зв'язок із керівництвом.

Загалом поєднання Agile та PM² дозволяє створювати ефективні інженерні рішення, забезпечуючи баланс між адаптивністю та структурованістю. У галузевому машинобудуванні це особливо актуально, адже складні технічні проєкти потребують як гнучкого підходу до розробки, так і чіткої організації на стратегічному рівні.

Отже, PM²-Agile є адаптивною методологією, яка забезпечує гнучкість, прозорість та орієнтування на результат.

Ця методологія використовує спритні підходи Agile, поєднані зі структурованими етапами PM², що спрямовані на якісне планування та контроль проєкту.

Ключовими принципими PM²-Agile є колаборація, адаптивність, безперервне вдосконалення, прозорість та звітність.

Впровадження методології управління проєктами PM²-Agile передбачає проходження низки етапів – від ініціація проєкту до оцінювання його загальної ефективності та формування висновків.

**УДК 631.312.021.3**

## СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ НОСОВОЇ ЧАСТИНИ ПЛУЖНОГО ЛЕМЕША ЗІ СТЕРТЯМ І ПРОМЕНЕВИМ ЗНОШЕННЯМ

**М. О. ВАСИЛЕНКО,** кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу
**Д. О. БУСЛАЄВ,** кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
**О. Є. КАЛІНІН,** кандидат технічних наук**,** старший науковий співробітник
***Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук***
*E-mail*: nnc-imesg.0930@ukr.net

Приклад реалізації винаходу [1] наведено на рис.

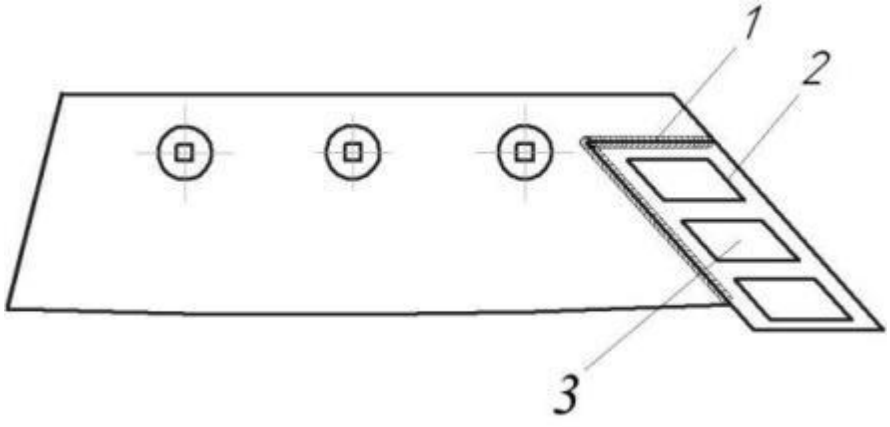



Рис. Спосіб відновлення і зміцнення носової частини плужного лемеша зі стертям і променевим зношенням:
1 – виріз; 2 – вставний елемент; 3 – твердосплавна пластинка

Спосіб відновлення і зміцнення носової частини плужного лемеша при стертевому і променевому зношенні здійснюють наступним чином. Визначають недопустимо значні стертове і променеве зношення носової частини лемеша,

які необхідно відновлювати. Із сталевої пластини товщиною близькою до товщини лемеша вирізають вставний елемент, який перекривав би ділянки лемеша, які недопустимо зношені стертовим і променевим способами. Після цього по виготовленому вставному елементі в носовій частині лемеша роблять виріз 1. Потім у вирізі 1 розміщують вставний елемент 2 і приварюють по всьому вирізу 1. Після цього робочу поверхню вставного елемента 2, яка піддається променевому зношенню, зміцнюють припаюванням до неї пластинок високої твердості із сплаву на основі вольфраму або іншого твердосплавного металу 3. Причому відновлення початкової форми нового лемеша після відновлення і загострення його робочої кромки здійснюють з неробочої сторони електроконтактним способом.

Завдяки такому виконанню способу відновлення і зміцнення носової частини лемеша плуга при стертевому і променевому його зношенню після відновлення лемеша його частина, яка піддається променевому зношенню має таку ж товщину, як і новий леміш, без слідів променевого зношення. Крім того, робоча частина поверхні лемеша, що піддається променевому зношенню зміцнена припаяними до неї пластинками високої твердості із сплаву на основі вольфраму або іншого твердосплавного металу, а відновлення початкової форми лемеша і загострення його робочої кромки здійснене з неробочої частини електроконтактним способом, що забезпечує підвищення міцності лемеша і підвищення строку його експлуатації після відновлення.

**Список використаних джерел**

1. Спосіб відновлення і зміцнення носової частини плужного лемеша зі стиранням і променевим зношенням: пат. на винахід 124776 Україна: МПК (2019.01) B23P 6/00, A01B 15/04. № a201907952; заявл. 11.07.2019; опубл. 17.11.2021, Бюл. № 46. 3 с.

**УДК 631.31**

## АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ САМОЗАГОСТРЮВАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН

**В. Л. КУЛИКІВСЬКИЙ**, к.т.н, доц.,
**А. В. ПРИЩЕПА,** здоб.
***Поліський національний університет, м. Житомир***
**С. М. ХОМЕНКО**, к.т.н., виклад.
***Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир***
*E-mail:* kylikovskiyv@ukr.net

Ефективність роботи ґрунтообробних машин значною мірою залежить від працездатності їх робочих органів, серед яких ключову роль відіграють різальні

елементи. Зношування цих елементів призводить до втрати гостроти, що негативно впливає як на якість обробітку ґрунту, так і на експлуатаційні характеристики агрегатів, зокрема – до зростання тягового опору та збільшення витрат пального. Одним із сучасних підходів до вирішення цієї проблеми є забезпечення явища самозагострювання, тобто здатності робочих органів за рахунок вибіркового зношування підтримувати оптимальну форму різальної кромки протягом експлуатації. У даній статті розглядаються наукові підходи та результати досліджень [1, 2, 3], які створили основу для розуміння механізмів самоорганізації поверхні та умов реалізації ефекту самозагострювання, що дозволяє продовжити строк служби ґрунтообробних машин і забезпечити їх економічну ефективність.

Зношування робочих органів ґрунтообробних машин є складним процесом, що визначається взаємодією металу з абразивним середовищем – ґрунтом, який має різноманітний гранулометричний склад, вологість, твердость і хімічний склад. Наукові роботи багатьох дослідників підтверджують, що навіть невеликі зміни в геометрії та структурі різальних елементів можуть впливати на ефективність технологічного процесу обробітку ґрунту. У цьому контексті дослідження Борака К.В. привертають увагу як комплексне вивчення процесів абразивного зношування, впливу попередньої корозії та оптимізації параметрів роботи робочих органів. Результати його досліджень дозволяють визначити оптимальні параметри товщини і твердості покриттів, що застосовуються для захисту робочих органів від надмірного зношування [1, 2].

Роботи В.В. Ауліна, в свою чергу, зосереджені на теоретичних і експериментальних аспектах вибіркового зношування різальних елементів та на розробці моделей самоорганізації їх поверхні. Він розглядає питання впливу механічних і трибологічних характеристик матеріалів на формування оптимальної геометрії різальної кромки, що забезпечує збереження гостроти протягом тривалого часу експлуатації. Завдяки використанню сучасних методів зміцнення, зокрема лазерної термообробки та нанесення спеціальних зносостійких покриттів, дослідники Ауліна В.В. показали, що ефект самозагострювання може бути реалізований як на рівні матеріалу, так і конструктивно – шляхом регулювання параметрів роботи різальних елементів

Згідно з науковими дослідженнями, для реалізації ефекту самозагострювання необхідно дотримання ряду умов [1, 2, 3]:

*Оптимальне співвідношення твердості.* Різальні елементи повинні мати двошарову конструкцію, де наплавлений зносостійкий шар має бути значно твердішим за основний метал. За даними Ауліна В.В. , оптимальне співвідношення може становити $H_t = K \cdot H_n$, де K залежить від абразивних характеристик ґрунту. Це забезпечує вибіркове зношування несучого шару, що стимулює формування гострої кромки.

*Мінімальна товщина несучого шару.* Для збереження необхідної міцності та забезпечення рівномірного зношування товщина несучого шару має бути мінімальною, але достатньою для підтримання структурної цілісності деталі.

*Вибірковість зношування.* Процес зношування має бути селективним – частини, які не сприяють загостренню, мають швидше стиратися. Цей процес залежить від локальних умов тертя, що визначаються як геометрією різального елемента, так і параметрами ґрунтового середовища.

*Застосування технологій зміцнення.* Використання методів лазерної термообробки або спеціальних покриттів сприяє утворенню зміцненого шару на одній із поверхонь різального елемента, що забезпечує необхідну стійкість до зношування і стимулює самозагострювання.

Реалізація ефекту самозагострювання має вагоме практичне значення. За умов сучасного агропромислового виробництва зниження витрат пального, зменшення простоїв та зниження експлуатаційних витрат є одними з ключових завдань. Самозагострювані робочі органи, які зберігають оптимальну гостроту протягом тривалого періоду, забезпечують постійну якість обробітку ґрунту, що безпосередньо впливає на продуктивність агротехнічних операцій.

Перспективи впровадження таких технологій у виробництво ґрунтообробних машин пов’язані з економічними вигодами, зокрема, зі зниженням витрат на обслуговування та ремонт техніки, а також з підвищенням експлуатаційного ресурсу робочих органів. Крім того, використання сучасних методів аналізу та моделювання дозволяє прогнозувати поведінку робочих елементів за різних умов експлуатації, що сприяє розробці нових конструктивних рішень та вдосконаленню технологічних процесів.

Забезпечення самозагострювання робочих органів є одним із ключових напрямків удосконалення сучасних ґрунтообробних машин, що дозволяє оптимізувати їх експлуатаційні характеристики та підвищити конкурентоспроможність агротехнічної техніки на ринку. Подальші дослідження у цій галузі повинні бути спрямовані на розробку більш точних математичних моделей зношування, а також на впровадження інноваційних технологій зміцнення матеріалів, що забезпечать ще більшу надійність та довговічність робочих органів.

## Список використаних джерел

. Борак К. В. Наукові основи досягнення ефекту самозагострювання робочих органів ґрунтообробних машин. Сільськогосподарські машини. 2020. №1. С. 18–40.

2. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. … д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

3. Аулін В. В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки : дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.04 / Хмельниц. нац. ун-т. Хмельницький, 2015. 447 с.

**УДК 006**

# РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ГРУП СЕЛЕКЦІЇ ДЛЯ З'ЄДНАНЬ

**Г. О. ІВАНОВ**, канд. техн. наук, доцент,
**П. М. ПОЛЯНСЬКИЙ**, канд. екон. наук, доцент,
***Миколаївський національний аграрний університет***
*E-mail:* ivanovgo0708@gmail.com, polyansky.pasha@gmail.com

*Анотація: селективне складання застосовують у разі, коли необхідно підвищити точність з'єднання без зменшення допусків на обробку деталей, а також і в тому випадку, коли потрібно розширити допуски – від розрахункових до технологічно доцільних за отримання зад аної точності.*

*Abstract: In order to ensure the durability of the connection with guaranteed tension, it is necessary that there is a maximum tension between the connected parts. To ensure the durability of the connection with guaranteed tension, it is necessary that there is a maximum tension between the connected parts.*

*Ключові слова:селективне складання, зазор, деталь, точність обробки, допуск на обробку, незавершене виробництво, мінімальні зазори, мінімальний груповий зазор, гарантований натяг, допуск отвору, допуск вала, максимальний груповий натяг.*

*Key words: selective assembly, clearance, part, machining accuracy, machining tolerance, work-in-progress, minimum clearances, minimum group clearance, guaranteed tension, hole tolerance, shaft tolerance, maximum group tension.*

На практиці часто виникає потреба виготовити деталі з такою точністю, якої не можна досягти або за досягнення якої деталі будуть дорогими (не економічними). Так, зазор у плунжерній парі паливного насоса має бути в межах 1–3 мкм. Це означає, що точність обробки плунжера має бути в 7 разів, а втулка – в 10 разів вищою, ніж за 6-м квалітетом. Для забезпечення такої точності жоден із наявних технологічних процесів не буде економічним. Тому у виробництві застосовується селективне складання, яке дає змогу одержати посадки підвищеної точності.

Селективне складання застосовується і тоді, коли потрібно підвищити точність з'єднання без зменшення допусків на обробку деталей, а також і в тому випадку, коли потрібно розширити допуски – від розрахункових до технологічно доцільних за отримання заданої точності.

Суть селективного складання полягає в тому, що деталі з'єднання розсортовують на групи, а потім з'єднують деталі однойменних груп. У з'єднанні гільза циліндрів-поршень двигуна Д-75 зазор, згідно з технічни-ми умовами, має бути в межах 0,19–0,23 мм. На рис. 1 зображено схему полів допусків цього з'єднання. Із схеми бачимо, що з'єднання гільз і поршнів однойменних груп дає можливість одержувати зазори у цих заданих межах. Якщо ці деталі не ділити на групи, то зазор між гільзою циліндрів і поршнем становив би 0,13–0,29 мм, що призвело б до зниження технічного ресурсу. За

зазорів 0,13–0,19 мм у процесі роботи двигуна могли б бути задирі.

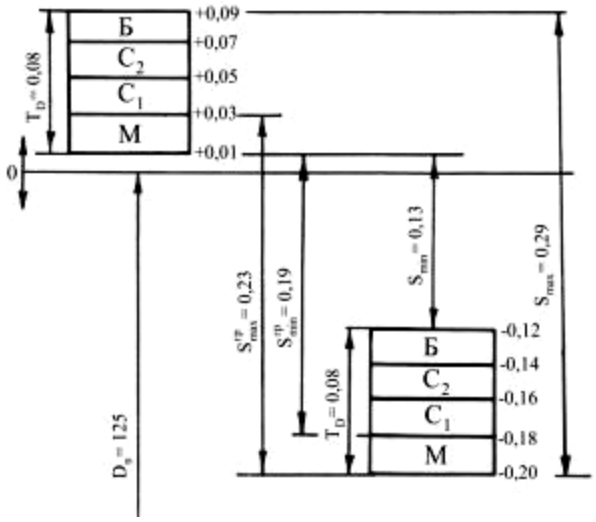



Рис.1. Схема, що характеризує суть селективного складання

Сортування на групи в з'єднаннях з гарантованим зазором застосовується у таких випадках:

-коли допуск посадки малий, тобто деталі мають бути виготовленими за високим квалітетом;

-коли в таблицях немає стандартної посадки, яка задовольняє умову

$$S_{ст.\min} \geq S_{м.\min};$$

-коли потрібно помітно збільшити довговічність з'єднання.

У з'єднаннях з гарантованим зазором кращим за довговічністю вважати-муться з'єднання з мінімальним зазором $S_{\min}$. Може бути три випадки спів-відношення між допусками з'єднуваних деталей: допуски деталей однакові, допуск отвору більший від допуску вала і допуск вала більший від допуску отвору.

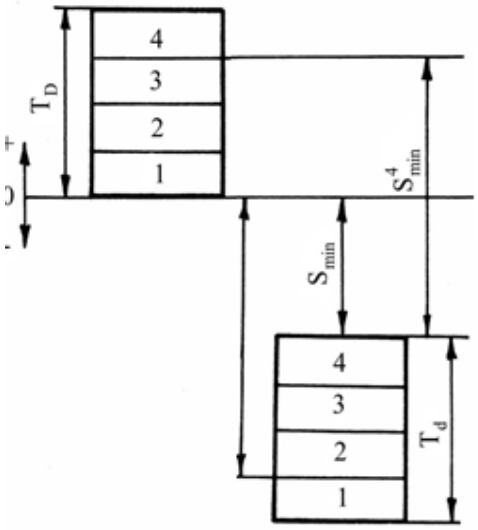



Рис. 2. Схема зміни зазорів за рівних допусків деталей

Якщо допуски деталей з'єднання однакові (рис. 2), тобто $T_D = T_d$, то будуть однаковими і групові допуски, тобто $T^{гр}_D = T^{гр}_d$. Мінімальні зазори у з'єднаннях деталей, в межах однойменних груп, будуть однаковими, тобто $S^1_{\min} = S^2_{\min} = S^n_{\min}$. У такому випадку кількість груп $n$ дорівнюватиме:

$$n = \frac{T_D}{T^{ср}_D} = \frac{T_d}{T^{ср}_d}. \quad (1)$$

У випадку, коли допуск отвору більший від допуску вала, тобто $T_D > T_d$, мінімальний зазор збільшується із збільшенням кількості груп (рис. 3). Як бачимо із рисунку, самий мінімальний зазор буде у з'єднанні деталей першої групи, тобто $S^1_{\min} < S^4_{\min}$. За основу розрахунку кількості груп беремо мінімальний зазор у першій групі.

З цієї схеми можна записати

$$S^{ср}_{\min} = S_{\min} + T_D - \frac{T_D}{n}. \quad (2)$$

Звідси:

$$n = \frac{T_D}{S_{\min} - S^{ср}_{\min} + T_D}. \quad (3)$$

Розглянемо випадок, коли допуск вала буде більшим від допуску отвору, тобто $T_D < T_d$ (рис. 4). Мінімальний зазор зменшуватиметься із збільшенням числа груп. Як бачимо з рисунка, мінімальний зазор буде у четвертій групі, тобто $S^4_{\min} < S^1_{\min}$.

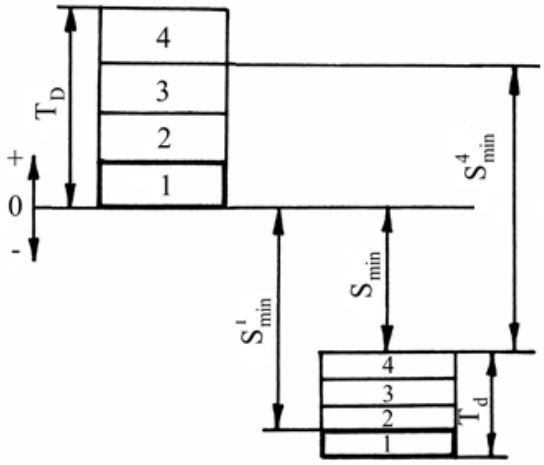



Рис. 3. Схема зміни зазорів за умови $T_D > T$

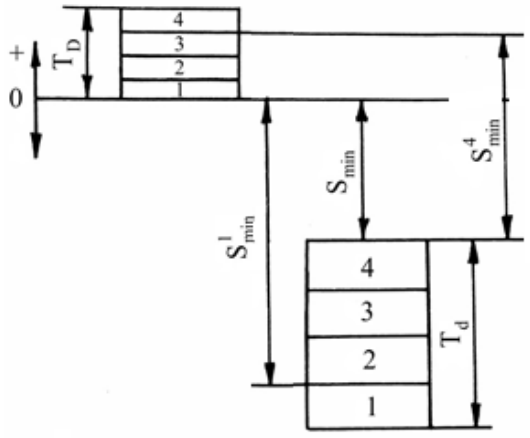



Рис. 4. Схема зміни зазорів за умови $T_D < T$

Під час визначення кількості груп за основу беремо мінімальний зазор у четвертій групі, тобто $S^4_{\min} = S^{ср}_{\min}$.

Як бачимо з рис. 3, мінімальний груповий зазор дорівнює:

$$S^{ср}_{\min} = S_{\min} + T_d - \frac{T_d}{n}. \quad (4)$$

отвору більший від допуску вала і допуск вала більший від допуску отвору.

Якщо допуски деталей рівні між собою, тобто $T_D = T_d$, то будуть рівні між собою і групові допуски, тобто $T^{ср}_D = T^{ср}_d$ (рис. 5).

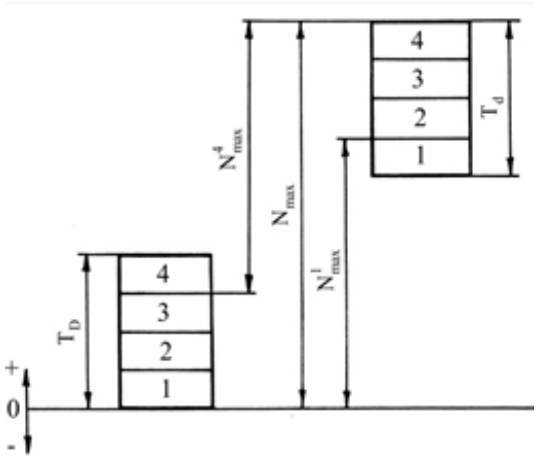



Рис. 5. Схема зміни натягів за рівності допусків деталей

У цьому випадку максимальні натяги у кожній групі будуть однаковими, тобто: $N^1_{\max} = N^2_{\max} = N^n_{\max}$.

Кількість груп сортування деталей дорівнюватиме:

$$n = \frac{T_D}{T^{ср}_D} = \frac{T_d}{T^{ср}_d}. \quad (5)$$

Якщо допуск отвору більший від допуску вала, тобто $T_D > T_d$, максимальний натяг зменшується із збільшенням кількості груп (рис. 4).

Як бачимо з рис. 4 максимальний натяг буде у з'єднанні деталей першої групи, тобто $N^1_{\max} > N^4_{\max}$. За основу розрахунку беремо максимальний натяг у першій групі, тобто $N^1_{\max} = N^{ср}_{\max}$. З рис. 6 визначаємо:

$$N^{ср}_{\max} = N_{\max} - T_d + \frac{T_d}{n}. \quad (6)$$

Звідси:

$$\boldsymbol{n} = \frac{\boldsymbol{T_d}}{\boldsymbol{N}^{zp}{}_{\max} - \boldsymbol{N}_{\min} + \boldsymbol{T_d}}. \quad (7)$$

Розглянемо визначення числа груп сортування, коли допуск вала буде більшим від допуску отвору, тобто $\boldsymbol{T_D} < \boldsymbol{T_d}$ (рис.7). Максимальний натяг зростатиме із збільшенням числа груп.

Максимальний натяг буде у четвертій групі, тобто, визначаючи кількість груп, за основу беремо максимальний натяг у четвертій групі, тобто $\boldsymbol{N}^4{}_{\max} > \boldsymbol{N}^1{}_{\max}$. Під час визначення кількості груп за основу беремо максимальний натяг у четвертій групі, тобто $\boldsymbol{N}^4{}_{\max} = \boldsymbol{N}^{zp}{}_{\max}$. Максимальний груповий натяг (рис. 6) дорівнює:

$$\boldsymbol{N}^{zp}{}_{\max} = \boldsymbol{N}_{\max} - \boldsymbol{T_D} + \frac{\boldsymbol{T_D}}{\boldsymbol{n}}. \quad (8)$$

Звідси:

$$\boldsymbol{n} = \frac{\boldsymbol{T_D}}{\boldsymbol{N}^{zp}{}_{\max} - \boldsymbol{N}_{\min} + \boldsymbol{T_D}}. \quad (9)$$

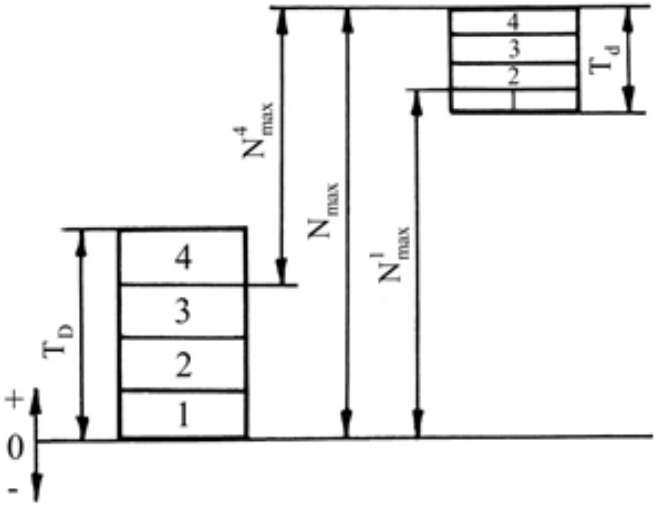



Рис. 6. Схема зміни натягів за умови $T_D > T_d$

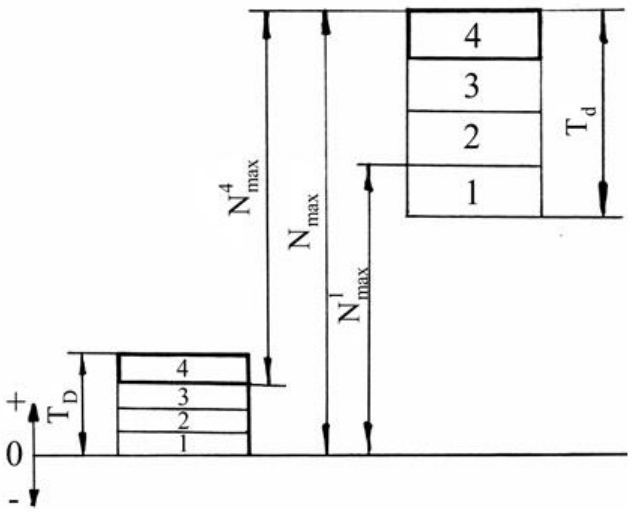



Рис. 7. Схема зміни натягів за умови $T_D < T_d$

Сортуючи деталі на групи, потрібно враховувати, що за великої кількості груп груповий допуск мало відрізняється від допуску за меншої кількості груп, але значно ускладнюються організація і процес складання. На практиці оптимальну кількість груп беруть рівною 4 або 5, а для складання підшипників під час сортування тіл кочення $\boldsymbol{n} > 10$.

## Список використаних джерел

1. Взаємозамінність, основи стандартизації та технічних вимірювань. Підручник / Г.О. Іванов, В.С. Шебанін, Д.В. Бабенко та ін. // Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв, 2016. 412 с.

2. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Практикум. Підручник / Г.О. Іванов, В.С. Шебанін, Д.В. Бабенко та ін. // Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв, 2016. 428 с.

## ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПРОЄКТІВ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ГНУЧКИХ ФІНАНСОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ

**Валентина МЕЛЬНИК**, кандидат економічних наук, доцент,
**Вікторія МЕЛЬНИК**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
**Віталій ЛІСЕЦЬКИЙ**, кандидат технічних наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Економічне оцінювання проєктів часто залежить від впливу зовнішніх факторів, які важко передбачити: зміни в законодавстві (наприклад, екологічні стандарти); коливання цін на енергоресурси; політична чи економічна нестабільність тощо. Наприклад, проєкт розроблення обладнання для видобутку сировини може зіштовхнутися зі зміною законодавчих вимог до екологічної безпеки. Тоді варіантами розв'язання таких проблем може стати розроблення сценарного аналізу, що враховує різні варіанти розвитку подій або залучення експертів з управління ризиками до оцінювання такого проєкту.

Труднощі в оцінюванні життєвого циклу системи пов'язані з тим, що економічні витрати та вигоди змінюються на різних етапах життєвого циклу технологічної системи – від розроблення, впровадження, експлуатації до утилізації. Наприклад, розроблення обладнання з екологічно безпечних матеріалів може вимагати значних початкових витрат, але у перспективі зменшити витрати на утилізацію. Можливим розв'язанням виклику може стати використання методу оцінювання загальної вартості володіння (Total Cost of Ownership, TCO) або проведення оцінювання з урахуванням витрат на весь життєвий цикл технологічної системи.

TCO (Total Cost of Ownership) є методикою оцінювання повної вартості володіння активом чи системою протягом усього їхнього життєвого циклу. Вона враховує як прямі, так і непрямі витрати, пов'язані з придбанням, експлуатацією, обслуговуванням і утилізацією. Цей підхід допомагає ухвалювати стратегічні рішення про інвестиції, враховуючи повну економічну картину, а не лише початкову ціну покупки.

Методика TCO охоплює три основні категорії витрат: прямі витрати, операційні витрати, непрямі витрати.

Прямі витрати формуються:

- початковими інвестиціями (витрати на придбання, установку та введення в експлуатацію активу чи системи. Наприклад: придбання обладнання для обробки металу);

- витратами на інтеграцію (ресурси, необхідні для адаптації системи до існуючих процесів або інфраструктури, наприклад, налаштування нового програмного забезпечення для управління верстатами).

Операційні витрати:

- експлуатаційні витрати (на енергію, сировину, витратні матеріали, необхідні для роботи системи, наприклад, споживання електроенергії верстатом з ЧПУ);

- витрати на обслуговування (на регулярний технічний огляд, заміну деталей чи профілактичні роботи, наприклад, заміна інструментів на виробничих лініях);

- витрати на навчання персоналу (на підготовку працівників до роботи з новою системою, наприклад, тренінги для операторів роботизованих систем).

Непрямі витрати:

- втрати продуктивності (часові чи ресурсні витрати, пов’язані з простоєм під час інтеграції чи ремонтування, наприклад, затримка виробництва через оновлення програмного забезпечення);

- знецінення (втрата вартості активу з часом через амортизацію чи моральне старіння, наприклад, старіння обладнання через появу новіших технологій);

- утилізація чи заміна (витрати на демонтаж і екологічну утилізацію або продаж устаткування, наприклад, витрати на утилізацію хімічних відходів виробництва).

Застосування методу «Just-in-Time» (JIT) дозволяє уникати надмірних витрат на закупівлю матеріалів та обладнання завдяки поставкам «в потрібний час». У PM²-Agile JIT інтегрується в процес управління витратами.

Використання гнучкого фінансового інструменту типу Earned Value Management (EVM) забезпечує адаптування до ітеративного підходу для моніторингу витрат та результатів у реальному часі.

Отже, економічне оцінювання технологічних систем у галузі машинобудування є складним завданням через низку викликів, пов’язаних із невизначеністю, складністю аналізу та швидкими змінами в технологіях. Успішне подолання цих викликів вимагає використання сучасних методів прогнозування, багатокритеріального аналізу та управління ризиками.

**УДК 631.173**

# ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МТП В АПК

**К. В. БОРАК**, д.т.н., проф.
***Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир***
**Б. М. ТКАЧУК**, здоб.,
**В. С. ТОРГОНСЬКИЙ,** здоб.
***Поліський національний університет, м. Житомир***
*E-mail*: koss1983@meta.ua

Технічний сервіс машинно-тракторного парку (МТП) є важливою складовою агропромислового комплексу (АПК). Його ефективність впливає на продуктивність сільськогосподарської техніки, зниження експлуатаційних витрат і підвищення рентабельності агровиробництва. В умовах сучасного розвитку АПК важливого значення набуває вдосконалення організації технічного сервісу та його адаптація до новітніх технологій.

Технічний сервіс МТП включає комплекс заходів із технічного обслуговування, діагностики, ремонту та відновлення працездатності сільськогосподарських машин і агрегатів. Основними завданнями технічного сервісу є: забезпечення надійності та довговічності роботи техніки; мінімізація простоїв у період польових робіт; підвищення продуктивності машинно-тракторного парку; зниження витрат на ремонт і експлуатацію техніки.

Існують різні моделі організації технічного сервісу МТП, зокрема:

Централізована модель – передбачає обслуговування та ремонт техніки на спеціалізованих сервісних підприємствах.

Децентралізована модель – технічне обслуговування здійснюється безпосередньо в господарствах.

Змішана модель – поєднує переваги централізованої та децентралізованої систем.

Оптимальним варіантом є змішана модель, що дозволяє гнучко реагувати на потреби господарств та забезпечувати високу якість сервісних послуг.

Технічний сервіс МТП включає наступні етапи: діагностика технічного (визначення рівня зносу та можливих несправностей); технічне обслуговування (ТО – профілактичні заходи, спрямовані на запобігання несправностям (ТО-1, ТО-2, ТО-3, сезонне обслуговування); Ремонтні роботи (поточний, капітальний та аварійний ремонт); відновлення деталей і агрегатів (використання сучасних технологій відновлення працездатності основних вузлів (зварювання, наплавлення, механічна обробка, 3D-друк тощо).

Сучасний технічний сервіс МТП базується на новітніх технологіях, зокрема:

Цифрові системи діагностики – використання датчиків та електронних сканерів для оцінки стану техніки.

Автоматизовані системи управління технічним обслуговуванням (CMMS) – програмне забезпечення для моніторингу та планування сервісних робіт.

3D-друк для виготовлення запасних частин – зменшення часу і витрат на ремонт.

Впровадження інтернету речей – дистанційний контроль за станом техніки.

Незважаючи на значні досягнення, існує ряд проблем у сфері технічного сервісу: застарілі методи обслуговування та ремонту, недостатній рівень підготовки персоналу, дефіцит запасних частин та витратних матеріалів, фінансові обмеження. Вирішення яких дозволить в повній мірі розкрити потенціал сільськогосподарської техніки та підвищити продуктивність всієї галузі

До перспективних напрямків розвитку технічного сервісу МТП в АПК слід віднести:

- розширення мережі мобільних сервісних центрів – забезпечення можливості проведення діагностики та ремонту техніки безпосередньо в польових умовах;
- провадження дистанційного моніторингу техніки – використання IoT і телеметричних систем для запобігання поломкам та автоматизації процесів технічного обслуговування;
- активне використання роботизованих систем діагностики та ремонту – застосування штучного інтелекту та автоматизованих механізмів для швидкого обслуговування техніки;
- вдосконалення системи навчання та підготовки кадрів – розвиток спеціалізованих навчальних програм, курсів підвищення кваліфікації та впровадження дуальної освіти для майбутніх спеціалістів у сфері технічного сервісу;
- збільшення частки відновлюваних технологій у ремонті – активне використання 3D-друку, наплавлення та інших методів відновлення деталей для зниження витрат на закупівлю нових компонентів;
- створення цифрових платформ для управління сервісними процесами – розробка хмарних сервісів, що дозволяють інтегрувати інформацію про стан техніки, проведені ремонти та планові заходи обслуговування.

Ефективна організація технічного сервісу машинно-тракторного парку в АПК є ключовим фактором забезпечення безперебійної роботи сільськогосподарської техніки. Використання сучасних технологій та впровадження прогресивних моделей сервісу сприятиме підвищенню продуктивності аграрного сектору, зниженню витрат на експлуатацію техніки та покращенню загальної ефективності господарської діяльності.

**УДК 665.6**

# АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ

**В. Л. КУЛИКІВСЬКИЙ**, к.т.н, доц.,
**В. О. ЯСІНСЬКИЙ,** здоб.
***Поліський національний університет, м. Житомир***
**О. А. ШЕВЧУК**, виклад.
***Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир***
*E-mail:* kylikovskiyv@ukr.net

Оскільки автомобіль відіграє важливу роль у повсякденному житті, важливість моторної оливи дуже висока, оскільки вона є одним з факторів, що забезпечують належну роботу двигуна. Залежно від класифікаційних критеріїв, існує кілька різних типів моторних олив, які підходять для кожного типу двигуна. Основна роль мастила полягає в усуненні безпосереднього контакту між поверхнями відносно рухомих деталей, тим самим зменшуючи механічну роботу тертя, нагрівання і знос деталей [1]. Крім того, олива також виконує функцію охолодження деяких частин двигуна, підтримує чистоту змащуваних компонентів, запобігаючи засміченню та ущільнюючи можливі зазори, а також забезпечує захист від корозії. Під час роботи двигуна мастильний матеріал зазнає низки структурних змін через забруднення зовнішніми частинками (такими як пил і пісок, паливо, охолоджуюча рідина, волога, кислоти) або речовинами, що утворюються всередині двигуна (сажа, вихлопні гази, металеві частинки). В результаті цих процесів моторна олива стає все більш забрудненою, а її властивості суттєво змінюються, що унеможливлює виконання вимог до неї при оптимальних параметрах. Відпрацьована моторна олива не тільки неефективна для здійснення процесів всередині двигуна за належних умов, але й стає небезпечним забруднювачем для навколишнього середовища в разі неправильної утилізації. Серед забруднювачів, які змінюють її – поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАУ), поліхлоровані біфеніли (ПХБ), важкі метали, такі як свинець, миш'як і кадмій, а також сажа і залишки кислот. Потрапляючи в навколишнє середовище, ці забруднювачі спричиняють масове забруднення ґрунту, води та повітря, а в разі вдихання або потрапляння всередину організму становлять загрозу для життя людей і тварин. Саме тому відпрацьовані моторні оливи класифікуються як небезпечні відходи і вимагають спеціальних стратегій поводження з ними. Щоб мінімізувати негативні екологічні наслідки їх утилізації, а також для зменшення економічних втрати, були розроблені різні методи переробки.

Враховуючи як економічні, так і екологічні питання, було виявлено, що правильне поводження з відпрацьованими моторними оливами може бути досягнуто шляхом дотримання ієрархії існуючих варіантів, що здійснюються відповідно до принципів екологічного менеджменту.

Необхідність переробки відпрацьованої моторної оливи призвела до розробки багатьох технологій переробки. До них відносяться

а) обробка кислотою/глиною;

б) екстракція розчинником;

в) вакуумна дистиляція та обробка глиною;

г) вакуумна дистиляція та процес гідрогенізації;

д) технологія мембранної фільтрації.

а) Кислотно-глиняна обробка. Цей метод полягає в обробці відпрацьованої моторної оливи різними типами кислот (сірчана, мурашина, оцтова) з подальшою абсорбцією глиною. Технологія обробки сірчаною кислотою застосовується з 1935 року і довгий час була найпопулярнішим методом відновлення оливи. Перед самою обробкою відпрацьовану нафту фільтрують, щоб утримати всі механічні домішки, а потім піддають дистиляції, щоб видалити воду і легкі кінці. Всі ароматичні сполуки, які змінюють структуру оливи, розчиняються в сірчаній кислоті, так само як і сажа та інші домішки, утворюючи осад, який можна легко видалити. Після завершення цього процесу відновлену нафту обробляють глиною (зазвичай бентонітовою) для освітлення рідини. Цей процес більше не заохочується, оскільки відходи є токсичними і їх важко утилізувати.

б) Екстракція розчинником. Принцип роботи цього методу полягає в розчиненні небажаних ароматичних компонентів у розчиннику, залишаючи бажані насичені вуглеводневі компоненти (особливо алкани) у вигляді окремої фази. Першим кроком цього процесу є фільтрація олії, щоб видалити тверді залишки. Потім відфільтровану нафту змішують з розчинником. Після цього відстійник відокремлює важчий потік, що містить більшість сполук важких металів і асфальтобетонних матеріалів, від легшого потоку, що містить мастильну фракцію оливи і розчинник. Процес дистиляції може бути використаний для рециркуляції розчинника і отримання потоку, що містить більшу частину мастила, яке потім може бути фракціоноване у вакуумній ректифікаційній колоні. Найчастіше для цього процесу використовуються такі розчинники, як пропан, бутан або пентан, але можуть застосовуватися й інші хімічні речовини.

в) Вакуумна перегонка та обробка глиною. Основними етапами цього процесу є попередня обробка нафти (для видалення домішок, які можуть призвести до забруднення та корозії обладнання, після чого відбувається дистиляція, під час якої відокремлюються вода та легкі вуглеводні), потім вакуумна перегонка з використанням тонкої плівки або звичайної вакуумної колони. За цими етапами слідує обробка дистиляту активованою глиною, яка видаляє частину кольору і запаху з продуктових олій, а також деякі інші небажані компоненти. Важливим моментом у цих процесах є регенерація відпрацьованої глини та її повторне використання для багаторазової обробки, перш ніж її доведеться замінити.

г) Процес вакуумної дистиляції та гідрогенізації Заміна обробки глини гідрогенізацією як останнього етапу процесу вакуумної дистиляції була

зумовлена проблемами утилізації забруднених залишків глини. Першим етапом процесу вакуумної дистиляції та гідрогенізації є атмосферна дегідратація, яка видаляє легкі вуглеводні та воду. Сама вакуумна дистиляція застосовується при температурі близько 250°C. Останній етап – гідрогенізація дистильованого продукту, щоб видалити токсичні сполуки азоту і сірки, а також інші оксиди, присутні в хімічному складі відпрацьованої оливи. Також на цьому етапі усуваються запахи від окислення деяких хімічних елементів і покращується колір кінцевого продукту.

д) Технологія мембранної фільтрації Мембранна фільтрація є безперервною операцією, оскільки вона видаляє металеві частинки і пил з відпрацьованої моторної оливи, а також покращує ліквідність і температуру спалаху регенерованої оливи. Цей метод використовує три типи полімерних порожнистих волоконних мембран, а саме: поліефірсульфон (PES), полівініліденфторид (PVDF) і поліакрилонітрил (PAN), для переробки відпрацьованої моторної оливи. Процес здійснюється при температурі 40°C і низькому тиску. Використання сучасних високотемпературних полімерних мембран має багато суттєвих переваг над традиційними методами переробки оливи, але водночас мембрани є дорогими і можуть бути пошкоджені та забруднені великими частинками.

**Список використаних джерел**

1. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. … д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

**УДК 621.431**

## ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ТИПУ

**Р. С. ГРУДОВИЙ**, к.т.н, доц.,
**А. Й. ГОНГАЛО,** здоб.
***Поліський національний університет, м. Житомир***
**О. А. ШЕВЧУК**, викладач
***Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир***
*E-mail:* roma-grudovij@ukr.net

Сучасні дизельні двигуни оснащуються паливними системами Common Rail, які забезпечують високу ефективність роботи, зниження рівня шкідливих викидів та покращену паливну економічність. Впровадження цієї технології дозволяє досягати високих показників продуктивності та екологічності завдяки точному регулюванню впорскування пального. Проте складність конструкції та

висока точність компонентів висувають особливі вимоги до діагностування несправностей та обслуговування системи. Навіть незначні відхилення в роботі форсунок, датчиків або насоса можуть призвести до погіршення характеристик двигуна, збільшення витрати пального та підвищення рівня токсичності вихлопних газів.

Діагностика паливної системи Common Rail потребує комплексного підходу, використання спеціалізованого обладнання та детального аналізу параметрів роботи двигуна. Важливо своєчасно виявляти та усувати несправності, щоб уникнути серйозних поломок і дороговартісного ремонту. У даній роботі розглядаються основні методи діагностики паливної системи

Паливна система Common Rail складається з таких основних елементів: паливний бак, паливопідкачувальний насос, високонапірний паливний насос (ПНВТ), рейка високого тиску (Common Rail), електромагнітні або п'єзоелектричні форсунки, датчики тиску палива, електронний блок керування двигуном (ECU). Основна відмінність системи Common Rail від традиційних паливних систем полягає у подачі пального під високим тиском через рейку до форсунок, що дозволяє оптимізувати процес упорскування.

Робота паливної системи може порушуватись через:

- забруднення пального (вода, механічні домішки, неякісне паливо);
- знос форсунок (протікання, заклинювання, порушення розпилення);
- несправності датчиків тиску та витрати пального;
- витік палива через негерметичність паливопроводів;
- вихід з ладу електромагнітних або п'єзоелектричних клапанів форсунок;
- недостатній або надмірний тиск у рейці.

При діагностуванні паливної системи Common Rail найчастіше застосовують наступні методи: використання спеціальних діагностичних сканерів; контроль тиску в паливній рейці; перевірка форсунок; аналіз поведінки двигуна.

Діагностика паливної системи Common Rail за допомогою діагностичних сканерів є одним з найефективніших методів. Вона дозволяє отримати точні дані про стан системи без її розбирання. Найбільш поширені діагностичні сканери для перевірки паливних систем Common Rail:

Bosch KTS – один з найбільш професійних сканерів, що підтримує широкий спектр автомобілів, включаючи вантажну техніку.

elphi DS150E – універсальний пристрій для діагностики паливних систем легкових і комерційних автомобілів.

Autel MaxiSys – мультимарочний сканер з широкими можливостями для аналізу параметрів паливної системи.

Launch X431 – популярний пристрій серед автомеханіків, що дозволяє перевіряти форсунки, тиск у рейці, роботу датчиків.

Texa Navigator – високоякісний прилад, що використовується для діагностики дизельних двигунів та систем Common Rail.

Процес діагностування паливної системи за допомогою діагностичних сканерів включає такі етапи:
ідключення сканера – підключення до діагностичного роз'єму OBD-II або спеціального роз'єму для вантажних автомобілів.
канування кодів помилок (DTC) – виявлення можливих несправностей у роботі форсунок, датчиків, регулятора тиску.
еревірка параметрів у реальному часі – аналіз тиску у паливній рейці, корекції упорскування, роботи датчиків температури та тиску.
наліз показників форсунок – оцінка часу відкриття форсунок, кількості пального, що подається, витрат у зворотний трубопровід.
еревірка регулятора тиску – визначення його роботи шляхом зміни навантаження на систему.
естування виконавчих механізмів – можливість примусового керування форсунками та регуляторами для виявлення їх несправностей.
кидання кодів помилок – після усунення проблем проводиться очищення пам’яті ECU для контролю подальшої роботи системи.

Паливна система Common Rail є технологічно складним, але ефективним рішенням для сучасних дизельних двигунів. Завдяки високому тиску впорскування та точному дозуванню пального вона забезпечує оптимальні характеристики роботи двигуна. Однак складність конструкції потребує відповідального підходу до діагностики та обслуговування.

**УДК 631.1**

## ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В КРАЇНАХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

**В. М. САВЧЕНКО**, к.т.н, доц.,
**В. Р. БІЛЕЦЬКИЙ**, к.т.н, доц.,
**Ю. С. МАЛИШЕВ,** здоб.,
**В. І. РОЗГОН,** здоб.,
**О. В. ШЕПЕЛЬ,** здоб.
***Поліський національний університет, м. Житомир***

Сільськогосподарська техніка відіграє ключову роль у забезпеченні ефективності аграрного виробництва. Її безперебійна робота залежить від якісного та своєчасного технічного сервісу. В країнах Європейського Союзу існує розгалужена система обслуговування, що базується на високих стандартах, інноваційних підходах та використанні цифрових технологій.

Сучасний технічний сервіс у ЄС орієнтований на забезпечення довговічності машин, мінімізацію витрат на ремонт і підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва. Це досягається завдяки комплексному підходу, що включає планове технічне обслуговування, використання систем телеметрії та автоматизацію сервісних процесів [1].

Розвиток технологій сприяє переходу до проактивного сервісу, коли несправності діагностуються ще до їх виникнення, а завдяки дистанційному моніторингу можна швидко реагувати на будь-які збої. Крім того, державне регулювання та директиви ЄС відіграють важливу роль у стандартизації сервісних послуг, що гарантує їх високу якість та екологічну безпеку.

Таким чином, досвід організації технічного сервісу в країнах Європейського Союзу може бути корисним для оптимізації аналогічних процесів в Україні, сприяючи підвищенню ефективності використання сільськогосподарської техніки та зниженню експлуатаційних витрат.

Технічний сервіс у країнах ЄС базується на концепції превентивного обслуговування, що спрямоване на мінімізацію простоїв техніки та збільшення її експлуатаційного ресурсу. Основні принципи включають:

- використання цифрових технологій для діагностики стану техніки;
- запровадження комплексних сервісних програм, що охоплюють весь життєвий цикл машини;
- високий рівень автоматизації процесів обслуговування;
- взаємодію виробників, дилерів та незалежних сервісних центрів для забезпечення якісного ремонту.

У ЄС застосовуються різні види технічного обслуговування:

Гарантійне обслуговування – виконується виробниками або авторизованими сервісними центрами відповідно до стандартів якості;

Післягарантійне обслуговування – передбачає підтримку працездатності техніки після закінчення гарантійного терміну;

Планове технічне обслуговування (ТО) – включає регулярні перевірки та профілактичні заходи згідно з регламентом;

Аварійне обслуговування – здійснюється у разі несправностей, що вимагають негайного втручання.

Для покращення якості сервісу в країнах ЄС активно впроваджуються цифрові технології, серед яких: автоматизовані системи управління технічним обслуговуванням (CMMS); використання хмарних платформ для збору та аналізу даних про стан техніки; дистанційний моніторинг та прогнозування можливих несправностей за допомогою IoT та телеметрії. Такий підхід дозволяє знизити експлуатаційні витрати, підвищити ефективність використання техніки та забезпечити високу якість сервісного обслуговування.

Технічний сервіс сільськогосподарської техніки у країнах ЄС ґрунтується на інноваціях, автоматизації та екологічній безпеці. Використання передових технологій дозволяє зменшити витрати на ремонт, покращити надійність техніки та сприяти сталому розвитку аграрного сектору. Досвід ЄС може бути корисним для адаптації сучасних сервісних підходів в Україні.

Основні моделі організації технічного сервісу в ЄС:

- децентралізована модель обслуговування (Німеччина, Франція, Нідерланди);
- централізована модель (Польща, Угорщина, Чехія);
- змішані моделі технічного обслуговування (Італія, Іспанія).

Децентралізована модель обслуговування сільськогосподарської техніки є важливим елементом ефективного аграрного виробництва. Вона базується на розподіленій системі сервісних центрів, дилерських мереж і незалежних майстерень, що забезпечують гнучкість і доступність технічного обслуговування. У країнах Європейського Союзу, зокрема в Німеччині, Франції та Нідерландах, ця модель є ключовою у підтримці працездатності сільськогосподарської техніки.

Німеччина має одну з найрозвиненіших систем технічного обслуговування сільськогосподарської техніки в Європі. Основні характеристики моделі:

- широка мережа дилерських центрів: кожен виробник техніки, такий як Fendt, Claas чи John Deere, має велику кількість регіональних дилерів;
- - сертифіковані незалежні сервісні підприємства: окрім офіційних дилерів, велику роль відіграють приватні сервісні центри, що обслуговують техніку різних виробників;
- високий рівень автоматизації та цифрових рішень: використання телеметрії для моніторингу стану техніки в режимі реального часу та швидкої діагностики несправностей.

Франція також має ефективну децентралізовану систему обслуговування сільськогосподарської техніки:

- агросервісні кооперативи: багато фермерів об'єднуються в кооперативи, що спрощує доступ до технічного обслуговування;
- державна підтримка сервісної інфраструктури: уряд сприяє створенню регіональних центрів технічного обслуговування;
- мережа мобільних сервісних підрозділів: для оперативного обслуговування техніки в полі широко використовуються мобільні бригади.

У Нідерландах система технічного сервісу орієнтована на високотехнологічні рішення:

- інноваційний підхід до сервісного обслуговування (багато компаній впроваджують автоматизовані діагностичні системи та онлайн-консультації);
- тісна співпраця між виробниками та сервісними центрами: дилерські мережі активно взаємодіють із фермерами для підвищення якості обслуговування;
- фокус на екологічність та енергоефективність: регламенти ЄС стимулюють використання екологічних технологій у сфері сервісу.

Децентралізована модель технічного обслуговування сільськогосподарської техніки, що функціонує в Німеччині, Франції та

Нідерландах, демонструє високу ефективність. Вона забезпечує доступність, швидкість реагування та адаптивність до потреб аграрного сектору. Подальший розвиток цієї моделі пов'язаний із впровадженням новітніх цифрових технологій, розширенням можливостей мобільного сервісу та посиленням співпраці між виробниками та сервісними структурами.

**Список використаних джерел**

Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. … д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

**УДК 631.173**

## ДОСВІД ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В США

**К. В. БОРАК,** д.т.н., проф.,
**О. А. ШЕВЧУК**, викл.,
**А. О. ФЕДОРЧУК** викл.
***Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир***
**А. Ю. ВАГНЕР**, здоб.,
**А. В. ДУБОВИЙ,** здоб.,
**В. М. ХОПЯК,** здоб.
***Поліський національний університет, м. Житомир***
*E-mail*: koss1983@meta.ua

Сполучені Штати Америки (США) є одним із світових лідерів у сільськогосподарському виробництві. Висока продуктивність аграрного сектору забезпечується не лише сучасною технікою, але й ефективною системою технічного сервісу машинно-тракторного парку (МТП). Досвід США у цій сфері є корисним для вдосконалення сервісного обслуговування в інших країнах, зокрема в Україні.

У США технічний сервіс сільськогосподарської техніки організований на основі:

- дилерських центрів великих виробників сільськогосподарської техніки;
- незалежних сервісних компаній;
- мобільних ремонтних бригад;
- аграрних кооперативів із власними сервісними підрозділами.

Кожен із цих компонентів забезпечує різні рівні сервісного обслуговування, що гарантує ефективність і оперативність ремонту.

Виробники техніки, такі як John Deere, Case IH, New Holland, мають розгалужену мережу дилерських центрів, що надають: гарантійне та

післягарантійне обслуговування; діагностику та ремонт техніки за допомогою спеціалізованого обладнання; доступ до оригінальних запчастин; навчання операторів і механіків. Такий підхід дозволяє підтримувати високий рівень технічної готовності машин.

Дилерські центри John Deere у США відіграють ключову роль у забезпеченні сільськогосподарських підприємств технікою, запчастинами та сервісним обслуговуванням. Їхня робота ґрунтується на комплексному підході, що включає продаж, технічне обслуговування, ремонт, консультації та підтримку клієнтів. Дилерські центри пропонують широкий вибір сільськогосподарської, будівельної та лісогосподарської техніки John Deere, включаючи трактори, комбайни, обприскувачі, сівалки тощо. В продаж завжди доступні як нові моделі, так і вживана техніка, що пройшла сервісний огляд. Дилерські центри надають також можливість придбання техніки через фінансові програми John Deere Financial (лізинг, кредитування).

Основні аспекти роботи дилерських центрів John Deere в США:

- гарантійне обслуговування техніки відповідно до стандартів John

- надають сервісні контракти на технічне обслуговування, що включають профілактичні роботи, діагностику та усунення несправностей;
- використання оригінальних запчастин John Deere для забезпечення максимальної продуктивності та довговічності техніки;
- використання системи дистанційної діагностики JDLink, що дозволяє дилерам віддалено аналізувати стан техніки та виявляти потенційні несправності до їх критичного прояву;
- високотехнологічні майстерні з сучасним обладнанням для ремонту двигунів, трансмісій, гідравлічних систем та електроніки;
- виїзні сервісні бригади, які можуть здійснювати ремонт безпосередньо в полі або на фермі клієнта.
- наявність складів з широким асортиментом запчастин для оперативного обслуговування клієнтів;
- можливість замовлення деталей через онлайн-систему John Deere Parts з доставкою в дилерський центр або безпосередньо до клієнта;
- програми обміну та відновлення деталей (наприклад, двигунів, коробок передач), що дозволяє зменшити витрати на ремонт;
- консультації з використання систем John Deere Precision Ag, таких як AutoTrac (автоматичне рульове управління), Operations Center (платформа для управління даними господарства), Section Control (контроль секцій для зменшення перекриттів);
- дистанційне оновлення програмного забезпечення та налаштування техніки через хмарні сервіси;
- проведення навчальних програм для фермерів щодо ефективного використання техніки та цифрових рішень;
- регулярні демонстраційні заходи та виставки, де клієнти можуть ознайомитися з новинками John Deere.

Дилерські центри John Deere у США працюють за принципом «повного циклу», надаючи не лише техніку, а й комплексне сервісне обслуговування, що включає діагностику, ремонт, поставку запчастин та цифрові рішення. Такий підхід допомагає фермерам підтримувати високу ефективність своєї техніки та оптимізувати виробничі процеси.

У США існує багато приватних компаній, що спеціалізуються на ремонті та обслуговуванні сільськогосподарської техніки. Їхні переваги: гнучкість у виборі методів ремонту; конкурентні ціни порівняно з офіційними дилерами; можливість працювати з технікою різних виробників. Недоліком є потенційно нижча якість обслуговування через використання неоригінальних запчастин.

З метою оперативного обслуговування широко використовуються мобільні ремонтні бригади. Їх основні функції: виїзд на місце поломки; проведення діагностики та ремонту на полі чи фермі; усунення незначних несправностей без транспортування техніки. Це значно скорочує час простою машин і мінімізує втрати аграрних підприємств.

США активно впроваджують цифрові технології в обслуговуванні техніки: дистанційна діагностика за допомогою телеметричних систем; автоматизовані системи моніторингу стану техніки; мобільні додатки для виклику сервісної бригади; використання штучного інтелекту для прогнозування несправностей. Це дозволяє значно підвищити ефективність сервісного обслуговування та зменшити витрати на ремонт.

У найближчому майбутньому технічний сервіс у США буде розвиватися у таких напрямках:

- впровадження технологій інтернету речей (IoT) у сервісне обслуговування;
- використання роботизованих систем для діагностики та ремонту;
- розвиток автономних мобільних сервісних станцій;
- поширення безпілотних технологій у сільському господарстві. Ці інновації сприятимуть підвищенню продуктивності та зниженню витрат на утримання техніки.

Досвід організації технічного сервісу сільськогосподарських машин у США демонструє високу ефективність завдяки комплексному підходу, використанню новітніх технологій та розвиненій мережі сервісних центрів. Впровадження подібних рішень в Україні може сприяти підвищенню ефективності аграрного сектору та зниженню експлуатаційних витрат на технічне обслуговування.

**УДК 631.431**

# АБРАЗИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА

**О. В. УМІНСЬКИЙ,** аспірант
***Поліський національний університет, м. Житомир***

Сучасне сільське господарство та машинобудування стикаються з проблемою підвищеної абразивності ґрунтового середовища, що негативно впливає на ресурс робочих органів ґрунтообробних та землерийних машин. Абразивні властивості ґрунтів визначають їх здатність руйнувати поверхню металевих деталей, що призводить до зношування, погіршення ефективності роботи техніки та збільшення витрат на ремонт і обслуговування обладнання. У зв'язку з цим актуальним є вивчення механізмів абразивного зношування, характеристик абразивних частинок ґрунту та впливу цих параметрів на експлуатаційні характеристики машин. Проведені попередні дослідження [1, 2, 3, 4, 5] мають важливе значення у розумінні даної проблематики, оскільки комплексно аналізують абразивні властивості ґрунтового середовища, їх взаємозв'язок із механічними характеристиками ґрунтів і вплив факторів самоорганізації ґрунтової маси на інтенсивність зношування робочих органів.

Абразивне зношування є одним із найпоширеніших видів зношування деталей машин. За даними літератури [2], втрати, пов'язані з абразивним зношуванням, можуть складати до 1–4 % ВВП розвинених країн, що підкреслює важливість пошуку ефективних методів прогнозування та зменшення цього явища. З огляду на особливості ґрунтового середовища, де основну роль відіграють тверді мінеральні частинки (зокрема кварц та інші абразивні елементи), необхідно враховувати не лише розмірну характеристику абразиву, а й його форму. Дослідження [1, 2] спрямовані на встановлення залежності інтенсивності зношування робочих органів від коефіцієнта форми абразивних частинок ґрунту, що дозволяє розробити методику оцінки абразивних властивостей ґрунтового середовища та прогнозувати їх зміну при експлуатації сільськогосподарської техніки.

Абразивні властивості ґрунтів визначаються сукупністю характеристик, до яких належать:

*Механічний склад ґрунту.* Частки кварцу, слюди та інших мінералів, що мають високу твердість, відіграють вирішальну роль у процесі абразивного зношування.

*Гранулометричний розподіл.* Розмір частинок впливає на інтенсивність зношування: дрібні частки можуть створювати більш рівномірне навантаження, тоді як крупні фракції спричиняють нерівномірне руйнування робочої поверхні.

*Коефіцієнт форми частинок* ($К_ф$). За даними представленими в роботі [2], визначення цього показника дозволяє кількісно оцінити вплив геометрії абразиву на механізми зношування. За встановленими експериментальними даними, зменшення коефіцієнта форми (що свідчить про округлення частинок)

може знижувати інтенсивність зношування, проте не завжди спостерігається пряма залежність через складність самоорганізації ґрунтового середовища. Автор [2] пропонує математичні моделі, що враховують параметри розміру та форми абразивних частинок. Наприклад, одним із критеріїв є співвідношення між кількістю вершин, їхніми радіусами та різницею діаметрів описаних кіл, що дозволяє отримати величину коефіцієнта форми, за якою можна прогнозувати зношувальну здатність. Отже, експериментальні дані свідчать про те, що збільшення коефіцієнта форми спричиняє зростання інтенсивності зношування робочих органів, що підтверджується графічними залежностями, отриманими в дослідженнях. Дослідження показали, що коефіцієнт форми абразивних частинок ґрунтів України коливається в широких межах (від приблизно 79 до 487,65) залежно від типу ґрунту, розміру фракції та глибини відбору проб.

Отримані результати дослідження мають як наукове, так і практичне значення. По-перше, встановлення залежності абразивної здатності ґрунтового середовища від геометричних параметрів абразиву дозволяє розробити критерії оцінки зношувальних процесів на основі даних мікроскопічного аналізу. По-друге, з урахуванням попередніх досліджень можна впровадити заходи з оптимізації режимів роботи ґрунтообробних та землерийних машин, що сприятиме зменшенню витрат на експлуатацію та підвищенню їх довговічності.

В перспективі доцільно розширити дослідження, включивши аналіз впливу додаткових факторів (вологості, температурного режиму, впливу агрохімічних засобів) на абразивні властивості ґрунтів. Також необхідно розробити комп’ютерні моделі, які дозволять прогнозувати зміни характеристик абразиву в процесі експлуатації, що сприятиме впровадженню адаптивних технологій в агропромисловому комплексі.

Проведене дослідження абразивних властивостей ґрунтів дозволяє зробити наступні висновки:

- Абразивність ґрунту визначається не лише механічним складом, але й геометричними характеристиками абразивних частинок, зокрема їх коефіцієнтом форми, що має прямий зв’язок із інтенсивністю зношування.

- Попередні дослідження демонструють, що зміна форми абразивних частинок в орному шарі ґрунту відбувається під впливом експлуатаційних навантажень, що впливає на зношування робочих органів машин.

- Відбір проб ґрунту з різних глибин показав, що найбільш виражені процеси зношування відбуваються у верхніх шарах, де відбувається інтенсивна взаємодія між абразивними частинками та поверхнею робочих органів.

- Результати дослідження є базою для подальшого розроблення заходів з підвищення довговічності ґрунтообробних та землерийних машин, зокрема через оптимізацію режимів роботи, підбір більш зносостійких матеріалів для робочих органів та застосування технологій, що дозволяють мінімізувати інтенсивність абразивного зношування.

Отже, інтеграція наукових підходів до аналізу абразивних властивостей ґрунту з урахуванням відомих робіт сприятиме вдосконаленню методик

прогнозування зношування та підвищенню ефективності експлуатації сільськогосподарської техніки. Подальші дослідження в цьому напрямку мають велике значення для розробки сучасних технологій, що враховують як фізико-механічні, так і геометричні властивості ґрунтового абразиву.

**Список використаних джерел**

1. Борак К. В. Прогнозування зміни абразивних властивостей ґрунтів для забезпечення надійної експлуатації робочих органів. *Технічні науки та технології*, 2021. (1(19), 053–064. https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1(19)-

2. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. … д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

3. Аулін В. В., Тихий А. А. Модель взаємодії дисперсного середовища ґрунту з поверхнею робочих органів ґрунтообробних та землерийних машин. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2014. Вип. 27. С. 140–149.

4. DvorukV. I., Borak K. V. Research of the degree of fixation of *Міжнародний науковий журнал "Проблеми трибології"*. Хмельницький, 2019. No 1. С. 67–72.

5. Борак К. В., Руднік Д.І. Абразивні властивості середовища ґрунту. Матеріали X *Міжнародної науково-практичної конференції «Крамаровські читання»*. Київ : НУБІП України. С. 18-21.

**УДК 631.3**

## ФІРМОВИЙ ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ В УКРАЇНІ

**С. В. МІНЕНКО**, к.т.н, доц.,
**В. В. ШУЛЯКІВСЬКИЙ,** здоб.,
***Поліський національний університет, м. Житомир***
**Д. В. ГЕРАСИМЧУК**, викл.,
***Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир***
*E-mail:* dgs-ua1@ukr.net

Автотракторна техніка є однією з основних складових агропромислового комплексу України. Надійність та довговічність цієї техніки безпосередньо впливають на ефективність виробництва сільськогосподарської продукції. Фірмовий технічний сервіс, який надається офіційними сервісними центрами виробників, забезпечує високий рівень гарантійного та післягарантійного обслуговування, використання оригінальних запчастин, сучасне діагностичне

обладнання та висококваліфікований персонал. Завдяки цьому підвищується експлуатаційна надійність техніки, знижується ризик простоїв і збільшується термін служби машин.

Фірмовий технічний сервіс – це комплекс заходів, спрямованих на забезпечення якісного технічного обслуговування, ремонту, діагностики та модернізації автотракторної техніки відповідно до стандартів виробника. Основними елементами такого сервісу є:

- використання оригінальних комплектуючих і запчастин. (Забезпечення сумісності і відповідності технічним вимогам, що дозволяє уникнути небажаних відхилень у роботі машини);
- сертифікований персонал. (Спеціалісти проходять регулярне навчання та атестацію, що дозволяє оперативно і якісно вирішувати найскладніші технічні завдання);
- сучасне діагностичне обладнання. (Використання систем прогнозної діагностики, цифрових платформ та IoT-технологій для моніторингу стану техніки).

Таке сервісне обслуговування реалізовується як на стаціонарних сервісних центрах, так і за допомогою мобільних бригад, що дозволяє оперативно реагувати на несправності в польових умовах.

За останні роки в Україні спостерігається активне впровадження фірмового сервісу автотракторної техніки. Багато компаній, зокрема офіційні дилери та виробники, створюють розгалужену мережу сервісних центрів у великих містах та регіонах.

Дослідження, проведене в рамках аналізу сучасного стану технічного сервісу автотракторної техніки [1], свідчить про те, що фірмовий сервіс, організований заводом-виробником через спеціалізовані центри, є запорукою високої якості ремонту і обслуговування. Успішна інтеграція таких сервісних мереж сприяє не лише збільшенню продуктивності техніки, але й оптимізації витрат на експлуатацію та ремонт.

Одним із ключових факторів успішного фірмового сервісу є ефективна організація сервісної мережі [2]. Сучасні компанії розвивають мережу авторизованих сервісних центрів, які забезпечують

Регіональне покриття: Центри розташовані як у великих містах, так і в регіонах, що дозволяє оперативно надавати послуги по всій території України.

Мобільні сервісні бригади: Наявність спеціально обладнаних автопарків дозволяє проводити ремонтні роботи безпосередньо на місці експлуатації техніки, що є особливо важливим для віддалених аграрних регіонів.

Незважаючи на позитивні тенденції, існують певні виклики, які впливають на ефективність фірмового технічного сервісу:

а) Застарілість парку техніки: Значна частина автотракторної техніки має високий строк експлуатації, що призводить до підвищеної частоти поломок і необхідності більш інтенсивного технічного обслуговування.

б) Нестача сучасної сервісної інфраструктури в сільських регіонах: Багато аграрних підприємств знаходяться в регіонах, де немає достатньої кількості сервісних центрів, що ускладнює оперативне обслуговування.

в) Проблеми з матеріально-технічним забезпеченням: Наявність неякісних або сумнівних запасних частин може призводити до погіршення технічного стану техніки навіть при виконанні ремонту за участі кваліфікованих спеціалістів.

г) Інформаційна нерозвиненість: Відсутність інтегрованих інформаційних систем, які б дозволяли ефективно контролювати стан техніки та планувати ремонтні роботи, також є серйозним викликом.

Фірмовий технічний сервіс автотракторної техніки в Україні відіграє ключову роль у забезпеченні стабільної роботи агропромислового сектора. Сучасний сервіс, який базується на використанні оригінальних запчастин, висококваліфікованому персоналі та сучасних технологіях, дозволяє значно зменшити ризик простоїв, продовжити термін експлуатації техніки та підвищити продуктивність виробництва.

Попри існуючі виклики, такі як застарілість парку техніки, недостатня мережа сервісних центрів у регіонах та проблеми з матеріально-технічним забезпеченням, перспективи розвитку фірмового сервісу є дуже оптимістичними. Інтеграція цифрових технологій, модернізація інфраструктури та підвищення кваліфікації спеціалістів створять умови для подальшої трансформації технічного сервісу, що відповідає світовим стандартам.

Застосування комплексного підходу до організації сервісного обслуговування дозволить не лише покращити якість ремонту та обслуговування автотракторної техніки, а й сприятиме загальному розвитку аграрного виробництва в Україні.

## Список використаних джерел

івіцький О.М. Вдосконалення технічного сервісу автотракторної техніки в умовах агропромислового виробництва. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки, 2021, вип. 4(35). С. 189-197.

орак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. … д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

**УДК 631.1**

# ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В КИТАЇ

**С. В. МІНЕНКО**, к.т.н, доц.,
**Б. О. СУХАНЮК,** здоб.,
**Д. Я. СУММА,** здоб.,
**М. О. ШИКЕРА,** здоб.,
**Н. В. БУГАЄНКО,** здоб.
***Поліський національний університет, м. Житомир***

Технічний сервіс сільськогосподарської техніки є важливим аспектом ефективного функціонування аграрного сектора. У Китаї, зважаючи на високий рівень механізації сільського господарства, питання організації технічного сервісу набуває особливої актуальності. Китай має одну з найбільш розвинутих систем технічного обслуговування сільськогосподарської техніки, що включає державні, приватні та кооперативні форми обслуговування.

Організація технічного сервісу сільськогосподарської техніки в Китаї є багатогранною та включає різні форми обслуговування, спрямовані на забезпечення ефективної роботи аграрного сектору. Нижче наведено основні форми організації технічного сервісу в Китаї:

а) Державні сервісні центри. (Уряд Китаю активно підтримує створення та функціонування сервісних центрів, які забезпечують технічне обслуговування та ремонт сільськогосподарської техніки. Ці центри часто фінансуються державою та надають послуги фермерам за пільговими умовами. Точна кількість державних сервісних центрів у Китаї не є публічно доступною інформацією. Проте відомо, що вони розташовані по всій країні, зосереджуючись у сільськогосподарських регіонах, де потреба в технічному обслуговуванні є найбільшою. Це забезпечує доступність послуг для фермерів навіть у віддалених районах. Таким чином, державні сервісні центри є важливим елементом інфраструктури сільського господарства Китаю, сприяючи підвищенню ефективності та стійкості аграрного сектору.).

б) Приватні сервісні підприємства. (З розвитком ринкової економіки в Китаї з'явилася велика кількість приватних компаній, що спеціалізуються на технічному обслуговуванні сільськогосподарської техніки. Вони пропонують широкий спектр послуг, включаючи діагностику, ремонт та постачання запчастин).

в) Кооперативні об'єднання. (Фермери об'єднуються в кооперативи для спільного використання ресурсів та забезпечення технічного обслуговування своєї техніки. Такі об'єднання дозволяють знижувати витрати на сервіс та підвищувати ефективність використання техніки).

г) Сервісні підрозділи виробників техніки. (Багато виробників сільськогосподарської техніки створюють власні сервісні мережі або авторизують незалежні центри для забезпечення якісного обслуговування своєї продукції. Це гарантує використання оригінальних запчастин та високий рівень сервісу).

д) Мобільні сервісні бригади. (Для обслуговування техніки безпосередньо на місцях експлуатації створюються мобільні бригади, оснащені необхідним обладнанням для проведення діагностики та ремонту в польових умовах. Це особливо актуально для віддалених регіонів).

е) Навчальні центри та підготовка кадрів: Для забезпечення високої якості сервісу створюються навчальні центри, які готують кваліфікованих спеціалістів з обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки. Це сприяє підвищенню професійного рівня персоналу та якості наданих послуг.

Кожна з цих форм організації технічного сервісу має свої переваги та особливості, що дозволяє забезпечити комплексний підхід до обслуговування сільськогосподарської техніки в Китаї та підтримувати високий рівень її експлуатаційної готовності.

Організація технічного сервісу сільськогосподарської техніки в Китаї є розвиненою і динамічною сферою, що поєднує державну підтримку, приватний бізнес та кооперативні форми обслуговування. Використання сучасних технологій та автоматизації є ключовими факторами підвищення ефективності технічного обслуговування. Незважаючи на наявні виклики, китайська модель сервісного обслуговування може частково стати прикладом для інших країн.

**УДК 621.879.3**

## ОСОБЛИВОСТІ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ШАРНІРІВ СТРІЛИ ЕКСКАВАТОРА

**С. Д. СИДОРЧУК-ШМІДТ,** аспірант
***Поліський національний університет, м. Житомир***

Сучасні будівельні роботи неможливі без використання важкої техніки, серед якої особливе місце займають екскаватори. Однією з ключових складових конструкції екскаватора є стріла, що забезпечує виконання широкого спектру робіт у важкодоступних зонах. Шарніри, що з’єднують елементи стріли, зазнають інтенсивного зношування під впливом різних навантажень, що обумовлює необхідність їх регулярного моніторингу та модернізації. Дослідження цієї проблематики має велике значення для підвищення надійності та безпеки експлуатації машин, а також для зниження експлуатаційних витрат.

Як зазначено в роботі [1], конструктивні особливості та експлуатаційні умови впливають на процес зношування основних вузлів важких машин.

Аналіз опублікованих робіт з питань зношування шарнірних вузлів дозволяє виділити кілька основних напрямків досліджень:

- Конструктивні особливості шарнірів (Ряд досліджень присвячено вивченню впливу геометрії деталей, вибору матеріалів та застосуванню захисних покриттів на довговічність вузлів).
- Механізми зношування. (У літературі широко описані механізми абразивного, адгезійного та корозійного зношування, що впливають на деталі шарнірів. Праці дослідників дозволяють окреслити умови, за яких відбувається інтенсивне стирання контактних поверхонь).
- Методи діагностики і моніторингу. (Сучасні дослідження спрямовані на впровадження неінвазивних методів контролю стану шарнірних деталей: ультразвукова діагностика, вібромоніторинг, термографія та аналіз мастильних матеріалів дозволяють оперативно виявляти перші ознаки зносу.
- Чисельне моделювання. (Використання методу кінцевих елементів (МКЕ) дозволяє розрахувати розподіл напружень у деталях шарнірів та прогнозувати їх залишковий термін служби).

Таким чином, сучасні публікації свідчать про необхідність комплексного підходу до аналізу зношення деталей шарнірів для розробки ефективних заходів профілактики та ремонту.

Процеси зношування деталей шарнірів стріли екскаватора є багатофакторними й залежать від специфіки експлуатації. До основних механізмів зношування належать: абразивне зношування, адгезійне зношування,
корозійне зношування

Абразивне зношування виникає через контакт деталей шарнірів із твердими частинками, що містяться у робочому середовищі. При русі екскаватора дрібні частинки піску, пилу та ґрунту проникають між контактними поверхнями, викликаючи мікроскладки і стирання металу. Особливу увагу слід приділяти контактним зонам, де навіть незначна нерівність поверхні може спричинити локальне підвищення тертя та інтенсивне зношення деталей, таких як втулки і шайби.

Адгезійне зношування пов’язане із виникненням міцних зчеплень між металевими деталями під впливом високих навантажень і температур. При тривалому контакті металів частинки матеріалу можуть "перекочуватися" з однієї деталі на іншу, що призводить до утворення нерівностей на поверхнях. Цей процес характерний для контактів між шпинделями та кріпильними елементами, коли відсутність достатньої мастильної плівки спричиняє прямий контакт металу з металом.

Корозійні процеси виникають у деталях шарнірів під впливом агресивних середовищ, таких як вода, волога, солі та інші хімічно активні речовини. Окислення металевих поверхонь, зокрема в місцях стику деталей, призводить

до утворення оксидних шарів, що змінюють механічні властивості матеріалу. Корозійне зношування є особливо актуальним для деталей, що не мають ефективного захисного покриття або піддаються впливу несприятливих погодних умов.

На основі аналізу експлуатаційних умов та досвіду застосування сучасних технологій було запропоновано низку заходів, спрямованих на зниження інтенсивності зношення окремих деталей шарнірів:

а) Оптимізація режимів роботи. Впровадження режимів роботи з менш інтенсивними піковими навантаженнями дозволяє зменшити вплив циклічних коливань на деталі шарнірів. Системи автоматичного контролю та моніторингу допомагають визначити оптимальні параметри роботи, що мінімізують механічні та термічні навантаження.

б) Використання сучасних мастильних матеріалів. Забезпечення належного стану мастильних систем є критичним для зменшення тертя між контактними деталями. Високоякісні мастила та системи автоматичного змащення забезпечують рівномірне розподілення мастильної плівки, що знижує ризик адгезійного та абразивного зношення.

в) Нанесення антикорозійних покриттів. Використання захисних покриттів на деталях шарнірів дозволяє зменшити вплив агресивних середовищ, що сприяють корозійному зношуванню. Інноваційні технології нанесення тонких захисних шарів забезпечують додатковий бар’єр між металевими поверхнями та агресивними речовинами.

г) Покращення технологій обробки поверхонь. Використання сучасних методів обробки дозволяє досягти високої гладкості контактних зон, що сприяє зниженню концентрації напружень і рівномірному розподілу навантаження. Це позитивно впливає на загальну довговічність деталей шарнірів.

д) Інтегровані системи моніторингу. Впровадження систем реального часу для контролю стану шарнірних вузлів дозволяє оперативно реагувати на перші ознаки зношення, що запобігає аварійним ситуаціям і знижує витрати на ремонт.

е) Чисельне моделювання для прогнозування зношення. Застосування методів кінцевих елементів дозволяє проводити детальний аналіз розподілу напружень і виявляти критичні зони, де зношення може відбуватися інтенсивніше. Це дає можливість планувати профілактичне обслуговування і своєчасно проводити модернізацію конструкції.

Ефективне управління зношенням окремих деталей шарнірів стріли екскаватора має велике практичне значення. Своєчасне виявлення дефектів, прогнозування залишкового терміну служби та оптимізація режимів роботи дозволяють знизити витрати на ремонт і профілактичне обслуговування. Інтеграція сучасних діагностичних систем сприяє підвищенню безпеки експлуатації машин і зменшенню ризиків аварійних ситуацій. Практичні результати досліджень можуть стати основою для розробки нових стандартів технічного обслуговування важкої техніки, що особливо актуально в умовах підвищених вимог до надійності та ефективності роботи.

Проведений аналіз особливостей зношення деталей шарнірів стріли екскаватора демонструє багатофакторність процесу деградації вузлових елементів. Основні механізми зношування – абразивне, адгезійне та корозійне – взаємодіють під впливом механічних, термічних та хімічних факторів, що створює додаткові вимоги до якості матеріалів і технологій виготовлення деталей. Вибір високоякісних матеріалів, застосування захисних покриттів, оптимізація геометрії контактних зон і впровадження сучасних методів діагностики дозволяють значно підвищити довговічність шарнірних деталей.

Систематичний підхід до моніторингу стану шарнірів, який включає використання ультразвукового контролю, вібромоніторингу, термографії та чисельного моделювання, забезпечує своєчасне виявлення первинних ознак зношення. Це дозволяє оптимізувати графіки технічного обслуговування і знизити ризик аварійних ситуацій під час експлуатації екскаваторів.

Подальші дослідження в напрямку аналізу зношення окремих деталей шарнірів сприятимуть розробці інноваційних методів діагностики і прогнозування, що в кінцевому підсумку забезпечить підвищення надійності важкої техніки. Практична реалізація запропонованих заходів дозволить зменшити експлуатаційні витрати, підвищити безпеку робіт і продовжити термін служби критичних вузлів машини.

**Список використаних джерел**

1. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. … д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

**УДК 631.363-049.32**

## ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ ЗМІШУВАЧІВ-КОРМОРОЗДАВАЧІВ В ГАРАНТІЙНИЙ ПЕРІОД ЕКСПЛУАТАЦІЇ

**А. В. НОВИЦЬКИЙ,** к.т.н., доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Останні десятиріччя характеризуються цілим рядом досліджень в напрямку точного тваринництва, яке інтенсивно розвивається в країнах Європи, Америки та Азії з моменту його формування в 2003 році [1]. Нові наукові підходи, які реалізовуються в тваринницькій галузі використовують останні досягнення промисловості 4.0 та IoT технологій, охоплюють економічні, технологічні, логістичні та соціальні аспекти [2].

Різноманітність видів рогатої худоби, відмінності у поголів'ї та умовах їх утримання вимагають від конструкторів та розробників сільськогосподарської

техніки виробництва ефективних, високопродуктивних і надійних засобів для приготування і роздавання кормів [3]. Автори багатьох наукових робіт відмічають, що для успішного та сталого розвитку галузі необхідне вивчення та впровадження сучасних технологій годівлі, розробка високонадійних та удосконалення існуючих машин та обладнання для тваринництва [6, 7] та кормо виробництва [4, 5]. Саме від ефективності технологічного процесу годівлі багато в чому залежать обсяги та якість продукції тваринництва [1, 3].

В процесі експлуатації змішувачів-кормороздавачів необхідне забезпечення високого рівня показників надійності [4, 8]. Відмова будь-якої підсистеми змішувачів-кормороздавачів призводить до порушення всього комплексу технологічних операцій годівлі. Це може стати причиною зниження рівня працездатності засобів для приготування і роздавання кормів як у гарантійний період, так і протягом усього терміну служби [9]. Найбільш відповідальним на погляд багатьох вчених [10], є початковий період використання змішувачів-кормороздавачів. Саме порушення умов та режимів експлуатації, недостатній рівень технічного обслуговування засобів у гарантійний період може призвести до виникнення передчасних відмов.

Метою цього дослідження є виявлення конструктивних, виробничих та експлуатаційних відмов, причин їх виникнення та часу на їх усунення для агрегатів засобів для приготування і роздавання кормів у період гарантійного обслуговування.

Особливе місце серед сучасних засобів для приготування і роздавання кормів займають змішувачі-кормороздавачі від відомих машинобудівних підприємств Європи та США: KUHN (Франція); Siloking та Strautmann (Німеччина); Delaval (Швеція); Trioliet (Нідерланди); Roto-mix (США); Seko (Італія); та інші. Заводи сільськогосподарського машинобудування KUHN (Франція) виготовляють причіпні та самохідні змішувачі-кормороздавачі. Причіпні змішувачі-кормороздавачі забезпечують подрібнення, змішування, транспортування, дозування та роздавання кормових сумішей.

З кожним роком на тваринницьких фермах України зростає кількість змішувачів-кормороздавачів торгівельної марки PROFILE 12.2 DS та PROFILE 14.2 DS (KUHN, Франція). Але поряд з цим зростає необхідність оцінки показників ремонтопридатності засобів, особливо в гарантійний період. Ця проблема розглянута в окремих наукових роботах [9, 10], але вони недостатньо відображують значення кількісних показників ремонтопридатності змішувачів-кормороздавачів PROFILE саме для гарантійного періоду експлуатації. Реалізацію цих наукових підходів частково відображено в статтях, в яких отримані значення показників безвідмовності [4, 10] та ремонтопридатності [11] в умовах експлуатації, представлено їх використання в аналітичних способах дослідження та забезпечення надійності [8, 9].

Запропоновані в статтях науково-методичні підходи мають всі підстави бути використаними для визначення ремонтопридатності змішувачів-кормороздавачів, оцінки та забезпечення показників їх надійності.

За результатами проведених досліджень встановлена ремонтопридатність 25 змішувачів-кормороздавачів PROFILE 12.2 DS та PROFILE 14.2 DS в період експлуатації. Отриманий масив даних часу відновлення працездатності змішувачів-кормороздавачів характеризується наступними значеннями [11]:

Переважна кількість відмов змішувачів-кормороздавачів в гарантійний період використання відноситься до першої та другої групи складності [11]. До третьої групи складності відносяться відмови, які пов'язані із заміною шнеків з ножами. Найбільшою ймовірністю подій, а це 0,36 та 0,24, характеризуються другий та п'ятий інтервали, яким відповідає час на усунення відмов був зафіксований в межах 10,8 – 19,6 год. Отриманий інтервал часу відповідає роботам, які полягають у заміні шнеку з ножами або ж ножів механізму подрібнення-змішування PROFILE 12.2 DS та PROFILE 14.2 DS термін служби яких досяг 3 років. Час на усунення відмов в межах 37,2 – 46,0 год. характерний для змішувачів-кормороздавачів, які обслуговуються в період гарантійного обслуговування і не перевищують 3 років. При цьому катастрофічних та граничних відмов за період спостережень не виявлено.

В подальших наукових роботах плануються дослідження змішувачів-кормороздавачів за наступними напрямами: оптимізація стратегій технічного обслуговування і ремонтування; оптимальне використання резервування для забезпечення надійності; вивчення впливу людського фактору на показники безвідмовності та ремонтопридатності об'єктів; оцінка фактичних показників збереженості та вивчення їх впливу на надійність машин та обладнання.

**Список використаних джерел**


orrone, S., Dimauro, C., Gambella, F., & Cappai, M.G. (2022). Industry 4.0 and precision livestock farming (PLF): An up to date overview across animal productions. *Sensors*, 22(12), article number 4319. doi: 10.3390/s22124319.

orton, T., Chen, C., Larsen, M.L.V., & Berckmans, D. (2019). Review: Precision livestock farming: building "digital representations" to bring the animals closer to the

oallem, U., & Lifshitz, L. (2020). Accuracy and homogeneity of total mixed rations processed through trailer mixer or self-propelled mixer, and effects on the yields of high-yielding dairy cows. December 2020. *Animal Feed Science and Technology,*

human-machine system under reduced efficiency of its generalized work. Machinery

& Energetics . Journal of Production Research. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 3. P. 165–174.

oveikin, V., Khmelovskyi, V., Lukach, V., & Achkevych, V. (2022). Improving efficiency of mobile combined feed mixer. In Engineering for rural development (pp. 853-859). Jelgava, Latvia. doi:10.22616/ERDev.2022.21.TF263

evenko Ivan, Khmelovskyi Vasyl, Revenko Yulii, Rebenko Victor, Potapova Svitlana (2023). Justification of parameters affecting increase of hammer crusher productivity. Engineering for rural development. pp. 714-720. Jelgava. Latvia. d

HYPERLINK "https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Vasyl-Khmelovskyi-2

1

5

uzhylo, Z., Novitskii, A., Milko, D., Bulgakov, V., Beloev, I., & Rucins, A. (2022). Mathematical model for reliability assessment of device for preparation and distribution of animal feed as “Man-Machine”. In *Engineering for rural development* (pp. 911-917). Jelgava, Latvia.

ovitskiy A. V., Banniy O. M. (2011). Analiz nadiynosti zasobiv dlya prigotuvannya i rozdavannya kormiv metodoi dereva vidmov. Motrol. Motoryzacja i energetyka

HYPERLINK "https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Roman-Vasylenko-

ovitskiy, A., Banniy, O., Novitskyi, Yu., & Antal, M. (2023). A study of mixer-feeder equipment operational reliability. Machinery & Energetics, 14(4), 101-110.

HYPERLINK "https://doi.org/10.31548/machinery/4.2023.101"

h

ovitskiy, A., Banniy, O., Novitskyi, Yu., Kharkovskyi, I., & Antal, M. (2024). Examination of maintainability indicators of feed preparation and distribution products. Machinery & Energetics, 15(4), pp. 47-57.

HYPERLINK "https://doi.org/10.31548/machinery/4.2024.47"

h

t

t

p

s

:

/

/

d

o

i

.

o

r

g

/

1

0

**УДК 629.331**

# ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ФІЛЬТРІВ ДВЗ МЕЗ

**НОВИЦЬКИЙ Ю. А.**, аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail*: novickii_yurka@ukr.net

Світовий і вітчизняний досвід свідчить, що система технічного обслуговування і ремонту машин та обладнання стає найбільш перспективним бізнесом на ринку сільськогосподарської техніки [1, 2]. Це пов'язано не лише з оновленням і зростанням парку машин та обладнання, але також зі світовими тенденціями стрімкого зростання споживання сервісних послуг. Як показує аналіз, сервіс послуг технічного обслуговування і ремонту включає [1]: оцінку загального технічного стану машин; дотримання вимог періодичності заміни фільтрів та елементів фільтрації; дотримання вимог періодичності заміни технічних рідин; підвищення вимог до професійності персоналу.

Для реалізації напрямку дотримання вимог до періодичності заміни елементів фільтрації розглянемо повітряні фільтри двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) [3], які призначені для ефективного видалення забруднень, з метою захисту силового агрегату протягом усього терміну його служби. Конструкція та функціонування повітряних фільтрів ДВЗ повинні реалізувати наступні вимоги [3]: забезпечувати довговічність складових; реалізувати максимальний рівень фільтрації; керувати повітряним потоком; запобігати потраплянню води та снігу; обмежувати тиск або зменшення напору повітря; відповідати вимогам до обслуговування; забезпечувати загальні стандарти до шуму, вібрації та температури повітряного потоку; відповідати конкурентним ціновим вимогам; враховувати якісний дизайн фільтра та упаковки [3-5].

Зразки фільтрів, які розглянуті в цьому дослідженні, були зібрані з автомобілів та транспортно-технологічних машин, які експлуатуються та обслуговуються в Україні. Тестування проводилися в лабораторії моніторингу технічного стану деталей на кафедрі надійності техніки.

Двигуни внутрішнього згоряння потребують подачі чистого, сухого і прохолодного повітря. Неочищене повітря може швидко зношувати деталі, оскільки за короткий проміжок часу ДВЗ може втратити компресію та потужність, сприяти підвищенню рівня димності. Випробування, які були проведені найбільшими виробниками дизельних ДВЗ показали, що лише понад допустима кількість бруду, який проходить через систему фільтрації може призвести за дуже короткий час до зносу деталей двигуна [3].

Автори статті [4] зазначають, що на дорогах з твердим покриттям вміст пилевих забруднень в повітрі в середньому становить 1 мг/м$^3$, але на ґрунтових дорогах вміст пилу може досягати 40 мг/м$^3$. Це означає, що в залежності від дорожніх умов та умов експлуатації, ДВЗ через елементи фільтрації може

пропустити до своїх систем близько 50 г пилу на 1000 км [5]. При цьому, розмір частинок пилу змінюється від 0,01 мм до 2 мм. Середня ефективність функціонування повітряних фільтрів для легкових автомобілів становить 99,8%, а для вантажних автомобілів – 99,95.

Автори багатьох наукових досліджень зазначають, що повітряний фільтр двигуна утворює пилеву плівку, отвори у фільтрувальному матеріалі стають меншими, а фільтр стає більш ефективним у затриманні бруду. За умови, коли фільтр затримує бруд, інтенсивність проходження повітря через фільтрувальний елемент зменшується, а в системі впуску повітря опір зростає [6]. Періодичність проведення технічного обслуговування повітряного фільтра ДВЗ впливає як на якість фільтрації, так і на загальну продуктивність та ефективність використання МЕЗ. Повітряні фільтри ДВЗ, які мають надмірну забрудненість можуть значно погіршити загальну продуктивність двигуна. Разом з тим, практичними дослідженнями встановлено, що ефективність фільтрації повітряного фільтра покращується зі збільшенням на якомусь рівні ступеня забруднення. Обслуговування повітряних фільтрів при рекомендованому рівні забруднення, дозволяє досягти найвищої ефективності, забезпечуючи тим самим максимальний захист ДВЗ. Занадто часте обслуговування повітряного фільтра, особливо протягом перших 30 % від терміну служби, може значно збільшити знос деталей [7].

Основним критерієм заміни повітряного фільтра ДВЗ є стан повітряного потоку. Передчасна заміна повітряного фільтра може призвести до збільшення зносу деталей ДВЗ і скорочення термін його служби.

**Список використаних джерел**

1. Новицький А. В. Моніторинг тенденцій розвитку системи технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2014. № 2. С. 41–48. http://nbuv.gov.ua/UJRN/tcalk_2014_2_9.

2. Василенко М. О., Шаповал Л. І. (2020). Метод визначення технічного ресурсу мобільної сільськогосподарської техніки та призначення термінів ремонтно-обслуговувальних робіт. Випуск №12 (111). С. 156–165. DOI: https://doi.org/10.37204/0131-2189-2020-12-18.

3. Novitskyi, Yu. (2024). Ensuring the reliability of filtration systems for transport and processing machines by redundancy. Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 20(4), pp. 85-95. https://doi.org/10.31548/dopovidi/3.2024.85.

4. Gailis, M., Pīrs, V. Research on Influence of the Engine Air Filter Replacement Periodicity. In: *10th International Scientific Conference "Engineering for Rural Development": Proceedings*, Latvia, Jelgava, 26-27 May, 2011. Jelgava: Latvia University of Agriculture, 2011, pp.173-178.

5. Dagel John F., Brady Robert N. Diesel engine and fuel system repair. Fifth edition. London: Prentice Hall, 2002, 832 p.

6. Neville J. Bugli, Gregory S. Green, Performance and Benefits of Zero Maintenance Air Induction Systems. Detroit: SAE, 2005, 16 p.

**УДК 34.65.6П4.5**

## ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ

**С. М. ГЕРУК** к.т.н., доц., с.н.с.
***Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м.Житомир***
*E-mail:* mega_sgeruk@ukr.net

Сучасні технологічні методи поверхневого зміцнення відкривають необмежені можливості для ство рення захисних структур трибологічного призначення, які забезпечують працездатність вузлів тертя у найрізноманітніших умовах експлуатації [1].

Формування зносостійких структур на робочих поверхнях деталей вузлів тертя машин і механізмів дозволяє суттєво підвищити їх надійність і довговічність, продуктивність праці, зменшити витрати чорних та кольорових металів і як результат — заощадити величезні матеріальні, енергетичні і трудові ресурси.

Для забезпечення працездатності деталей вузлів тертя, на робочих поверхнях яких відбуваються процеси зношування, використовують різноманітні методи поверхневого зміцнення і відновлення. Переважна більшість з них не містить чітких рекомендацій з вибору геометричних параметрів та фізико-механічних властивостей і особливо трибологічних

Найрозповсюдженим способом зміцнення по верхневого шару деталей натепер є хіміко-термічна обробка (ХТО), яка дозволяє змінювати хімічний і фазовий склад поверхневого шару та градієнт властивостей деталей у напрямку від поверхні до серцевини. Це досягається за рахунок
дифузійного насичення поверхневого шару яким -небудь елементом, що знаходиться в атомарному стані і здатний розчинятся в металі оброблюваної деталі. Хіміко-термічна обробка забезпечує підвищення зносостійкості деталей через збільшення твердості поверхневого шару.

Але методи ХТО мають ряд недоліків, що стримують їх широке поширення, а саме:

– методи ХТО потребують дуже високих температур і тривалої обробки;

– майже всі види дифузійного насичення потребують подальшої фінішної обробки;

– умовою якісного зміцненого шару є потреба в ретельній підготовці поверхні;

– усі методи ХТО призводять до забруднення великої кількості води;
– методи ХТО потребують енергетичних та матеріальних витрат у 80–100 разів більше, ніж
електроіскрове легування (ЕІЛ).

Одним із прогресивних методів поверхневого зміцнення деталей і особливо відновлення їх первісних розмірів – це газотермічне напилювання (плазмове, детонаційне і газоплазмове).

Невелике нагрівання і незначна деформація основи в процесі нанесення газотермічних покриттів, можливість нанесення їх тільки на задані ділянки деталі визначають високу технологічність цього методу напилювання для підвищення зносостійкості. Технологія плазмового напилення дозволяє наносити покриття майже з усіх відомих тугоплавких матеріалів.

Ефективним методом поверхневого зміцнення деталей, виготовлених звичайних конструкційних матеріалів є ЕІЛ, яке дозволяє одержувати покриття, міцно зчеплене з матеріалом основи з високими експлуатаційними характеристиками.

Процес ЕІЛ заснований на переважному руйнуванні (ерозії) матеріалу анода при іскровому розряді.

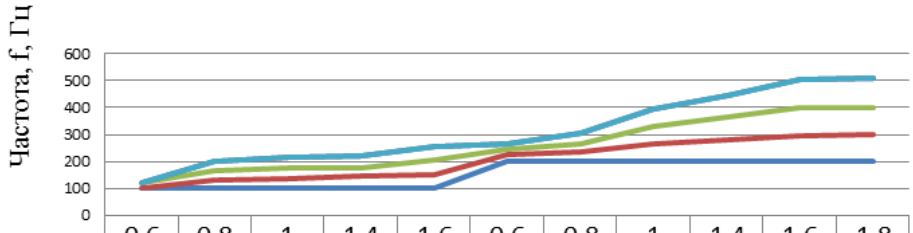
Основні закономірності та явища, що визначають процеси ЕІЛ, залежать від матеріалу легувального електрода й режимів обробки. Поверхневий шар деталі зміцнюється не тільки за рахунок осадження матеріалу анода, але й у результаті взаємодії цього матеріалу з основою й ширення, але він дуже перспективний для наноутворення твердих розчинів, хімічних з’єднань, оксидів, нітридів.

ЕІЛ дозволяє: значно підвищити зносостійкість і твердість металічних поверхонь деталей машин і технологічної оснастки з метою збільшення їх довговічності і заміни спеціальних сталей менш дефіцитними. Існує декілька моделей процесу електроіскрового переносу одних матеріалів на інші, що пояснюють окремі експериментальні факти. Основною метою даної роботи є отримання зносостійких покриттів на основі інструментальних сталей за допомогою електроіскрового легування. Матеріалом електроду покриття був вибраний твердий сплав ВК6 з міркувань задовільних технологічних властивостей при застосуванні в ЕІЛ, відносно невисокої вартості і доступності. Нанесення покриття було здійснено на установці "Елітрон-10" з ручним вібратором. Характеристики покриття зведені в табл. 1.

При низьких значеннях сили струму 0,6–0,8А (1–3 режими установки) спостерігалось прилипання електродів до поверхні зразка, що пояснюється недостатньою тепловою енергією імпульсу.

Специфіка використання опорних ножів в основному та інструментальному виробництві пов’язана з необхідністю обробки циліндричних поверхонь різних діаметрів і довжини та різноманітних конструкційних металів. Тому для оцінки стійкості був прийнятий критерій відношення загального об’єму знятого оброблювального металу заготовок до лінійної величини спрацювання робочої частини опорного ножа по висоті.

Таблиця 1.Технологічні показники процесу ЕІЛ покриття сплавом ВК-6 h, мкм на опорному ножі з матеріалу




| | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,4 | 1,6 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,4 | 1,6 | 1,8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х12М | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ХВГ | 0 | 35 | 40 | 45 | 50 | 20 | 40 | 65 | 80 | 105 | 110 |
| сталь У10 | 20 | 35 | 40 | 30 | 55 | 20 | 30 | 65 | 85 | 105 | 100 |
| сталь У7 | 0 | 30 | 35 | 45 | 50 | 25 | 35 | 65 | 80 | 95 | 100 |
| частота f, Гц | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |

Дослідженнями підтверджується ефект залишкової підвищеної стійкості робочої поверхні опорного ножа після повного спрацювання нанесеного шару зміцнювального покриття.

| Матеріал оброблювальної заготовки | Експлуатаційні коефіцієнти для металу опорного ножа | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | У7 | | У10 | | ХВГ | | Х12М | |
| | Ко | $К_{еіл}$ | Ко | $К_{еіл}$ | Ко | $К_{еіл}$ | Ко | $К_{еіл}$ |
| Сталь 45 | *1* | *1,45* | *1* | *1,4* | *1* | *1,52* | *1* | *1,9* |
| Сталь 40Х13 | *1* | *1,6* | *1* | *1,55* | *1* | *2,07...* | *1* | *2,13* |

* Примітка:

К = V/H – прийнятий в роботі критерій стійкості опорної поверхні, що характеризується відношенням знятого об'єму припуску до висоти спрацювання інструменту;

$К_0$ – критерій стійкості опорного ножа без зміцненого шару;

$К_{еіл}$ – критерій стійкості опорного ножа з покриттям ЕІЛ.

**Висновок**

Результати досліджень свідчать, що технологія покриття робочої поверхні опорних ножів з інструментальних сталей методом ЕІЛ дозволяє збільшити їх стійкість більш ніж у 2 рази.

**Список використаних джерел**

1. В. Ф. Лабунець, «Тенденції створення захисних структур триботехнічного призначення,» Проблеми тертя та зношування, наук. техн. зб, вип. 45, с. 107-118, 2006.

2. Завойко О.С. Теоретичні основи електротехнології зміцнення металів./ О.С. Завойко. – Чернівці: Рута, 2003. – С. 8-24.
3. Сизоненко О.Н. Влияние высоковольтного электрического розряда на поверхностные явления в дисперных системах // Международная конференция "Современное материаловедение: достижения и проблемы", Украина, Киев, 26-30 сентября 2005. – Киев: Академпериодика, 2005. – С. 336.
4. Электроискровое легирование металлических поверхностей / Под ред. Ю.Н. Петрова. – Кишинев: Штиинца, 1985. – С. 196.

**УДК 658.27:339.13:631.12**

# ІНВЕСТИЦІЙНО-ІННОВАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ

**В. В. КОНДРАТЮК**, аспірант[1],
***Національний науковий центр "Інститут аграрної економіки", м. Київ.***
https://orcid.org/0009-0000-2155-1846

Сільське господарство тривалий час розвивається в умовах нестабільності, яка особливо поглибилася у зв'язку з військовою агресією російської федерації та негативно впливає на інвестиційну діяльність в усіх секторах економіки. В умовах нестабільності особливо важливо не допускати інвестиційного спаду в сільському господарстві.

Інвестиції є найважливішим чинником досягнення позитивних результатів у сільському господарстві. Так, зменшення фінансування інновацій призводить до зменшення виробництва продукції сільського господарств і навпаки. Технічні та технологічні інновації можуть сприяти підвищенню економічної ефективності в агросекторі завдяки запровадженню ресурсоощадних рішень та оптимізації технологічних рівнів (вибору оптимальної технології, вимог інноваційності агротехніки й економії матеріальних та інших витрат).

Збільшення капітальних інвестицій в інновації на 1% зумовлює зростання валової доданої вартості сільського господарства на 0,9%. Це означає, що, наприклад, в 2023 р. одна гривня капітальних інвестицій викликала зростання валової доданої вартості у сільському господарстві - 9 гривень.

У 2023 році інвестиції (капітальні вкладення) в аграрний сектор України становили 63,8 млрд грн., або 1,7 млрд дол. США. У найкращому довоєнному 2021 році їх рівень складав 68,0 млрд дол. США, або 2,5 млрд дол. США, тобто спад склав у доларовому еквіваленті майже третину.

[1] Науковий керівник д.е.н., професор, член-кореспондент Захарчук Олександр Васильович

Динаміка капітальних інвестицій на розвиток сільського господарства в умовах воєнного часу нестабільна, а загальні обсяги недостатні для його розвитку. Якщо в 2021 довоєнному році вкладення у доларах США становили 2,5 млрд, то у 2022−2023 воєнних роках вони знизилися до 1,5−1,7 млрд. Найкращий результат був у довоєнному 2021 році – 123,3 дол. на 1га. У 2023 році розмір капітальних інвестицій впав та складав 107,4 дол., або на 12,9% менше від показника 2021 року.

З розрахунку на 1 га використовуваних сільськогосподарських угідь підприємствами під час війни це становить лише 95−110 дол. США, що недостатньо, оскільки у світовій практиці прийнято вважати, що умови для стабільного розвитку сільського господарства досягаються, якщо розміри капітальних інвестицій перевищують 150 дол. США на гектар.

В умовах повномасштабної війни виникли негативні тенденції інвестиційного та матеріально-технічного забезпечення розвитку сільського господарства:

- ✓ погіршення інвестиційного клімату через ризики пов'язані з військовими діями та нестабільністю економіки;
- ✓ руйнування значної частини підприємств сільськогосподарського машинобудування;
- ✓ порушення логістичних ланцюгів поставок імпортної сільськогосподарської техніки;
- ✓ знищення та пошкодження значної частини сільськогосподарської техніки та об'єктів аграрної логістики в зоні бойових дій та на окупованій території.

Нині понад 95,4% усіх інвестицій – це власні кошти підприємств та організацій, 4,6% кредити банків та позики, частка держави майже відсутня. Хоча інвестиційно-інноваційна діяльність агровиробників активізується завдяки різноманітним видам допомоги, зокрема проєктам технічної допомоги, програмам грантової підтримки тощо, які надаються донорськими, гуманітарними та іншими організаціями Європейського Союзу, США, Канади та інших країн.

Для забезпечення нормального перебігу процесів відтворення капіталу у сільському господарстві доцільно, щоб співвідношення між власними і залученими коштами на фінансування капітальних інвестицій було у пропорції відповідно 2/3:1/3. При меншій частці залучених джерел інвестиційні відтворення капіталу агровиробників уповільнюється, а при перевищенні зростають ризики неплатоспроможності. В умовах воєнного часу слід пріоритетно здійснювати заходи щодо сприяння й підтримки інвестиційних проєктів малого агробізнесу.

Крім того, на думку науковців Інституту аграрної економіки, для полегшення доступу аграріїв до кредитів в умовах воєнного стану та програм надання державних гарантій важливою є підтримка аграрного сектору через державну програму «Доступні кредити 5-7-9%». Протягом 2023 року майже 14

тис. агрогосподарств одержали 78,8 млрд грн банківських кредитів на розвиток своєї діяльності. З них за державною програмою «Доступні кредити 5-7-9%» – 10,9 тис. господарств профінансовано на 44,5 млрд грн.

За програмою «Доступні кредити 5-7-9%» у регіональному розрізі найбільшу підтримку отримали підприємства таких областей:

- Кіровоградська – 4,67 млрд грн виділено для 1 433 господарств;
- Вінницька – 4,5 млрд грн для 1 183 господарств;
- Київська – 4,2 млрд грн для 826 господарств;
- Одеська – 4,18 млрд грн для 952 господарств.

Несталість та воєнний чинник спричиняли зменшення обсягів капітальних інвестицій у розвиток виробництва агропродукції обсягом 0,5–1 млрд дол. США у рік.

Нестабільна динаміка вкладень і порівняно низька інвестиційна активність зумовили не лише недостатні темпи відтворення капіталу, а й рішення інвесторів вкладати кошти у порівняно малокапіталомісткі проекти, що посилило процес декапіталізації сільського господарства. Разом з тим, аграрний бізнес у цей час розвивався все ж на інноваційно-інвестиційній основі, що забезпечувало його конкурентоспроможність та ефективність. Незважаючи на нестійкий характер динаміка капітальних інвестицій у сільське господарство, здійснюваних за рахунок усіх джерел фінансування та все ж має висхідний характер, враховуючи втрату окупованих територій внаслідок війни.

Основними пріоритетами інвестиційного забезпечення сільського господарства у період військового стану на наш погляд мають стати:

- ✓ першочерговість інвестиційного розвитку сільського господарства у національній економіці як важливого чинника її зростання;
- ✓ першочергова підтримка інвестицій на відновлення матеріально-технічної бази виробників на деокупованих і постраждалих від воєнних дій територіях, на розмінування земель;
- ✓ сприяння в реалізації інвестиційних проєктів малих агровиробників;
- ✓ відновлення матеріально-технічної бази об’єктів соціальної сфери села, водопостачання тощо.

## Список використаних джерел

1. Стратегія конкурентоспроможного розвитку інвестиційного та матеріально-технічного забезпечення сільського господарства: наукове видання / за заг. ред. О.В. Захарчука Київ : ННЦ «ІАЕ», 2023. 105 с.

2. Нормативна потреба основних засобів на виробництво сільськогосподарської продукції у воєнний та післявоєнний періоди: наукове видання / [Захарчук О. В., Вишневецька О. В., Навроцький Я. Ф. та ін.]. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2023. 60 с.

3. Захарчук О. В., Кісіль М.І., Нечитайло В.В., Збарський В. К. Формування інвестиційно спрямованих стратегій розвитку фермерських господарств за умов нестабільності: монографія / за ред. М.І. Кісіля, Київ: ННЦ «ІАЕ», 2023, 150 с.

**УДК 65.012: 338.47**

## ВІДНОВЛЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ АГРАРНОЇ ЛОГІСТИКИ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

**А. В. КОВАЛЕНКО**, аспірант[1],
***Національний науковий центр "Інститут аграрної економіки", м. Київ***
https://orcid.org/0009-0008-6395-1360

Згідно Указу Президента України "Питання Національної ради з відновлення України від наслідків війни" від 21.04.2022 № 266/2022 була створена Національна рада з відновлення України від наслідків війни [1]. Робочою групою "Нова аграрна політика" цієї ради розроблено ряд проектів [2] щодо відновлення України від наслідків війни, зокрема ряд логістичних проектів.

Група визначила ризики, що негативно впливають на розвиток інфраструктури та ефективне функціонування логістичних ланцюгів, основними з яких є:

- поширення військового конфлікту на нові території та його загострення;
- знищення логістичних ланцюгів;
- згортання кредитування інфраструктурних та логістичних проектів;
- різке погіршення інвестиційного клімату, недосконаліть правового захисту інтересів інвесторів;
- недостатня підтримка державою розвитку інфраструктури та логістики [2].

Критично оцінюючи запропоновані проекти вважаємо за потрібне зробити ряд зауважень.

Проект будівництва нового транспортного коридору до портів Польщі та Литви на базі широкої залізничної колії викликає сумніви в доцільності та ефективності його реалізації. Оскільки реалізація цього проекту запланована у період 2023-2025 років то в результаті можливого закінчення війни, розблокування чорноморських портів (з 1 серпня 2022 року вони вже розблоковані на 120 днів з можливістю продовження цього терміну) потреба у ширококолійному транспортному коридорі відпаде. У випадку реалізації цього проекту додатково виникає необхідність оплати транзиту вантажів через

[1] Науковий керівник д.е.н., професор, член-кореспондент Захарчук Олександр Васильович

територію наших партнерів Польщі та Литви. При розблокуванні власних портів їх термінали будуть незавантажені, що призведе до скорочення робочих місць та втрати митних платежів. Крім цього існує ризик зростання вартості проекту через необхідність виплати компенсації власникам земельних угідь через які пролягатиме колія. Такі значні інвестиції розраховані на довгострокову перспективу окупності, а у випадку спрямування вантажів до вітчизняних портів найближчим часом знівелює значення транспортного коридору, на обслуговування якого необхідно буде витрачати так необхідну для української економіки валюту.

Проект розвитку річкової логістичної системи для експорту продукції сільського господарства має довгострокову перспективу та є цілком ефективним для експорту аграрної продукції не лише під час війни але й після її закінчення. Адже на сьогодні через дунайські порти здійснюється значна частина українського експорту. З них продукція доставляється річкою до порту Констанци в Румунії і далі прямує морем до інших країн світу. Товарообіг річкового транспорту поступово зростає. Тому, інвестування в проект 242 млн дол. США цілком виправдане.

Проект збереження аграрного сектору в умовах блокади портів, що передбачає допомогу сільськогосподарським підприємствам у забезпеченні їх виробництва необхідними ресурсами для посівної кампанії та збору урожаю. Проектом передбачено також придбання та/або будівництво тимчасових потужностей для збереження врожаю. Очевидно, що реалізація проекту необхідна для економіки країни але, на нашу думку, висока його вартість (2910 млн дол. США вимагає більшої деталізації, крім цього завдання проекту дещо перекликаються із завданнями проекту з будівництва перевалочних комплексів на заході України.

На сьогодні, у світі, найбільш ефективним є морський та залізничний транспорт [3]. Поняття “інтермодального транспорту” (поєднання кількох видів транспорту при перевезення товару) цілком доречно було застосовувати і щодо транспортної логістики в Україні.

Автомобільним транспортом здійснюється перевезення аграрної продукції з поля до складів господарства або до найближчого елеватора, на підприємства переробної промисловості. Залізничний транспорт забезпечує перевезення сільськогосподарської продукції до морських портових терміналів для подальшого її експорту. Морський транспорт здійснює перевезення великих партій продовольчої продукції на експорт на великі відстані. Річковий транспорт як ланка інтермодальної системи почав розвиватися порівняно недавно. До початку війни перевезення здійснювалися здебільшого у вітчизняні морські порти. Через блокування чорноморських портів збільшився обсяг перевезень з дунайських терміналів до найближчих румунських морських або іноземних дунайських портів.

На сьогодні інтермодальна система досить практично працює безперебійно. Обсяги перевезень аграрної продукції морським транспортом у 2024 році практично досягли довоєнного рівня.

Зросли також обсяги перевезень за межі держави залізничним транспортом. Але, в ситуації, що склалася виник ряд проблем:

1. недостатня кількість прикордонних переходів, низька пропускна здатність існуючих, внаслідок чого виникають значні черги;
2. через відмінності у ширині колії та дефіцит рухомого складу неможливо значно наростити обсяги перевезень зернової продукції;
3. мала кількість суден, які пристосовані для роботи в дунайських портах стримує збільшення вантажообігу через них;
4. недосконала система управління логістичними потоками призводить до сповільнення вантажних перевезень;
5. високі тарифи на внутрішні залізничні перевезення і транзит, зростання цін на пальне значно знижують ефективність автомобільного та залізничного транспорту.

Доцільним є реалізація більш дешевих та ефективних проектів, спрямованих на розвиток інфраструктури:

1. будівництво модульних зерносховищ, які легко можна змонтувати та демонтувати, впровадження технологій зберігання зерна в полімерних рукавах;
2. будівництво нової та реконструкція існуючої прикордонної логістичної інфраструктури з високою пропускною спроможністю;
3. ремонт та реконструкція єдиної в Україні європейської колії з Ковеля до Польщі, будівництво в Ковелі зернового терміналу, реконструкції на базі Ковельського депо вагонів під європейський стандарт;
4. перепрофілювання потужностей ІНТЕРПАЙП НТЗ для виробництва колісних пар візків вантажних вагонів під європейську колію;
5. удосконалення системи керування інформаційними потоками, створення умов для ефективного узгодження руху вантажів з Європейськими партнерами, підготовка управлінських кадрів у сфері логістики.

Ці заходи дозволять значною мірою нівелювати негативні наслідки від втрати та блокування морських портів та збільшити обсяги експорту зерна з мінімальними витратами та сприятимуть збереженню робочих місць та створенню нових.

**Список використаних джерел**

1. Питання Національної ради з відновлення України від наслідків війни : Указ Президента України від 21.04.2022 № 266/2022. Дата оновлення 17.06.2022. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/266/2022#Text

2. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи “Нова аграрна політика”
URL: https://uploads-ssl.webflow.com/625d81ec8313622a52e2f031/62dea34c6639ce60b482c39c_%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0%20%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.pdf

3. Andr´ea Leda Ramos de Oliveira, Karina Braga Marsola, Ana Paula Milanez, Sandra Lieg´e Renner Fatoretto. Performance evaluation of agricultural commodity logistics from a sustainability perspective. Case Studies on Transport Policy. 2022. Vol.10. Pp. 674-685 URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X22000335?via%3Dihub

**УДК 339.9:338.439.02:338/24(477)**

# РОЛЬ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОБІЗНЕСІ

**О. В. ВИШНЕВЕЦЬКА**, к.е.н, с.н.с,
***ННЦ «Інститут аграрної економіки»***
*E-mail:* ksutasha@ukr.net

Одним з найважливіших елементів ресурсного потенціалу та вагомим фактором формування конкурентоспроможності агробізнесу виступає техніко-технологічна база. Вирішення задачі підвищення ефективності виробництва та конкурентоспроможності все більше залежить від раціонального її використання, подальшого росту й удосконалення технічних засобів, особливо від активної їх частини, своєчасного та якісного оновлення. Технічні засоби виробництва, які використовують аграрні підприємства, істотно різняться, оскільки сформовані в залежності від фінансових можливостей, розміру підприємств, і не завжди відповідають вимогам агротехнології. Частина наявної сільськогосподарської техніки відзначається великою енергомісткістю, технологічною недосконалістю, низькою ефективністю і високою ціною [7]. Вирішення зазначених проблем дозволить підвищити результативність діяльності та покращити конкурентний стан аграрного підприємства на відповідному сегменті ринку [3].

Наразі в сільському господарстві спостерігається тенденція до морального та фізичного старіння технічних засобів. Частково цей дефіцит компенсується за рахунок придбання високоенергетичної, високопродуктивної техніки та впровадження ресурсозберігаючих технологій, використання комбінованих ґрунтообробних та посівних агрегатів. Однак, оснащеність сільськогосподарських товаровиробників сільськогосподарських товаровиробників залишається на рівні, який не дозволяє виконувати всі технологічні операції в нормативні агротехнічні строки, що призводить до недоотримання та втрат продукції.

Економічне зростання та комерціалізація сільськогосподарських систем вимагають впровадження інноваційних рішень. У середніх і великих сільськогосподарських товаровиробників перехід до трудо- енерго- та ресурсозберігаючих та інших технологій відбувається більш швидкими темпами. Дрібні агровиробники традиційно менш механізовані та інноваційно

оснащені. [1]. За даними Українського клубу аграрного бізнесу, технологіями точного землеробства сьогодні покриті не більше 15% українських сільгоспугідь [8].

Всупереч обмеженням за останнє десятиліття активно почали впроваджуватися технології економії ресурсів (матеріальних, трудових, енергетичних) на безпрецедентному рівні. Це допомогло підвищити продуктивність сільського господарства та знизити собівартість одиниці продукції рослинництва.

У зв'язку з інтенсивним розвитком харчових технологій, з боку підприємств харчової та переробної промисловості значно посилюються вимоги щодо асортименту та якісних характеристик сільськогосподарської сировини. У структурі посівних площ значно зросла частка сільськогосподарських культур, які вирощують для переробки на нехарчові цілі (зокрема, пшениці і кукурудзи для виробництва біоетанолу та ріпаку – для виробництва біодизеля). Це ставить принципово нові вимоги до організації аграрного виробництва та його техніко-технологічного забезпечення. Перманентне зростання цін на пально-мастильні матеріали, добрива, хімічні засоби захисту рослин, насіння тощо примушує сільських товаровиробників застосовувати їх раціональніше [6] та стимулює агровиробників впроваджувати інновації.

Вирішення завдань, що на нинішній час постають перед інноваційними технологіями у рослинництві, з використанням традиційних механічних засобів неможливе. Сучасний рівень розвитку науково-технічного прогресу дає змогу залучити до їх розв'язання електронні автоматизовані системи у поєднанні з глобальною навігаційною супутниковою системою позиціонування GPS. Сучасні геоінформаційні системи крім інформаційної функції здійснюють кількісно-якісний аналіз стану рослин та управління процесом вегетації за допомогою механізмів оптимізації термінів виконання всього технологічного циклу й дотримання агротехнічних вимог із метою отримання запрограмованого урожаю із заданими якісними характеристиками. Процес управління такою системою є дуже динамічним внаслідок постійної мінливості багатьох варіативних характеристик, то об'єкт управління перебуває у стані лише короткотермінової стабільності при визначенні параметрів функціонування [6].

Серед актуальних для України технологічних інновацій доцільно виокремити необхідність застосування ресурсозберігаючих технологій обробки землі. Дані технології можуть поєднати в собі підвищення ефективності виробництва з ощадливим використанням ґрунту. Найбільш популярними ресурсозберігаючими технологіями обробки землі є: «No-Till», «Mini-till» та «Strip-till». Суть технології «No-Till» полягає у відмові від механічної обробки ґрунту і застосуванні лише сівозмін, які найкраще поліпшують родючість ґрунту. Також дана технологія передбачає інтегрований підхід до боротьби з бур'янами, шкідниками й хворобами рослин та використання насіння вищих репродукцій, чутливих до нових технологій. Вона є ідеальною для запобігання

ерозії ґрунтів, тому що всі рештки після збирання врожаю залишаються на поверхні. «Mini-till» передбачає мінімальний техніко-технологічний вплив на ґрунт, що дозволяє зменшити витрати на паливо, добрива, пестициди, а також уповільнити зношування техніки. Ця технологія також дозволяє оптимізувати сівозміни, збільшити врожайність та покращити природний стан ґрунту. «Mini-till» доцільно застосовувати для відновлення природного стану земель, що довгий час засівалися культурами, що виснажують ґрунт [2]. «Strip-till» або смугова обробка також передбачає мінімальну обробку землі. Вона включає в себе підігрівання та підсушування ґрунту лише в тих місцях, де безпосередньо відбуваються посівні роботи. Впровадження даних технологій здатне забезпечити суттєву економію коштів на всіх етапах вирощування сільськогосподарських культур – від обробки та посіву до збирання врожаю. Так економія витрат дизельного пального на 1 га може складати: при «Mini-till» – з 56 л до 35 л та при «No-Till» – з 56 л до 24 л [4].

Критики інноваційності механізації сільськогосподарського виробництва стверджують, що широке використання трудозберігаючих технологій має серйозні наслідки для справедливості з точки зору витіснення робочої сили. Однак більш глибокий аналіз вказує на те, що наслідки для справедливості не такі серйозні чи масові, як вони припускають.

Різні елементи точного землеробства, за статистичними даними, у США використовують понад 80% фермерів, у Німеччині – 70%. Європейські фермери елементи точного землеробства застосовують навіть на 0,5 га. Попри високу вартість, кошти на точне землеробство повертаються швидко. Більшість інвестицій окупаються вже протягом першого маркетингового року. Майже 90% господарств, котрі спробували технології, пов’язані з точним землеробством, продовжують впроваджувати і наступні його елементи.

Впровадження інформаційних технологій в сільському господарстві призвело до коригування способів обробки сільськогосподарських культур та управління полями. Технології докорінно змінили концепцію сільського господарства, зробивши його більш вигідним, ефективним, безпечним та простим. Отже, сучасні інноваційні технології в сільському господарстві рухаються в майбутнє семимильними кроками. Вони пропонують сільськогосподарським товаровиробникам істотну допомогу в їх зусиллях по оптимізації витрат, спрощення управління сільським господарством і підвищення продуктивності. А це можливість зростання конкурентоспроможності сільгосппідприємств та забезпечення перспектив подальшого розвитку і ринкового лідерства на світовому ринку.

## Список використаних джерел

1. Prabhu Pingali. Chapter 54 Agricultural Mechanization: Adoption Patterns and Economic Impact. *Handbook of Agricultural Economics*. Volume 3, 2007, Pages 2779-2805.https://doi.org/10.1016/S1574-0072(06)03054-4

2. Suleimenova, N. Filipova, M. Zharaspayeva, S. and Kuandykova, E. Innovative technology in the field of environmental safety today. *International*

*Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM* (SGEM 2016) (Albena, Bulgaria, 30 June – 6 July, 2016). Albena. Book 1 vol. 2, pp. 501–507.

3. Zakharchuk O., Melnyk S., Vyshnevetska O., Popova O. & Kotsyubynska L. Investment and innovation development of agriculture in Ukraine. Vol. 29, № 4, 2022. https://doi.org/10.32317/2221-1055.202204010

4. Ільченко О. В., Радько А. О. Використання ресурсозберігаючих технологій в рослинництві як напрям підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. URL: http://repo.sau.sumy.ua/bitstream/123456789/3924/1.pdf

5. Мазнєв Г. В. Економічна ефективність інноваційних техніко-технологічних рішень в аграрному виробництві. *Економіка АПК*. 2011, №6. С. 118–127.

6. Петров В. М. Технічне забезпечення інноваційних технологій у рослинництві. *Економіка АПК*. 2013, №2 С. 100–105.

7. Сітковська А. О., Савенко О. А., Капуста М. Ю. Технічне забезпечення аграрних підприємств як фактор підвищення конкурентоспроможності. *Агросвіт,* 2022. №1. С. 53-57.

8. ТОП-10 технологій точного землеробства, які вже прийшли в Україну. URL: http://agronews.ua/node/80700

**УДК: 338.45: 339.13**

## РОЗВИТОК СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

**Я. Ф. НАВРОЦЬКИЙ,** кандидат економічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник відділу інвестиційного та матеріально-технічного забезпечення
***Національний науковий центр "Інститут аграрної економіки", м. Київ***
**В. М. ПЕТРОВ,** кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту, бізнесу і адміністрування
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків***
*E-mail:* yarol.nav@gmail.com, v.petrov0741@gmail.com

Вітчизняна галузь сільськогосподарського машинобудування має стратегічне значення для економіки України, адже вона не лише забезпечує українські аграрні підприємства порівняно дешевою технікою, а й має потужний експортний потенціал. Адже у довоєнному, 2021 році, було експортовано 25 тис. одиниць української техніки митною вартістю 14,4 млрд дол. США до 38 країн світу.

В сучасних умовах на розвиток підприємств сільськогосподарського машинобудування в Україні справляють негативний вплив масштабні військові

дії. Значна частина підприємств галузі знаходиться під окупацією, знищена, пошкоджена або опинилася у зоні бойових. Негативними факторами, що впливають на ефективність їх виробництва є інфляція, порушення логістичних потоків, зв'язків з постачальниками та дилерами, ріст цін на енергоресурси, проблема кадрового забезпечення виробництва тощо.

Кількість активних підприємств галузі за роки війни помітно скоротилася – у 2022 році на 30 одиниць, а у 2023 році іще на 29 підприємств. Якщо у 2021 році активних підприємств налічувалося в Україні 441, то у 2022 році 411, а у 2023 році лише 382 підприємства [1].

Разом з цим відбувається стійке скорочення кількості зайнятих працівників у галузі до 9932 чол. у 2023 році, в той час як у 2012 році їх кількість складала 23542 чол. – скорочення у 2,4 рази

При цьому, ще у довоєнному 2021 році кількість зайнятих у галузі складала 16772 чол., а вже у 2022 році лише 11975 чоловік.

Тенденція до скорочення працівників на підприємствах сільськогосподарського машинобудування та зростання їх питомої ваги саме у малих формах господарювання (з 16% у 2012 році до 33% у 2023 році) призводить до зменшення обсягів виробництва на них у цілому (зокрема високотехнологічної та інноваційної продукції) та до поступової втрати висококваліфікованих кадрів, зниження рівня конкурентних позицій української машинобудівної продукції на ринку й спрощення технологічного процесу [1].

За останні роки відбулося значне скорочення виробництва та реалізації вітчизняної техніки, а отже її присутності на внутрішньому ринку. Якщо у 2012 році обсяг реалізації сільськогосподарської техніки Українськими виробниками на внутрішньому складав 773,9 млн дол США (44,1% реалізації техніки на ринку України) то до 2023 року обсяги реалізації скоротилися до 339,7 млн дол. США (18%), що свідчить про глибоку кризу галузі сільськогосподарського машинобудування, якості та технологічності продукції вітчизняного виробництва та рівня попиту на неї [1]

В аграрних підприємствах стабільним попитом користуються трактори з потужністю двигуна, що перевищує 59 кВт.

Через значні пошкодження Харківського тракторного заводу, основного виробника таких тракторів в Україні, відбулося різке падіння їх виробництва. За останні 6 років, найвищі обсяги їх виробництва спостерігалися ще у 2019 році – 1,4 тис. одиниць. (в той час, як у 2011 році обсяги виробництва складали 5,4 тис. одиниць) За досліджуваний період виробництво тракторів цього класу скоротилося до 0,4 тис. одиниць – у 3,5 разів.

За розрахунками фахівців ННЦ "Інститут аграрної економіки" прогнозоване виробництво у 2024 році окремих видів сільськогосподарської техніки значно скоротилося у порівнянні з 2019 роком: найбільше скорочення виробництва у 11 разів – косарок тракторних. За іншим видам техніки скорочення не на стільки значне.

Поступово відбувається заміщення вітчизняної техніки іноземними аналогами, при цьому, не зважаючи на ризики викликані війною, у 2024 році обсяги імпорту техніки почали зростати.

Стратегічним чинником, з точки зору впливу на матеріально-технічне забезпечення аграрних підприємств та розвитку сільськогосподарського машинобудування є відновлена у 2017 році програми часткової компенсації вартості сільськогосподарської техніки та обладнання вітчизняного виробництва.

Після дворічної перерви у 2022-2023 роках програма знову була відновлена, обсяг фінансування передбачений бюджетом складав 1 млрд грн. І, хоча у листопаді 2024 року з бюджету програми було вилучено 99,83 млн грн. її ефективність не викликає сумніву: станом на 01.12.2024 року з 900,2 млн гривень використано 876,7 млн гривень (97,4%), зокрема: за квітень – 0,22 млн грн; за травень – 18,6 млн грн; за червень –66,4 млн грн; за липень –61,4 млн грн; за серпень – 98,5 млн грн; за вересень –149,1 млн грн; за жовтень –250,8 млн грн; за листопад – 231,6 грн. З квітня по листопад 2024 року виробники сільськогосподарської продукції придбали техніки та обладнання на суму більш ніж 4,2 млрд грн.

На жаль, бюджетом на 2025 рік не передбачено фінансування цієї програми [2], що може призвести до значних втрат як аграрного виробництва, так і галузі сільськогосподарського машинобудування, адже Програма часткової компенсації вартості сільськогосподарської техніки та обладнання вітчизняного виробництва стала досить ефективним інструментом стимулювання виробництва та купівлі сільськогосподарської техніки в Україні.

Для подолання негативних наслідків впливу війни на ефективність матеріально-технічного забезпечення аграрного виробництва повинна створювати, фінансувати та активно впроваджувати заходи та програми розвитку аграрного виробництва враховуючи його стратегічне значення для економіки країни. Стратегічні напрямки конкурентоспроможного розвитку матеріально-технічного забезпечення аграрного виробництва повинні базуватися на: проведенні виваженої протекціоністської митної політики, що дозволить, з одного боку, захистити вітчизняного виробника сільгосптехніки, а з іншого – забезпечити безперешкодне ввезення в Україну машин і обладнання, які відноситься до категорії критичного імпорту; створенні сприятливого інвестиційного клімату та спрощенні умов ведення бізнесу для залучення як внутрішніх, так і зовнішніх інвесторів до відновлення та створення нового виробництва сільськогосподарської техніки; здійсненні релокації промислових підприємств із зони бойових дій у безпечні регіони та евакуації висококваліфікованих кадрів, що дозволить зберегти не лише виробничий, а й кадровий потенціал машинобудівної галузі; відновленні на постійній основі та фінансуванні у повному обсязі програми часткової компенсації вартості сільськогосподарської техніки вітчизняного виробництва, що сприятиме відбудові та розвитку вітчизняного сільськогосподарського машинобудування та модернізації машино-тракторного парку аграрних товаровиробників.

Запропоновані заходи сприятимуть відновленню сільськогосподарського машинобудівного комплексу України, впровадженню інноваційних технологій виробництва продукції та підвищенню її конкурентоспроможності до рівня кращих світових зразків, що збільшить обсяги присутності вітчизняної техніки на внутрішньому ринку, підвищить експортний потенціал галузі та відкриє доступ до освоєння нових ринків збуту вітчизняної сільськогосподарської техніки. Крім цього, аграрне виробництво отримає сучасну та інноваційну техніку на рівні кращих західних зразків за значно нижчою ціною, що запобігатиме втратам врожаю, підвищить продуктивності праці та дозволить успішно конкурувати аграрній продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках.

**Список використаних джерел**

1. За даними сайту Державної служби статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/

2. Про Державний бюджет України на 2025 рік : Закон України від 19.11.2024 р. № 4059-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4059-20#Text (дата звернення: 09.02.2025)

**УДК 621.432.3**

## ANALYSIS OF FAILURE CAUSES OF THE CYLINDER-PISTON GROUP

**M. N. VAKULENKO**, master's degree
**Y. I. REVENKO**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***

During the operation of internal combustion engines, their components wear out and, when the limit values of the technical condition parameters are reached, the engines fail.

The wear of the mating surfaces of the cylinder, piston and piston rings is the result of the friction force that occurs when the piston and piston rings move. The rate of wear of the cylinder, piston and piston rings depends on the temperature and pressure in the combustion chamber, lubrication conditions, and the presence and amount of abrasive in the friction zone. The working surface of the cylinder wears unevenly. In the upper part of the cylinder, due to high temperatures and gas pressure, the oil film loses its lubricating properties and in some cases can be completely destroyed. Due to the worst lubrication conditions in this area, the cylinder wears out intensively. Under normal conditions, the greatest cylinder wear is usually observed in the stopping zone of the upper (compression) rings when the piston is at the top dead center (TDC). As you move away from the top dead center, the temperature decreases and lubrication conditions improve, resulting in a decrease in cylinder

wear. The maximum amount of wear is observed in the connecting rod oscillation plane, which is explained by the action of the normal component of the gas pressure force.

The intensity of cylinder wear largely depends on the operating and maintenance conditions of the engine. For example, when an abrasive comes into contact with air or oil in the friction zone, intensive wear of the cylinder-piston group. As a result, a lot of small scratches (dashes) are formed on the working surface of the cylinder. The cylinder becomes barrel-shaped.

The piston's lower guide part (skirt) and piston ring grooves wear out. Only a small portion of the piston skirt is in contact with the cylinder's working surface. When the engine is running, the piston rings make complex spatial movements in the axial and radial directions. When the piston moves from the TDC to the NMT, the rings, pressed against the cylinder wall by their own elastic forces and the pressure of the gases, copy the irregularities of the cylinder and move relative to the piston grooves. When the abrasive enters the friction zone, it eats into the soft material of the piston, which leads to accelerated wear of the cylinder and piston rings.

Wear of the parts of the cylinder-piston group leads to an increase in the gaps in the connection of piston-cylinder, piston ring-piston groove mating, and end gaps in the piston ring locks. As a result, engine performance and other indicators are reduced. Gas leakage into the annular space leads to the ingress of combustion products into the oil and a decrease in its lubricity, resulting in more intense wear of the cylinder head parts and of cylinder-piston group.

Scuffs on the cylinder's working surface appear as a result of general or local engine overheating. At excessively high temperatures in the friction zone, the oil loses its lubricating properties and the oil film breaks easily. This results in semi-dry friction with direct contact between the piston and cylinder. During further operation of the engine, due to additional heating in the friction areas, a dry friction mode occurs, resulting in scoring.

Engine overheating can occur due to engine overload, combustion process disturbances, and cooling system malfunctions. If the engine cylinders are equipped with “dry” liners, the existing inhomogeneity of the cylinder wall and localized misalignment of the liner to the block can lead to overheating of the cylinder and the formation of scoring.

Cylinder deformation may result from engine overheating, relaxation of residual stresses in the block material, uneven or improper tightening of the threaded connections of the cylinder head fasteners, and deviations from the flatness of the cylinder head and cylinder block contact surfaces. If the engine cylinders are equipped with “dry” liners, cylinder deformations can occur due to excessive protrusion of the liner shoulder above the block plane, contamination and corrosion on the surfaces mating the liner and block, defects in the liner seats in the block (deviations from cylindricality, cracks, pores).

During the operation of an internal combustion engine, accidental damage to cylinder-piston group parts also occurs. These include the formation of cracks and holes in the cylinders, destruction and burnout of pistons, destruction and breakage of

piston rings. Cracking in cylinders is most often caused by water hammer, while holes are caused by foreign objects entering the cylinder or jamming of connecting rod liners, followed by piston destruction and rod breakage. Burnout of pistons and breakage of bridges and piston rings most often occurs when the combustion process is disturbed. Damage to the piston rings can also occur when the CPG is not assembled properly.

Wear and damage to the parts of the CPG occur as a result of objective and subjective reasons. If the gaps in the piston-cylinder, piston ring-piston groove, and piston ring locks exceed the permissible values, as well as in the event of accidental damage to the components of the cylinder and internal combustion engine, the engine will fail. Depending on the design of the engine, its operation and maintenance, the nature of the damage to the parts may vary significantly. Despite the widespread use of aluminum alloy cylinder blocks at present, there is no information in the literature on the reasons for their receipt for repair and the nature of damage to working surfaces. To identify the reasons for the receipt of cylinder blocks of modern internal combustion engines for repair, it is necessary to investigate the technical condition of the cylinders of the blocks that are sent for repair.

**УДК 631.172**

## ANALYSIS OF THE REASONS FOR THE DECREASE IN THE OPERATIONAL RELIABILITY OF THE FUEL SUPPLY SYSTEM

**M. N. VAKULENKO**, master's degree
**Y. I. REVENKO**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***

One of the reasons for the insufficient reliability of the fuel supply system (FSS) is fuel contamination, which contributes to the formation of resinous deposits and carbon deposits on the injectors, leading to valve needle sticking and disruption of normal engine operation. It is known that the average operating time of coarse and fine filters is 25,000 km, while the manufacturer recommends changing the filters after 15,000 to 20,000 km, i.e., 75...90% of the time the car is operated in extreme conditions. At oil depots and gas stations, contaminants get into the fuel from railroad and truck tanks. In addition, corrosion products of tanks, pipelines and other fittings, wear and tear products of pumping equipment, atmospheric dust and moisture, oxidation and compaction products of unstable hydrocarbons in fuel get into the fuel.

Heavy contamination is observed in vehicle tanks, reaching 10...40 g/t under normal operating conditions and 200...400 g/t in particularly dusty regions. The particle size is mostly 10-40 microns.

The main components of pollution are organic substances soluble in fuel, water and mineral compounds. Resins, some polymers, products of fuel interaction with

microorganisms and other organic substances that contaminate fuel have high viscosity and stickiness. In fuel, solid particles are usually in a dispersed state, sometimes colloidal. Over time, the particles enlarge and precipitate. If the fuel is contaminated, its pumping and stability deteriorate, and its tendency to form deposits and precipitates increases.

Fuel contamination in the course of vehicle operation causes a deterioration in the technical condition of the following elements of the fuel supply system of an electronically controlled engine

- coarse and fine filters (rupture of the filter element, contamination, etc.)
- gasoline pump (jammed rollers, clogging and contamination of the check valve, etc;)
- ramp (tarring);
- pressure regulator (leakage of the valve),
- injector (filter clogging, nozzle wear and clogging, changes in the time of opening and closing of the valve needle up to its complete jamming, etc.)

Contamination of the fuel injection system leads to a decrease in engine power and responsiveness, detonation knocks when the car is accelerating, unstable engine operation in all modes, difficulty starting the engine, increased fuel consumption, etc., which implies significant costs for eliminating failures.

One of the main ways to eliminate and prevent the above causes is to flush the fuel supply system.

One of the reasons for the insufficient operational reliability of the fuel supply system is the widespread use of detergents and methods of flushing the fuel injection system with the addition of a detergent additive to the fuel tank. Typically, a 200...500 ml bottle of additive is designed for 40...80 liters of gasoline. Flushing by this method gives a positive result because almost all components of the fuel system are subject to flushing: gas tank, fuel pump, gasoline lines, fuel ramp, pressure regulator, injectors. In particular, in the practice of the service, there have been cases of restoring the normal operation of a gasoline pump that began to “jam” due to significant resinous deposits in the working chamber. However, it should be noted that dirt and deposits washed off the walls of the gas tank, gasoline line, and coarse filter can further clog the fine filter and injector. This suggests that gasoline additive cleaning is not very effective in the case of heavily fouled fuel injectors and should be considered as a means of cleaning injectors when the system's residual elements are clean. To avoid contamination of injectors during flushing, manufacturers of detergent additives recommend repeating the flushing procedure every 2...4 thousand kilometers. When flushing the injectors without dismantling them, the intake valve stems and combustion chamber are also cleaned of soot. Such a useful feature of flushing on an engine with significant of cylinder-piston group wear can lead to a decrease in compression by burning off carbon deposits in the piston grooves. There are cases when the engine does not start at all after flushing the injectors.

Another way to wash the injectors without dismantling them from the engine is washing with the use of special installations for supplying cleaning fluid to the fuel ramp. When working with such installations, the gas tank, fuel pump, and fuel lines

are excluded from the flushing process. There are single- and double-circuit systems. In a single-circuit system, the washing fluid is supplied only to the fuel ramp, while double-circuit systems include a return line from the ramp. The advantage of a dual-circuit system is the ability to flush the fuel ramp and pressure regulator. This is achieved by pumping the cleaning solution through the fuel ramp from the fuel injection fitting to the return fuel line fitting without opening the injectors until the injector cleaning process begins. For heavily contaminated fuel systems, the use of a single-circuit system can cause clogging of the injectors with dirt peeled off the walls of the fuel ramp, which will require further washing of the injectors with their removal from the engine, even replacement. Injectors are washed on both types of washing units by starting the engine with the cleaning liquid and running it in different modes. The fuel pressure in single-circuit installations is set by the installation itself, and in dual-circuit installations by the standard pressure regulator.

**УДК 631. 171.**

## ОСНОВНІ МЕТОДИ РЕМОНТУ АВТОТРАКТОРНИХ ШИН

**А. З. РУЖИЛО**, аспірант,
**А. В. НОВИЦЬКИЙ**, к.т.н., доц.
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Генрі Форда говорив, що краса автомобіля на 80% залежить від того, як виглядають його колеса. Беззаперечний авторитет світового автопрому і в даному випадку виявився абсолютно правим. Адже техніка, вантажна чи сільськогосподарська, виглядає досить солідно, коли не тільки надійно, але і красиво «взута». Не зайвим буде згадати і інший висловів Форда: «Той, хто зможе дати кращу якість за найнижчими цінами - неодмінно стане керуючим галузі». Адже для будь кого, можливість зекономити і отримати гарну якість є найважливішим [1, 2].

Показник зносу є найважливішою характеристикою, що показує, як довго шина залишиться працездатною [3, 4, 5]. Протектор кожної шини схильний до зносу і дуже важливо не пропустити той момент, коли він досяг критичного рівня і шина вже не може забезпечити належну безпеку.

Кожна нова модель шини проходить тестування по офіційно встановленій методиці, і їй привласнюється показник зносу протектора, який теоретично відповідає тривалості "життя" шини. Показник зносу є теоретично величиною і не може бути безпосередньо пов'язаний з практичним терміном експлуатації шини, на який значний вплив роблять дорожні умови, стиль водіння, дотримання рекомендацій по тиску, регулювання кутів сходу-розвалу автомобіля або трактора і ротація коліс. Показник зносу представлений у

вигляді числа від 60 до 620 з інтервалом в 20 одиниць. Чим вище його значення, тим довше витримує протектор при випробуваннях по встановленій методиці.

Ремонт автотракторних шин залежності від виду пошкодження. До основних пошкоджень відносяться:

1. Порізи (рис. 1) – це велике пошкодження, в результаті якого втрачається герметичність. Порізи є наслідком наїзду на гострий чи великий предмет, бордюр, камінь, тощо;

Рис. 1. Загальний вигляд порізу автотракторної шини.

2. Грижа (рис. 2) - здуття, яке виникає в наслідок розриву ниток в каркасі шини чи розшаруванні зовнішнього прошарку від корда;

а. б.

Рис. 2. Грижа. а – в наслідок розшарування корду і гуми; б - в наслідок розриву корду.

3. Проколи - невеликі пошкодження, які призводять до втрати герметичності, а в особливих випадках і до втрати корда;

4. Деформація борту;

5. Розрив корду та вихід ниток корду.

Основним методом ремонту, що застосовували до недавна, було накладання латок [4]. Цей метод не давав довговічного ефекту.

На сьогодні застосовують наступні методи усунення пошкоджень шин:

- вулканізація зіпсованої ділянки покришки без використання звичайних латок. В результаті чого шини балансуються точно так само, як і

нові і в подальшому можуть експлуатуватися без всяких обмежень швидкісного режиму.

- «гарячий» метод – зазвичай застосовується сира гума, така ж, як і для нових шин. Спочатку проводиться високотехнологічна перевірка каркасу шини, так би мовити, його «шорсткування». Всі виявлені при скануванні підозрілі ділянки перевіряються, проходять обробку, а потім ремонтують, щоб підвищити надійність шин. Після цієї процедури стрічка сирої гуми повинна бути намотана на екструдерну станцію по колу всього каркасу шини. Комп'ютерна технологія в наші дні може забезпечити точність в нанесенні сирої гуми по в сій периметру шини. Це дає чудову збалансованість готової продукції. Шини приклеюються в пресформі таким же чином, як і нові шини.
- «холодний» спосіб – приварюванням готової протекторної стрічки до підготованого заздалегідь каркасу при точно підібраній температурі. Від «гарячого» способу відрізняється більш високою надійністю регенерованих шин в експлуатації, і можливістю в подальшому ще раз використати каркас колеса для наварки нового протектора.

При проходженні початкової інспекції, каркаси шин перевіряються на наявність проколів, тріщин, подряпин, порізів, здуття, зміни кольору, розшарування, інші дефекти. Для виявлення внутрішніх невидимих дефектів використовується спеціальний ультразвуковий аналізатор шин.

При ремонті шин в процесі зняття і установки коліс для попередження «прикипання» гайок і болтів на них наносять особливий мастильний матеріал на основі міді, що спрощує процес відкручування. При використанні професійного шиномонтажного обладнання виключається нанесення пошкоджень гуми чи диску в процесі шиномонтажу.

Фірми, що займаються відновленням покришок, надають гарантію на відремонтовані покришки до повного зношення протектора. Також гарантують повну відсутність будь-яких дисбалансів і значних вагових чи швидкісних обмежень.

Варто зазначити, що термін експлуатації шин може значно знизитись під впливом наступних факторів: активний рух і висока швидкість руху; удари по вибоїнах на великій швидкості, по камінню, в бордюри; висока температура в ході руху (зазвичай перегрів виникає на покришках з низьким тиском); перенавантаження (знижує термін експлуатації на третину).

Переваги реставрації: менше витрачається ресурсів, економія часу і грошей у споживача, позитивний ефект для екології. Постійний ріст ринку відновлення вантажних шин обумовлений тим фактом, що він відповідає на конкретні вимоги працюючих на дорогах професіоналів: їм потрібні безпека, комфорт і зниження експлуатаційних витрат.

Завдяки розвитку технології як «гарячого», так і «холодного» відновлення шин, сьогодні гарантують таку ж надійність, довговічність і експлуатаційні характеристики, як і нових шин.

**Список використаних джерел**

1. Алексєєв Ю.Г., Кувалдін Н.А. Металокорд для автомобільних шин. К. Металургія, 2008. 192 с.
2. Бакфіш К. П., Хайнц Д. С. Нова книга про шини. К. АСТ, Астрель, 2009. 306 с.
3. Кравченко О.П., Ткаченко В.П., Сакно О.П., Лукічов О.В. Дослідження видів зносу та ушкоджень пневматичних шин спеціалізованого автотранспорту: Логістика промислових регіонів: Матер. Третьої міжнар. наук.-практ. конф. Донецьк: ЛАНДОН-ХХІ, 2011. С. 384–388.
4. Ружило З. В., Рябоштан А. Ю., Гладун Н. А. Аналіз обладнання для проведення шино монтажних робіт: Екобіотехнології та біопалива в АПК – Energia 2012. Збірник тез доповідей VI Міжнародної наукової конференції (27 вересня – 03 жовтня 2012 року). ННІ рослинництва, екології і біотехнологій та Технічний ННІ НУБіП України. К., 2012. С. 56–86
5. Ружило А. З., Новицький А. В. Характерні пошкодження автотракторних шин: Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених. Запоріжжя, 05-29 лютого 2024 р. Запоріжжя: ТДАТУ. С. 245–247.

**УДК 631**

## ПРОФЕСІЙНА СПРЯМОВАНІСТЬ ВИКЛАДАННЯ КУРСУ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

**С. Г. САВЧУК**, старший викладач
**Д. Д. СВІТКО**, студент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* sav12sve@gmail.com

Одним з ефективних шляхів підвищення професійної підготовки інженерів є прикладна і професійна спрямованість викладання курсу вищої математики, організація якої можлива при реалізації системного і комплексного підходів до навчального процесу. При цьому необхідно враховувати рівень математичної підготовки з перспективами використання матеріалу в навчальній діяльності студента інженерної спеціальності.

Для того щоб досягти підвищення рівня математичної підготовки студента необхідно, щоб вся методична система навчання цієї дисципліни спиралася на психолого-педагогічні основи навчання, тобто на систему закономірностей, яка включає знання дидактики, психології та відповідну методику використання цієї системи при вивченні математики.

Викладання курсу вищої математики студентам інженерних спеціальностей необхідно проводити шляхом постановки таких практичних задач, для вирішення яких необхідні певні математичні знання, які виражаються формулами, ілюструються схемами, графіками.

Основні принципи підбору задач:

1. Прикладний характер. Завдання повинні бути наближеними до реальних інженерних ситуацій: розрахунок міцності конструкцій, моделювання руху рідин, оптимізація виробничих процесів тощо.
2. Міждисциплінарність. Використання задач, що інтегрують математичні методи з фізикою, механікою, електротехнікою, будівництвом, програмуванням.
3. Різнорівневість складності. Завдання мають включати як базові розрахунки,

так і більш складні проблеми, що вимагають використання сучасного програмного забезпечення (MATLAB, Python, MathCAD).

4. Використання реальних даних. Завдання, побудовані на реальних інженерних параметрах і технічних умовах, роблять навчальний процес більш практичним.
5. Проєктний підхід. Включення кейсів, що моделюють комплексні технічні проблеми, які потребують аналізу, обґрунтування рішень та їх реалізації.

Приклади задач:

- Диференціальні рівняння – моделювання процесів теплопровідності, динаміки систем, електричних кіл.
- Матричний аналіз – розрахунок навантажень у будівельних конструкціях, аналіз складних механічних систем.
- Теорія ймовірностей – оцінка надійності технічних систем, аналіз похибок вимірювань.
- Оптимізаційні методи – мінімізація витрат матеріалів у виробництві, оптимізація логістичних схем.
- Чисельні методи – розрахунок напружено-деформованого стану конструкцій, моделювання аеродинамічних процесів.
- Інтегральне числення – розрахунок параметрів руху в механіці (моменти інерції, траєкторії); визначення площі поверхонь у гідродинаміці; визначення центру мас у будівельних конструкціях.

**Висновки.**

Використання математичних методів в інженерних задачах сприяє розвитку професійних компетенцій та підвищує якість підготовки майбутніх фахівців.

**УДК:621**

# АВТОТРАКТОРНІ ГЕНЕРАТОРИ: ПРИНЦИП РОБОТИ, ВИДИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ

**А. К. АВТУХОВ,** доктор технічних наук, професор
**В. С. МОЖЕЙКО**, магістрант
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків***

Автотракторні генератори – це електричні машини, що виробляють електроенергію для живлення бортової мережі автомобілів, тракторів та іншої сільськогосподарської або спеціальної техніки. Вони забезпечують роботу систем запалювання, освітлення, електроприводів, датчиків і бортових комп'ютерів.

Основні функції автотракторних генераторів: живлення електричних систем – постачання електроенергії для освітлення, запалювання, вентиляторів, насоса, системи керування двигуном тощо; підзарядка акумуляторної батареї – підтримка заряду для запуску двигуна та роботи електроспоживачів при вимкненому двигуні; стабілізація напруги – регулювання вихідної напруги для захисту електросистеми від перевантажень[1].

До сьогодення на самохідних машинах та грегатах знаходять застосування генератори постійного та змінного струму.

Генератори постійного струму використовуються в старих моделях тракторів і авто.

Ці типи генраторів мають колекторно-щітковий вузол, що знижує надійність через зношення щіток. Такі електричні машини сьогодні майже повністю замінені генераторами змінного струму.

На більшості сучасних тракторів, автомобілів та комбайнів використовуються синхронні генератори змінного струму. Ці генератори оснащені випрямним блоком (діодним мостом) для перетворення змінного струму в постійний, мають високу ефективність, меншу масу та більшу надійність.

На окремих видах техніки з великою кількістю електронних систем знаходять застосування безконтактні (інверторні) генератори. Такі генератори оснащені електронним регулятором напруги, який забезпечує стабільну роботу.

Використання генераторів на тракторах та спецтехніці має певні особливості, які обумовлені у їх високій стійкості до вібрацій і пилу – оскільки трактори та сільгосптехніка працюють у складних умовах; підвищеній потужності – тракторні генератори зазвичай мають вищу потужність, ніж легкові автомобільні, оскільки живлять більше електроприладів та наявності додаткових виходів – для підключення допоміжного обладнання, такого як освітлення чи додаткові датчики.

**Список використаних джерел**

1.Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко та ін.; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник: (Затверджено МОН України як підручник для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» від 21.06.10 № 1/11 – 545) – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с

**УДК 631.2**

## TEACHING TECHNICAL DRAWING WITH BLENDER ANIMATIONS

**Svitlana PRYKHODKO**
***Detachable Subdivision "Nizhinsky Professional College of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine"***

The integration of digital tools in education plays a crucial role in enhancing students' understanding of complex technical concepts. One of the most effective software solutions for visualizing engineering graphics and technical drawings is Blender, an open-source 3D modeling and animation package. Its capabilities allow for the creation of high-quality animated video materials, significantly improving the learning process in technical colleges.

Blender offers several advantages in the teaching of technical drawing. The ability to generate 3D models helps students better comprehend geometric constructions, projections, and sections by presenting them in a visually engaging manner. The animation features make it possible to illustrate dynamic processes, such as the transformation of objects, the unfolding of surfaces, and assembly sequences, which are often difficult to grasp through static images alone. Additionally, the interactive nature of Blender enables students to manipulate models, rotate objects, and analyze structures from different perspectives, thus reinforcing theoretical knowledge through hands-on learning. Another key benefit is its accessibility – being free and open-source, Blender eliminates the need for costly software licenses, making it an ideal choice for educational institutions.

The practical application of Blender in technical drawing courses includes the creation of animated tutorials that demonstrate essential principles such as orthographic projections, intersections of geometric bodies, and perspective drawing. Furthermore, virtual simulations of engineering components help explain their design, movement, and function, providing students with a deeper insight into real-world applications. By allowing learners to experiment with digital modeling, Blender also enhances spatial thinking and improves their CAD-related skills, which are valuable for future careers in engineering and design.

The implementation of Blender in the teaching process significantly improves students' comprehension of technical concepts. Through interactive and visually rich

content, this software facilitates a deeper engagement with the subject matter, making the learning process more effective and enjoyable. As a result, Blender proves to be an invaluable tool for modern technical education.

**УДК:621.771**

## ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДВОШАРОВИХ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ З ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИ ОПОРНИХ ШИЙОК

**А. К. АВТУХОВ,** доктор технічних наук, професор
**Є. В. КОВАЛЕВСЬКИЙ**, аспірант
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків***

У сільськогосподарському машинобудуванні широко використовуються листовий **(**гарячекатаний, холоднокатаний, оцинкований), сортовий **(**круглий, квадратний, шестигранний, смуговий), трубний (круглі, профільні, безшовні, електрозварні труби) та балковий (двотаври, швелери, кутники, спеціальні профілі) прокат різного сортаменту.

Для виробництва металопрокату необхідної якості на листопрокатних, сортопрокатних, трубних, кільцевих та калібрувальних прокатних станах широко використовуються двошарові хромонікелеві формуючі інструменти.

Використання формуючих інструментів підвищеної зносостійкості та міцності дозволяє значно підвищити якість прокату і зменшити його собівартість. Ресурс валків істотно залежить як від форми профілю, що прокатується, так і складу сплавів, з якої виготовляються дані вироби [1].

Значна частка таких прокатних валків відливається стаціонарним способом у комбінованих ливарних формах. Виливка двошарових валків має ряд особливостей, оскільки застосовується два різнорідні метали. Спочатку форму заливають основним високолегованим металом, з якого в процесі кристалізації формується робочий шар, який заливають на 100-150 мм вище верхнього краю бочки валка. Потім виконується витримка протягом 70-90 секунд для формування робочого шару. Щоб уникнути застигання металу в живильнику роблять поштовхи. Зазвичай проводять 3-4 з інтервалом 20-30 секунд подачею розплаву вищої температури, після чого починають промивання шийок і серцевини нелегованим чавуном. Під час промивання метал піднімається до зливної льотки розташованої на 100 - 150 мм вище за рівень підстави прибутку, і по жолобу стікає у встановлену поруч ємність. Час промивання залежить від габаритів та маси валка, а також від довжини шийок і становить 120-300 секунд.

Виконані дослідження показали, що одним і з показників, який суттєво знижує ресурс формуючих інструментів є руйнування шийок валків.

Ресурс шийок суттєво залежить від їх міцностних характеристк, які формується завдяки складу сплава промивного металу серцевини.

У якості промивного металу при виготовленні формуючих інструментів широке застосувння знаходить чавун наступного хімічного складу: 2,7 8 - 2 ,8 2 % C, 0, 4 4-0,50 % Si, 0 ,6 0-0,07 % Mn, 0,08-0,09 % S, .47-0,48 % P, 0,71-0,81 % Cr, 2,62-2,75 % Ni.

Питання виробництва прокатних валків з повішеними механічними характеристиками шийок досі залишається актуальним. Це пов'язано як із способом модифікування, так і вибором типу присадки. Для підвищення рівня експлуатаційних характеристик останніми роками широко використовують модифікатори із вмістом кремнію до 78% [2-5].

В ході експериментальних досліджень було виявлено, що додаткове модифікування промивного металу модифікаторами з підвищеним вмістом кремнію сприяє підвищенню вмісту кремнію у серцевині валків, що позитивно впливає на їхні механічні характеристики. Випробування показали, що твердість робочого шару залишається незмінною, однак тимчасовий опір при розриві металу шийки збільшується на 28%.

Структурний аналіз дослідних зразків виявив зменшення вмісту карбідної фази у серцевині та шийках валків, а також збільшення кількості фериту та графіту, що сприяє підвищенню пластичності та міцності чавуну. В результаті досліджень підтверджено доцільність підвищення вмісту кремнію у промивному металі для оптимізації властивостей двошарових валків.

## Список використаних джерел

1.Производство и применение прокатных валков : справочник / Т. С. Скобло и др. Ред. Т. С. Скобло. Харьков, 2013. ЦД № 1. 572 с.

2.Т.С.Скобло, В.К. Триполко, С.А. Бурцев Анализ существующих методов модифицирования высокопрочных чугунов. Сб. Вісник ХНТСГ.-Харьков.2011.-№110.-С.193-205.

3. Elkem ASA Research. Модификатор Superseed®Inoculant [Текст] / ИТБ "Литьё Украины", 2003. – № 11 (39)

4. Elkem ASA Research. Модификатор Foundrisil®Inoculant [Текст] / ИТБ "Литьё Украины", 2004. – № 2 (42)

5. Elkem ASA Research. Модификатор Reseed®Inoculant [Текст] / ИТБ "Литьё Украины", 2004. – № 7 (47)

**УДК:621**

# ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ РОТАЦІЙНИХ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕРОБНИХ ПРОЦЕСІВ

**А. К. АВТУХОВ,** доктор технічних наук, професор
**О. В. КАМАРДІН**, магістрант
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків***

Вакуумні насоси широко застосовуються у різних галузях переробної промисловості, оскільки дозволяють створювати знижений тиск для покращення технологічних процесів. Вони використовуються для видалення повітря, газів і парів, що допомагає підвищити якість продукції, зменшити енергоспоживання та покращити ефективність виробництва [1,2].

Важливим факторам при підвищенні ефективності роботи обладнання для сушки та зберігання продукції сільськогосподарського виробництва є створення та підтримка саме необхідного вакуумного режиму в технологічних лініях переробних підприємств агропромислового виробництва.

Як енергетичне джерело вакууму на переробних підприємствах використовуються вакуумні насоси різних типів. Їхні робочі параметри, і в першу чергу продуктивність, визначають стабільність і величину робочого розрідження в технологічних лініях.

В результаті аналізу потенційних можливостей методів і технічних засобів створення розрідження встановлено, що найпоширенішими і перспективними в наш час є ротаційні вакуумні насоси пластинчастого типу. Між іншим, вченими встановлено, що більшість вакуумних машин даного типу недостатньо надійні в експлуатації і найчастіше експлуатуються зі зниженою на 35...40% продуктивністю. На це існує цілий ряд причин. Це недосконаліть системи змащення, низька теплостійкість і зносостійкість пластин ротора, підвищений рівень шуму, забруднення повітря масляним пилом, а також ряд інших причин.

Тому, для підтримки необхідного вакуумного режиму виникає потреба у подальшому вдосконалюванні вакуумних насосів і поліпшуванні показників їхньої роботи.

Вдосконалювання ротаційних вакуумних насосів дозволяє збільшити надійність, знизити витрати електроенергії і, відповідно, підвищити ефективність процесів сушки та зберігання сільськогосподарської продукції.

## Список використаних джерел

1.Способи та технічне забезпечення зберігання плодоовочевої продукції : навч. посіб. / Г.І. Подпрятов, Г.К. Цвіговський, В.С. Таргоня, О.В. Лешишак, С.В. Драгнєв. – К.: ЦП «Компринт», 2015, – 199 с.

2. Жемела Г.П., Шемавньов В.І., Олексюк О.М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. – Полтава, 2003. 420 с

# ЕФЕКТИВНА АВТОМАТИЗАЦІЯ НА ФЕРМАХ ВРХ

**Юлія КОРЖ,** студентка магістратури,
**Валентина МЕЛЬНИК,** кандидат економічних наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

У сучасному аграрному виробництві гостро постає проблема конкурентоспроможності підприємства, зокрема щодо функціонування технологічної системи тваринництва проблемою є забезпечення її ефективності, мінімізації витрат та оптимізування показників якості вихідної продукції. Тут можна звернутися саме до запровадження автоматизації на фермах у різних напрямках. Однією з найбільш застосовуваних форм ведення тваринництва є утримання великої рогатої худоби як основи отримання і збуту продукції.

Серед відомих технологічних напрямів застосування ефективної автоматизації для ферм ВРХ можна виділити наступні: годування, доїння, контролювання стану здоров'я, управління мікрокліматом та утилізування відходів. Усі вони першочергово скеровані на збільшення продуктивності тварин та забезпечуються шляхом використанням автоматизованих систем контролю та регуляції, сучасних технологій та новітнього обладнання, інтегрованих цифрових платформ управління.

Важливим мірилом потрібності та доцільності автоматизованих процесів є досягнення позитивного економічного ефекту від таких впроваджень для фермерських господарств. Такі інновації дозволяють зменшити затрати людської праці та ризики, витрати на утримання худоби, а також підвищити якість отримуваної продукції.

Системи автоматизованого доїння вже давно посіли одне з чільних місць у питаннях з автоматизації виробництва молока. Так, звертаючись до світової практики, можна прослідкувати тенденцію зростання використання таких машин. Наприклад, у США на фермах Каліфорнії таке обладнання застосовують навіть для великих господарств, поголів'я яких перевищує декілька тисяч. Першопричиною цього здебільшого слугує питання міграційної політики, що призводить до зменшення найманих працівників у сільськогосподарському секторі. Ця проблема також гостро постає і для ферм в Україні, а саме – зменшення робочої сили у зв'язку з воєнними діями, де не лише прослідковується нестача трудових ресурсів, пов'язана із військовими втратами

Варто зауважити, що у сучасному світі все більшу увагу привертає до себе питання комфорту та психологічного добробуту утримуваних тварин. Досягти такого поліпшення можна шляхом покращення параметрів мікроклімату. Для регуляції таких процесів доцільно б було звернути увагу саме на ефективну автоматизацію систем створення мікроклімату, щоб мінімізувати неточності, які можуть виникнути під час виконання таких процесів працівниками.

Такі новації притаманні не лише для світових господарств, а також здобули велику популярність і на українському ринку. У досягненні рентабельного виробництва істотними компонентами є впровадження ефективних систем вентилювання, підтримання визначених показників вологості, температурних показників та зменшення мікрофлори шкідливих мікроорганізмів. Досягти усіх необхідних параметрів лише забезпечивши достатню вентиляцію приміщень є можливим, проте це викликає значні енергетичні витрати. Наразі на фермах існує можливість застосовування ультрафіолетових бактерицидних рециркуляторів, основною задачею яких є очищення повітря від патогенних домішок. Основою їх функціонування є люмінесцентні лампи, що вже давно отримали визнання і застосування для знезараження у системах очищення води та у місцях високого скупчення людей. Так внаслідок випромінювання на рівні 280 - 315 нм[3] пошкоджуються клітини ДНК, що призводить до загибелі більшості мікроорганізмів.

Також великої значущості у світовій практиці здобули інтегровані IoT (Internet of Things) системи моніторингу та збирання даних. Ці системи працюють через зв’язок пристроїв та датчиків і передають інформацію через мережу Інтернет, що дозволяє отримувати інформацію про усі необхідні параметри у реальному стані. Такі датчики здатні зчитувати інформацію про стан худоби, а також і дані навколишнього середовища (температура, вологість, якість повітря та рівень освітлення), що беззаперечно робить їх невіддільною частиною сучасних ферм.

Не зважаючи на свої очевидні переваги, впровадження таких систем має і деякі значні недоліки. Так необхідно мати надійне та безперебійне підключення до Інтернету, що, наприклад, для українських фермерів наразі може викликати проблеми через загрозу відключень енергії. Важливим також є питання безпеки даних і конфіденційності. А також варто зважати і на економічну складову: затрати на впровадження таких систем можуть бути значними і для деяких, особливо невеликих господарств це може бути великою проблемою залучити значну суму грошових інвестицій. Тому, зважаючи на необхідну кількість таких систем, маленькі ферми можуть відмовитися від їх впровадження, попри очевидні переваги.

Відсутність або ж достатньо поверхневі знання у сфері розвитку і впровадження розумних ферм, може викликати небажання і спротив у їх проваджені у власників. Тому також є велика необхідність проведення тренінгів та семінарів для фермерів і створення програм державної підтримки, наприклад, надання кредитів на розвиток ефективної автоматизації виробництва під мінімальні відсоткові ставки або ж впровадження дотацій від держави.

Запровадження ефективної автоматизації на тваринницьких господарствах є важливою частиною до свідомого виробництва продукції в сучасному аграрному секторі. Це допоможе створити та підтримувати сталий розвиток галузі.

**Список використаних джерел**

1. Ревенко І.І., Брагінець М.В., Хмельовський В.С. Машини та обладнання для тваринництва. К.: ТОВ «ЦП Компринт». 2018. 567 с.
2. Agri Guide Automating Systems In Livestock Facilities: https://thefarminginsider.com/automating-livestock-facilities/
3. Довбненко О.Ф. Агробізнес сьогодні Очищення та знезараження тваринницьких ферм: https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/16419-ochyshchennia-ta-znezarazhennia-tvarynnytskykh-ferm.html
4. Редакція Blog Imena.UA Автоматизація роботи фермерів: закордонний досвід: https://www.imena.ua/blog/automatic-farm/
5. Мікроклімат у корівниках і телятниках: комплексний підхід. Сій добро, 2018: https://siydobro.com/systema-mikroklimatu-u-korivnykakh-ta-svynokompleksakh/mikroklimat-u-korivnykakh-i-teliatnykakh-kompleksnyy-pidkhid/

**УДК 656.073:621.873:681.5**

## АКТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ РОБОТИЗОВАНИМ БАШТОВИМ КРАНОМ

**Ю. О. РОМАСЕВИЧ**, д.т.н, професор
**Д. І. ВЕЛИКОІВАНЕНКО**, аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Зважаючи на зростання масштабів будівництва та потребу в автоматизації, оптимальне планування траєкторій переміщення вантажу баштовим краном стає визначальним фактором підвищення продуктивності та безпеки на будівельних майданчиках. Це завдання ускладнюється динамікою крана (зокрема, маятниковими коливаннями) та наявністю обмежень (швидкість, прискорення, кут відхилення канату з вантажем від вертикалі тощо). У цій тезі проаналізовано низку наукових робіт, що пропонують сучасні методи та алгоритми для вирішення зазначеної проблеми.

Дослідження [1] та [2] зосереджені на розробленні алгоритмів оффлайн та онлайн планування траєкторій. Автори пропонують використання ключових точок (waypoints) з урахуванням обмежень на швидкість, прискорення та кут відхилення вантажу. Застосування методу обмеженого квадратичного програмування (QP) дає змогу швидко генерувати нові траєкторії за зміни початкових або кінцевих умов. Експериментальні результати вказують на

суттєве зниження середньої відстані відхилення канату порівняно з традиційними методами, що підвищує точність та ефективність процесу.

У роботі [3] приділено увагу підвищенню точності та безпеки керування баштовим краном завдяки зменшенню маятникових коливань вантажу. Створено детальну динамічну модель крана з подвійним маятниковим ефектом, а для придушення коливань і покращення точності позиціонування вантажу застосовано алгоритми оптимізації керуючих сигналів. Експериментальні випробування підтверджують ефективність запропонованого методу порівняно з типовими підходами, однак адаптація до зовнішніх збурень (наприклад, вітрових поривів) залишається викликом для подальших досліджень.

У статті [4] автори пропонують адаптивний вхідний формувач, що керує коливаннями вантажу баштового крана із п’ятьма ступенями свободи (5-DOF). Інноваційною складовою є застосування нейронних мереж для адаптації формувача за наявності невизначеностей у параметрах моделі. Таким чином, система керування здатна «навчатися» в реальному часі, підтримуючи стабільність та точність переміщення вантажу, що особливо важливо для роботизованих баштових кранів. Експерименти засвідчили перевагу адаптивного підходу над класичними методами придушення коливань.

Таким чином, проведений вище аналіз демонструє, що оптимальне планування траєкторій для роботизованих баштових кранів передбачає комплексне врахування кінематичних та динамічних факторів, маятникових коливань і можливих змінних умов експлуатації. Особливої уваги заслуговують алгоритми, здатні до адаптації в режимі реального часу, оскільки вони забезпечують високу точність, робастність і мінімізують ризик аварійних ситуацій. Перспективним напрямом подальших досліджень є поєднання методів оптимізації з адаптивними та інтелектуальними контролерами, що дасть змогу підвищити ефективність і безпечність будівельних процесів, зокрема у складних умовах експлуатації.

## Список використаних джерел

1. Burkhardt, M., Gienger, A., & Sawodny, O. (2024). Optimization-Based Multipoint Trajectory Planning Along Straight Lines for Tower Cranes. IEEE Transactions on Control Systems Technology, 32(1), 290-297. https://doi.org/10.1109/TCST.2023.3308762

2. M.N. Vu, P. Zips, A. Lobe, F. Beck, W. Kemmetmüller, A. Kugi. (2020). Fast motion planning for a laboratory 3D gantry crane in the presence of obstacles. IFAC-PapersOnLine, 53(2), 9508-9514. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2427

3. Ye, J.; Huang, J., "Control of Beam-Pendulum Dynamics in a Tower Crane With a Slender Jib Transporting a Distributed-Mass Load," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 70, no. 1, pp. 888-897, January 2023, doi: 10.1109/TIE.2022.3148741.

4. S.M. Fasih ur Rehman, Z. Mohamed, A.R. Husain, L. Ramli, M.A. Abbasi, W. Anjum, M.H. Shaheed. "Adaptive input shaper for payload swing control

of a 5-DOF tower crane with parameter uncertainties and obstacle avoidance." Automation in Construction, Volume 154, October 2023, 104963. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104963

**УДК 614.82**

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАКОПИЧЕННЯ ВТОМНОЇ ПОШКОДЖЕНОСТІ ЗА ДЕФОРМАЦІЙНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ІНЖЕНЕРНОЇ ПОВЕРХНІ

**О. В . ВОЙНАЛОВИЧ**, к.т.н., доц.
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***,
**Г. Г. ПИСАРЕНКО**, д.т.н., проф.,
**А. М. МАЙЛО**, к.т.н.,
**А. В. БЯЛОНОВИЧ**, к.т.н.
***Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України***
*E-mail:* voynalovich@nubip.edu.ua, georgiy.pysarenko@gmail.com

Відомо, що часто причиною передчасного зруйнування деталей, вузлів і машин є неврахування конструкторами механічних властивостей конструкційних матеріалів, що зумовлюють втомне пошкодження за тривалої експлуатації, зокрема через відсутність обґрунтованої методології оцінення характеристик опору втомі металоконструкцій за змінами деформованих параметрів інженерної поверхні. Необхідно враховувати результати втомних випробувань, що характеризують природну неоднорідність конструкційного матеріалу, як чинник технологічного впливу на розсіювання даних експерименту, а також на кінетику пошкоджуваності за циклічного навантажування [1]. Дослідження характеристик деформаційного пошкодження поверхні сталей та сплавів за впливу експлуатаційних чинників є актуальним науково-технічним завданням, вирішення якого створює нові можливості для ефективного підвищення експлуатаційної надійності сучасних машин.

У цій роботі на вібростенді з електрострикційним збудженням коливань випробовували на втому плоскі зразки двоступінчастої форми з конструкційної сталі марки Ст 20. Втомні випробування проводили з частотою навантажування близько 13 кГц. Амплітуду коливань зразків під час циклічного навантажування підтримували на частоті резонансу коливальної системи.

На окремих етапах втоми, припиняючи циклічне навантажування, послідовно отримували спеклограми поверхні у зоні максимальних циклічних напружень у зразках. Ступінь локалізації втомного пошкодження оцінювали за зміною зображення спеклограм щодо амплітуди деформаційних локальних максимумів (мінімумів) вибірки даних, що корелюють з характеристикою розподілу середньоквадратичного значення амплітуди виміряного значення

локальних максимумів (мінімумів) рельєфу поверхні у зоні максимальних деформацій зразка.

Згідно з розробленим методом мікрорельєф розвинених смуг ковзання, сформований на поверхні зразків, у проміжках припинення циклічного навантажування освітлювали когерентним промінням (рис. 1), а у напрямку відбитого від поверхні проміння на світлодіодній матриці з'являлося поле віртуальних спеклів з дискретним розподілом яскравості. Аналіз структури спеклограм дозволяє кількісно оцінити ступінь накопичення дефектів поверхні зразка [2].

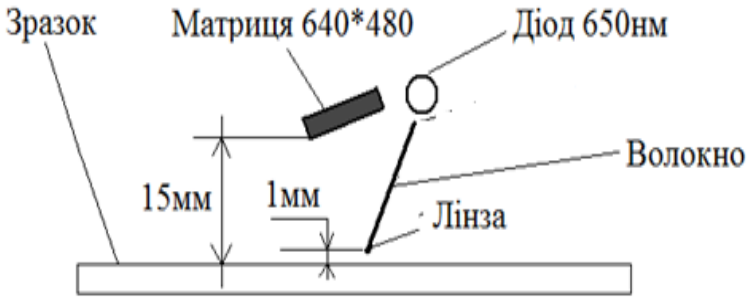



Рис. 1. Оптико-механічна схема реєстрації зображення спеклограм

Щоб зареєструвати параметри просторового вимірювання мікропластичних деформацій поверхні, використано метод подвійного віддзеркалення когерентного проміння та програми цифрового обробляння статистичних параметрів розподілу дискретних деформацій поверхні [3]. Використано алгоритми програм цифрового обробляння просторових зображень «PAST» та «WSxM». Для аналізу кореляційних характеристик спеклструктури було застосовано методичні підходи згідно з вимогами ISO 25178.

Аналіз еволюції рельєфу поверхні полікристалу на стадіях втоми показує, що макроруйнування є переходом розсіяного руйнування матеріалу від накопичення мікропластичних дефектів до порушення цілісності конструкційного елемента, як це зазначено на діаграмі Такахаші-Кітагави [4]. Накопичення пластичних деформацій на стадії зародження макротріщини досягає критичного стану, який характерний для рельєфу поверхні на стадії переходу від розсіяного пошкодження до зародження макротріщини на поверхні у разі локалізації втоми гетерогенного матеріалу.

На основі кореляційних залежностей пошкодженості, накопиченої на стадіях втоми зразків, побудовано кінетичну характеристику, з якої можна виявити тривалість навантажування, коли розсіяне пошкодження переходить до іншої стадії втоми із зміненням механізму руйнування (рис. 2). За відносної довговічності понад 80 % нахил графіка змінюється так, що стає практично горизонтальним [5]. Для оцінення кількісного впливу тривалості навантажування на кінетику пошкодженості у відносній формі запропоновано використати значення індексу навантаженості (індексу деформування) $K$, який визначають за формулою

$$K = [-I_{min}/I_{max}] \cdot 100\%.$$

де $I_{max}$ - амплітуда локального максимуму, $I_{min}$ - амплітуда локального мінімуму.

Висновок. У роботі було отримано експериментальні ознаки того, що локальному руйнуванню металу за циклічного навантажування передує наявність мікропластичної деформацій поверхневого шару, як характеристики пошкодження, що виникає на стадії розсіяного руйнування за пружно-пластичного деформування. Це узгоджується із загальною ознакою розвитку руйнування за механічного навантажування, незалежно від його виду, і є мірою вичерпання пластичних властивостей металу в локальній зоні зародження макротріщини на поверхні металоконструкції за динамічного і статичного навантажування.

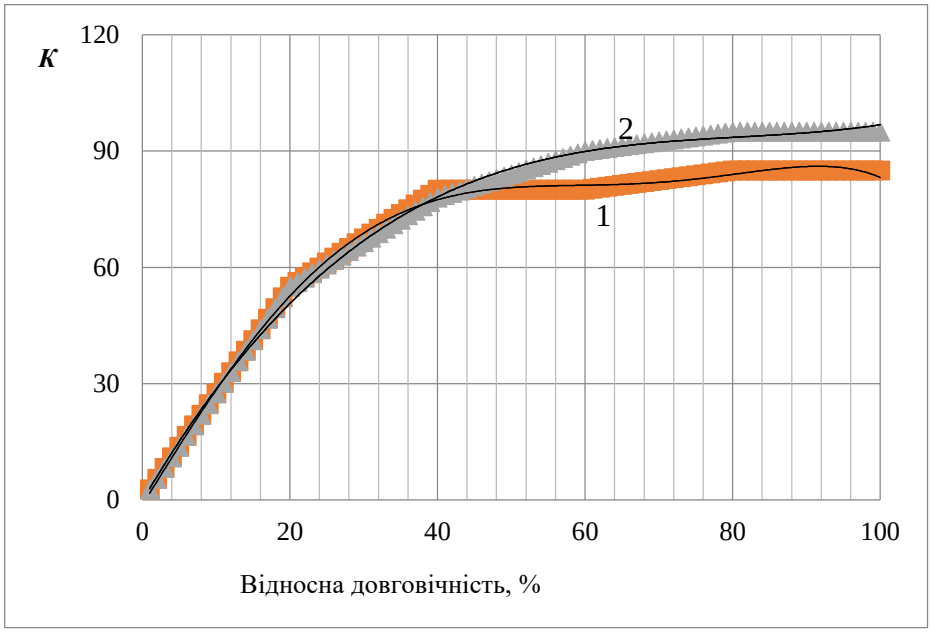



Рис. 2. Кінетичні характеристики накопичення втомного пошкодження зразків Ст 20 (1 – графік розраховано за експериментальними даними; 2 – апроксимація степеневою фунцією)

## Список використаних джерел

1. Pysarenko G., Voynalovich O., Maylo A., Pysarenko S. Deformation defects of the structural material as a factor of life aging. *Procedia Structural Integrity. 1st Virtual International Conference "In service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction"*. 2022. Vol. 36. pp. 30-35.

2. Georgy Pysarenko, Oleksandr Voinalovych, Andriy Mailo, Stepan Pysarenko. A methodical approach to determining the damage characteristics of cyclically loaded samples of metal structures. *Machinery & Energetics*. 2022. Vol. 13, No. 4. pp. 28-37.

3. Писаренко Г.Г., Бялонович А.В., Матохнюк Л.Є., Войналович О.В., Лиманський І.В., Гопкало О.Є., Майло А.М. Кореляційні характеристики

деформаційного рельєфу алюмінієвого сплаву за багатоциклової втоми. *Проблеми міцності*, 2024. № 1. С. 1-10.

4. Писаренко Г.Г., Войналович О.В., Майло А.М., Писаренко С.Г. Метод безконтактного визначення амплітуди деформації накопиченого експлуатаційного пошкодження металоконструкції. *Machinery & Energetics. Journal of Production Research. Kyiv. Ukraine*. 2021. 12(3). С. 25-32.

5. Писаренко Г.Г., Войналович О.В., Бялонович А.В., Майло А.М., Лиманський І.В. Характеристика пошкодженості конструкційної сталі за багатоциклової втоми на межі непружного деформування. *Проблеми міцності*, 2024. № 6. С. 11-20.

**УДК 631.358:62**

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ВЕДУЧИХ МОСТІВ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ ХТЗ

**А. В. ШЕВЧЕНКО,** студент магістратури
**Д. В. СТРІЛЕЦЬ,** студент магістратури
**В. А. СИВОЛАПОВ,** старший викладач
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Основними несправностями ведучих мостів є: знос поверхонь тертя деталей; підшипників, їх посадочних місць; утомне руйнування зубів шестерень, знос шліців.

Поява сторонніх шумів в ведучих мостах, надмірний нагрів окремих ділянок корпусу вказує на руйнування або заклинювання підшипників, знос зубів шестерень.

Конструкція ведучих мостів досить надійна і зазначені вище несправності зустрічаються досить рідко. Як правило, вони виникають при неправильному складанні після ремонту або порушенні правил експлуатації.

Протікання масла через стики і сальники може з'явитися в результаті підвищення тиску в картері при нагріванні. Останнє є наслідком забивання отворів в сапуні. Тому отвори в сапуні необхідно систематично прочищати.

При нормально працюючому сапуні витікання масла через роз'єми і з-під кришок виникає внаслідок руйнування прокладок. Якщо після очищення сапуна витік масла триває, замінюють ущільнення моста.

Зношені сальники кінцевих передач можуть пропускати масло до гальмівного механізму. Ознакою несправності служить зниження ефективності гальм і витікання масла з гальмівного механізму.

Зношені сальники замінюють. Для цього відгвинчують гайку кріплення фланця і спресовують його з ведучої шестерні з допомогою знімача, потім

відгвинчують болти кріплення стаканів підшипників ведучої шестерні і корпуса манжети ущільнень і витягують його з розточування стакана. Після заміни сальника перед складанням перевіряють стан поверхні, що сполучається з сальником. При виявленні пошкоджень їх необхідно усунути тонким наждачним папером.

Нормальна робота головної передачі супроводжується рівномірним глухим шумом низького тону без різких ударів і стукотів. При збільшенні бічного зазору між зубами конічних шестерень головної передачі і, особливо при неправильному регулюванні бічного зазору, шум головної передачі посилюється, супроводжується дзвінкими металевими ударами.

Не слід зменшувати зазор для компенсації зносу зубів, що тривалий час працювали без ненормального шуму і стукотів, за допомогою регулювання, так як це може привести до швидкого руйнування зубів.

Металевий стукіт, прослуховується в зоні корпусу підшипників ведучої шестірні головної передачі, вказує на граничний знос або руйнування конічних роликових підшипників 7614; 7313, на збільшення зазору в зачепленні зубів ведучої і веденої конічних шестерень.

Причинами постійного або переривчастого стуку також може бути вищерблення або відколи зубів на шестернях передачі, потрапляння металевих осколків від зубів, сепараторів, роликів підшипників. Крутний момент від карданного валу не передається ведучим колесам трактора.

Основна причина такої несправності - поломка зубів конічних шестерень, зріз штифтів і призонних болтів кріплення веденої шестерні до корпусу диференціала.

Призонні болти можуть зрізані з різних причин. В процесі експлуатації слабшає посадка болтів, внаслідок недостатньої затяжки при складанні на заводі-виробнику, на ремонтному підприємстві або при неточному розвертуванні отворів, при установці болтів і штифтів із сталі низької якості.

Скрегіт в зоні головної передачі і диференціала при поворотах трактора, відсутність блокування коліс вказують на граничний знос деталей, поломку шліців або руйнування дисків тертя механізму блокування диференціала.

При зрізі шліців півосі, поломці ведених або ведучих дисків тертя, їх граничний знос по товщині диференціал коліс не блокується, що погіршує його прохідність і тягові властивості.

Поломка одного або декількох дисків тертя веде до інтенсивного зношування торців напівосьових шестерень і фланців диференціала. Це призводить до збільшення зазорів в зубчастому зачепленні сателітів і напівосьових шестерень, а іноді і до їх руйнування. В цьому випадку витягають головну передачу в зборі, розбирають дифференціал і замінюють деталі.

При появі тріщин корпуса моста рекомендуються такі методи «холодного» зварювання чавуну:

- напівавтоматичне газоелектричне зварювання спеціальним дротом ПАНЧ-11;

- напівавтоматичне газоелектричне зварювання дротом МНЖКТ-5-1-02-02 марки А ø1,0... 1,2 мм в середовищі аргону виконують при постійному струмі 80...120 А зворотної полярності, напрузі 20...25 В, швидкості подачі дроту 7...11 м/хв, витраті аргону 6...9 л/хв. Рекомендується проковування шва. Для зварювання дротом ПАНЧ-11 і МНЖКТ використовуються сучасні напівавтомати. Найкращі результати забезпечуються при зварюванні на установках типу УДГ-301 і використання зазначених дротів у вигляді присадочного матеріалу;

- зварювання електродами МНЧ-1, виготовленими з монель-металу (63% Ni + 37% Cu) зі спеціальним фтористо-кальцієвим покриттям типу УОНІ-13/55, виконують електродами ø3...4 мм при постійному струмі 140 ...150 А зворотної полярності, короткою дугою, невеликими ділянками довжиною 20...30 мм, які відразу ж проковують. Метал шва є в'язкий залізо-нікеле-мідний сплав. Нікель необмежено розчиняється в залізі, а нікелевий аустеніт, що утворюється, розчиняє велику кількість вуглецю без утворення карбідів і забезпечує високу пластичність, низьку твердість і хорошу оброблюваність шва;

- зварювання електродами ЦЧ-4 ø3...4 мм зі сталі Св-08 або Св-08А з фтористо-кальцієвим покриттям, що містить титан або ванадій, ведуть при постійному струмі 120...130 А зворотної полярності та напрузі дуги 20 В. Після накладання валика рекомендується його проковування. Сприятливо дається взнаки підігрів деталі до 150...200°С. Ванадій пов'язує вуглець у важкорозчинні дрібнодисперсні карбіди. Недолік електродів ЦЧ-4 - можливість виникнення тріщин у середині шва;

- зварювання електродами Ц4-3А (Св-08Н50) з фтористо-кальцієвим покриттям, що містить до 5,25% кремнію (рекомендується для деталей з модифікованого чавуну);

- при зварюванні електродами ОЗЧ-1 з мідного електродного дроту з фтористо-кальцієвим покриттям, що містить залізний порошок, метал шва являє собою залізо-мідний шар (89% Fe + 11% Cu) з високою пластичністю, щільністю і міцністю, але поганою оброблюваністю. Процес зварювання рекомендується вести при струмі 150 А зворотної полярності і напрузі 20 В, короткою дугою, невеликими ділянками довжиною 30...60 мм. Кожну ділянку шва слід проковувати і продовжувати зварювання лише після охолодження шва до 50...60°С. Щільність з'єднання може бути підвищена за рахунок застосування електрода ОЗЧ-1 у поєднанні з електродами МНЧ-1, якими наплавляють останній шар. Так як зона підвищеної твердості створюється по межі сплавлення, для поліпшення оброблюваності шва перші шари рекомендується наплавляти також електродами МНЧ-1;

- напівавтоматичне зварювання тонким електродним дротом Св-08Г2С ø1,0...1,2 мм в середовищі вуглекислого газу проводять на такому режимі: сила струму 80...100 А зворотної полярності, напруга 20...22 В, витрата газу 6...9 л/хв.

**Список використаних джерел**

1. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; За ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.

2. Новицький А. В., Карабиньош С. С., Ружило З.В. Організація сервісного виробництва. К.: НУБіП, 2017. 212 с.

**УДК 621.791.052**

# ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ІНТЕГРОВАНОГО ГАЗОПОЛУМЕНЕВОГО НАПИЛЮВАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ

**Є. С. ДЕРЯБКІНА**, к.т.н. доцент,
**В. А. БАНТКОВСЬКИЙ**, доцент
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків***
*E-mail:* derjabkina@btu.kharkov.ua

До сучасних прогресивних технологічних процесів відноситься процес газотермічного напилювання, який полягає у нанесенні покриттів на поверхні деталей різної конфігурації з використанням високотемпературного швидкісного струменя із вмістом частинок порошку або краплин розплавленого матеріалу, що осаджується на поверхні під час ударного зіткнення. Напилюванням можна наносити покриття з різних металів і сплавів як на металічну, так і на неметалічну (кераміку, скло тощо) основу. До основних видів газотермічного напилювання, залежно від джерела теплової енергії для розплавлення металу, відносяться газополуменеве і газоелектричне (електродугове і плазмове) [1].

При відновленні деталей (компенсації зношеного шару) газополуменеве напилювання має ряд суттєвих переваг відносно інших видів нарощування поверхонь: формування покриттів із широким спектром заданих властивостей, у тому числі - створення зміцненого поверхневого шару, який має високу стійкість проти зношування завдяки вибору матеріалу і технологічних режимів напилювання; незначне нагрівання деталі (до 200 С), що дозволяє зберігати структуру і властивості основного матеріалу, уникнути додаткових трудомістких технологічних операцій термообробки; нанесення покриттів із товщиною в широкому інтервалі – від сотих часток міліметрів до кількох міліметрів при високій продуктивності процесу; напилювання для захисту поверхонь від корозії і надання їм привабливого декоративного вигляду. Газополуменевому напилюванню взагалі притаманні – висока продуктивність (до 8-10 кг/год) та коефіцієнт використання матеріалу (більше 95%), локальніст обробки (впливу на деталь), можливість нанесення покриттів на вироби

великих розмірів, відсутність обмежень на поєднання матеріалів покриття та підшару, що дозволяє охопити значну номенклатуру деталей, що підлягають відновленню [2].

У сьогоденні, у зв'язку зі стрімким розвитком технологій та їх проникненням у всі сфери людської діяльності, все більш актуальним становиться використання інформаційних та комп'ютерних систем для автоматизації різноманітних процесів та спрощення вирішення тих чи інших задач. Особливо слід виділити використання цих систем у науковій і науково-освітній діяльності, спрямоване на їх впровадження для розв'язання різноманітних інженерних задач [3, с.15]. Досліджено особливості використання пакету системи Maple для визначення оптимальних режимів інтегрованого газополуменевого напилювання зносостійких відновлювальних покриттів на деталях засобів транспорту.

Сучасний етап розвитку газополуменевого напилювання характеризується вдосконаленням технології отримання покриттів шляхом комбінування напилювання з іншими технологічними методами для забезпечення можливості керування властивостями покриттів при їх нанесенні та подальшій обробці і експлуатації. Одним з варіантів такого комбінування є застосування механічної обробки щітковим інструментом. Правильний вибір сукупності технологічних параметрів відіграє важливу роль отримання якісних покриттів. Сучасні експериментально-статистичні методи планування та аналізу експерименту ефективні щодо складних багатофакторних процесів і потребують значних матеріальних витрат і тривалих термінів.

Метою планування експерименту при розробці інтегрованого процесу газополуменевого нанесення зносостійких покриттів на деталі засобів транспорту при відновлення є визначення оптимальних параметрів механічної обробки щітковим інструментом для підвищення міцності зчеплення покриття з основою як одного з основних факторів, що визначають його якість. Такими параметрами обрані: $x_1$ - діаметр голок (мм), $x_2$ - вільна довжина голок (мм), $x_3$ - швидкість обертання щітки (об / хв.), $x_4$ - щільність розташування голок (шт / см$^2$). Так як необхідно знайти оптимальні значення факторів, то область оптимуму повинна описуватись як мінімум рівнянням другого порядку:

$$\overline{y} = b_0 + \sum_{i=1}^{n} b_i x_i + \sum_{j,i=1}^{n} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1} b_{ii} x_i^2 \qquad (1)$$

Для даного центрального композиційного ортогонального планування другого порядку за чотирма факторами в системі Maple була створена програма, що дозволяє вирішити задачу визначення максимальної міцності зчеплення від параметрів щіткової обробки та їх оптимальні значення. Використання цієї програми дозволило побудувати багатофакторну регресійну модель другого порядку, оцінити значимість коефіцієнтів регресії за критерієм Стьюдента при рівні значимості 0,05 і числі ступенів свободи $N_0$-$_1$=3. За допомогою програми дана модель наведена до звичайної форми запису:

$$\bar{y} = -0{,}49206 + 21{,}06752x_1 + 0{,}32232x_2 + 0{,}00638x_3 + 0{,}43316x_4 - 0{,}05625x_1x_2 + \\ + 0{,}00123x_1x_3 + 0{,}00833x_1x_4 - 0{,}00002x_2x_3 + 0{,}000003x_3x_4 - 13{,}84025x_1^2 - \\ - 0{,}00299x_2^2 - 0{,}000002x_3^2 - 0{,}00696x_4^2 \qquad (2)$$

Ця модель перевірена на адекватність за допомогою критерію Фішера за рівня значущості α=0,05. Програмний розрахунок показав, що нелінійна модель адекватна, так як $F_P < F_T$ (0,97 < 8,79). Звідси випливає, що її можна застосувати для знаходження оптимальних точок, у яких досягається максимум міцності зчеплення. Складена програма у системі Maple дозволила визначити ці точки, і навіть знайти значення $\bar{y}$.

Таким чином визначені оптимальні значення діаметра голок $x_1$= 0,78 мм, з вільною довжиною голки $x_2$=39,6 мм при оптимальній кількості обертів $x_3$=2097 об/хв і щільністю розташування голок $x_4$=32 шт/см$^2$. За цих оптимальних значеннях максимальна міцність зчеплення склала 27,86 МПа (при традиційному газополуменевому напилюванні - 20,4 МПа) [4]. На рис. 1 (а-е) наведено залежність міцності зчеплення газополуменевого покриття з основою при двох оптимальних значеннях параметрів щіткової обробки.

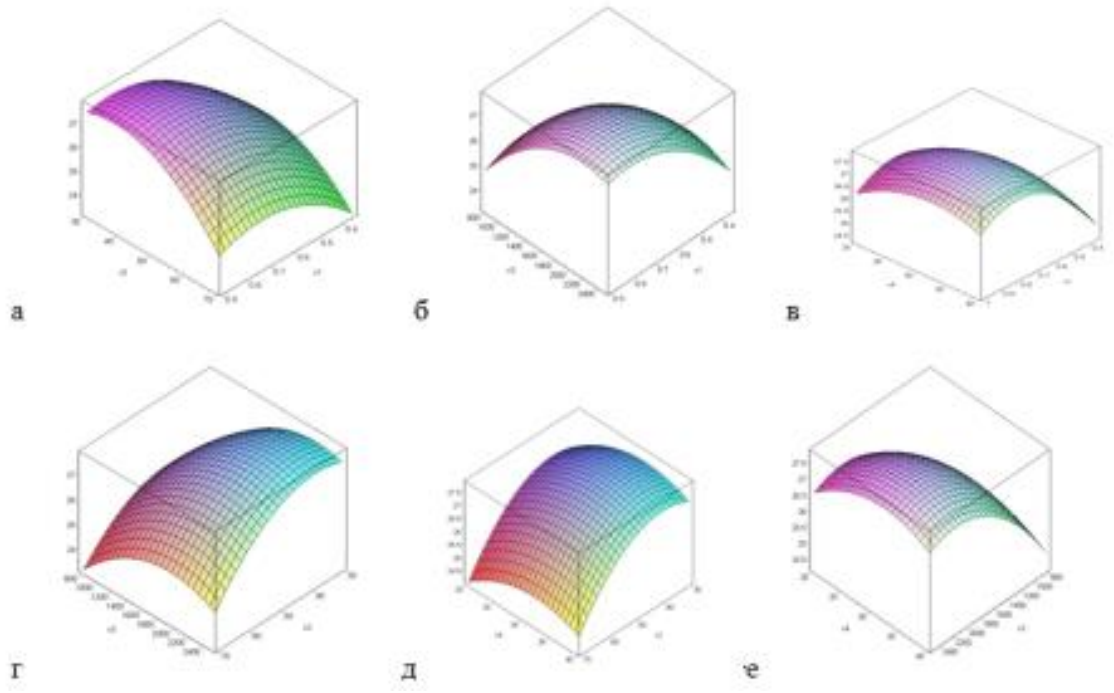



Рис. 1. Залежність міцності зчеплення газополуменевого покриття від параметрів механічної обробки: а - при $x_3$=2097 об/хв та $x_4$=32 шт/см$^2$; б - при $x_2$=39,6 мм і $x_4$=32 шт/см$^2$; в - при $x_3$=2097 об/хв. і $x_2$=39,6мм; г - $x_1$=0,78 мм і $x_4$=32 шт /см$^2$; д - $x_1$=0,78 мм та $x_3$=2097 об/хв.; е - $x_1$= 0,78 мм та $x_2$=39,6мм.

З рис. 1 наочно видно, що є точка максимуму міцності зчеплення газополуменевого покриття, що залежить від параметрів $x_1, x_2, x_3, x_4$.

**Список використаних джерел**

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник. / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло, О.В. Тіхонов та ін.;За ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – 2-е вид. перероб. доп. – Харків: «Міськдрук», 2014. – 742с.
2. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1 / Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С. та інші. \ За ред.О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонова. Навчальний посібник. – Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018 – 416с.
3. Васильєва Л.В., Гетьман І.А.Використання комп'ютерних технологій для розв'язання оптимізаційних задач в економіці: навч. посібник / Краматорськ : ДДМА, 2011. – 200 с.
4. Лузан С.А., Дерябкина Е.С. Определение оптимальних значений параметров иглофрезы и скорости её вращения при совмещении способа газопламенного напыления с иглофрезерованием/Науковий вісник будівництва/ ХДТУБА, 2009.- С.249-253.

**УДК 631**

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

**І. П. СИСОЛІНА**, к.т.н., доц.
***Центральноукраїнський національний технічний університет***

Четверта промислова революція і становлення та розвиток Суспільства 5.0 викликають інноваційні зміни, у тому числі і у сільському господарстві. Впровадження штучного інтелекту дозволить створення і використання агророботів та сільськогосподарських машин без водія (або повністю автономних, або таких, що будуть перебувати під наглядом, тобто коли людина дистанційно контролює транспортні засоби) [1]. Крім того, автономні транспортні засоби можуть використовувати застосунки на основі GPS, бути оснащеними камерами і датчиками. Це дозволить ефективно збирати необхідні дані (відстежувати стан і якість посівів тощо).

Серед виробників тракторів, така фірма як John Deere представила зразки тракторів з електрогенераторами [3].

Тривають дослідження різних технологій в напряму зниження вартості та екологічності акумуляторів, таких як безкобальтових (натрієвих) або твердотільних, знаходження альтернативного палива, наприклад низьковугліцевий водень, за рахунок прогресу у технології електролізерів (очікується, що ринок екологічно чистого водню зросте на 61% до 2027р. [2])

Технологія за якою найближче майбутнє це система точного землеробства, розглянемо напрями, що стосуються сільськогосподарського машинобудування, це - датчики врожайності, агороботи, дрони тощо.

Здійснювати детальний моніторинг стану полів, вже можливо використовуючи супутникові знімки та агродрони. Ці системи призначені, щоб допомагати визначати найбільш ефективні способи обробітку ґрунту та оптимальне розподілення добрив.

Використовуючи геоінформаційні технології в сільському господарстві, фермери можуть складати карту поточних і майбутніх змін кількості опадів, температури, врожайності, здоров‘я рослин тощо.

Супутникові знімки дозволяють оцінити стан полів з висоти, виявити проблемні ділянки та оперативно реагувати на зміни.

Датчики врожайності вимірюють вологість, температуру та інші параметри, що впливають на розвиток рослин та дозволяють застосовувати диференційоване внесення добрив.

Сільськогосподарські (агро-) роботи можуть бути застосовані при автоматизації збирання фруктів, оранці полів, догляду за ґрунтом, прополюванні посівів, зрошенні та інших необхідних технологічних операціях.

Отже, фермерам не потрібно обробляти все поле, а обробляти тільки певні ділянки, застосовуючи штучний інтелект, вони можуть зменшити кількість одиниць та тривалість використання сільськогосподарської техніки, зекономити гроші, зусилля і час.

## Список використаних джерел

1. Кононенко Л., Сисоліна І., Сисоліна Н. Формування стратегії підприємствами агропромислового комплексу в умовах циркулярної економіки // Економічний простір, (184), 91-94. (2023). – Режим доступу:
https://doi.org/10.32782/2224-6282/184-15
http://prostir.pdaba.dp.ua/index.php/journal/article/view/1238

2. Сергій Коноплицький Технологічні тренди 2024року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://speka.media/texnologicni-trendi-2024-roku-py77eq?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=21107681931&gad_source=1

3. Сисоліна І.П., Лузан П.Г. Сучасні інноваційні технології в сільськогосподарському машинобудуванні Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 23-24 лют. 2023 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2023. С. 400-403. – Режим доступу:
https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ab8549b9-aa8d-4ba1-ae9f-5d743c901a68/content

**УДК 621.717:631.3**

# ПАРАМЕТРИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗБІРНО-СКЛАДАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

**В. І. РИС** к.т.н., доцент,
**А. О. ШАРИБУРА** к.т.н., доцент
***Львівський національний університет природокористування***
*E-mail:* rysvasyl@gmail.com

Будь-яка машина являє собою сукупність деталей визначеної номенклатури, відповідним чином взаємо орієнтованих і з'єднаних між собою так щоб їхня взаємна орієнтація була незмінною в процесі використання машини, а рухомі деталі зберігали б задану траєкторію руху. Стабілізація взаємного орієнтування деталей здійснюється переважно за рахунок різьбових з'єднань та посадок з натягом. До основних кріпильних деталей можна віднести різьбові деталі представниками яких є болти, гвинти, гайки, шпильки та інші деталі, що мають внутрішню або зовнішню різьбу, а також штифти, шпонки, шплінти, стопорні кільця, клини та інші спеціальні кріпильні деталі.

Звичайно, що першим кроком у вирішенні проблеми є обґрунтування параметричних рядів обладнання для розбірно-складальних процесів ремонтного виробництва, для чого потрібно вести дослідження у двох основних напрямках: а – доскональному аналізі конструкцій машин; б - аналізі технологічних можливостей відомих інструментів, пристроїв та оснащення [5].

Рядом дослідників було розглянуто вимоги стосовно зони доступності до різьбових з'єднань з використанням гайкових ключів з відкритим зівом [2]. Схеми доступності, які розглядалися даними авторами подано на рисунку 1. В таблиці 1 приведено значення мінімальних зон доступності для складання і розбирання різьбових з'єднань з розміром граней різьбових деталей від 8 до 36 мм для використання ключів з відкритим зівом.

Таблиця 1 – Значення мінімальних зон доступності для складання і розбирання різьбових з'єднань ключами з відкритим зівом

| Зів ключа S | A | $A_1$ | K=E | M | L | $L_1$ | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 8 | 17 | 16 | 7 | 9 | 30 | 24 | 15 |
| 10 | 20 | 18 | 8 | 11 | 36 | 28 | 18 |
| 12 | 24 | 20 | 10 | 13 | 45 | 34 | 22 |
| 13 | 26 | - | | 14 | | | 23 |
| 14 | 28 | 22 | 11 | 15 | 48 | 36 | 24 |
| 17 | 34 | 26 | 13 | 17 | 52 | 38 | 26 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 19 | 36 | 30 | 14 | 19 | 60 | 45 | 30 |

Продовження таблиці 1

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | 42 | 32 | 15 | 24 | 72 | 55 | 36 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 24 | 48 | 36 | 16 | 25 | 78 | 60 | 38 |
| 27 | 52 | 40 | 19 | 28 | 85 | 65 | 42 |
| 30 | 58 | 45 | 20 | 30 | 98 | 75 | 48 |
| 32 | 62 | 48 | 22 | 32 | 100 | 80 | 50 |
| 36 | 68 | 52 | 24 | 36 | 110 | 85 | 55 |

Однак в даному випадку розглядається варіант мінімальної продуктивності, тобто такі умови при яких можна використовувати інструмент з обертанням різьбової деталі на мінімально допустимий кут. Слід зазначити, що ефективність процесів складання і розбирання можна забезпечити двома шляхами: шляхом забезпечення доступності в процесі конструювання виробу і шляхом використання спеціальних інструментів, які дають можливість реалізувати процес складання і розбирання в зонах з обмеженим доступом [6].

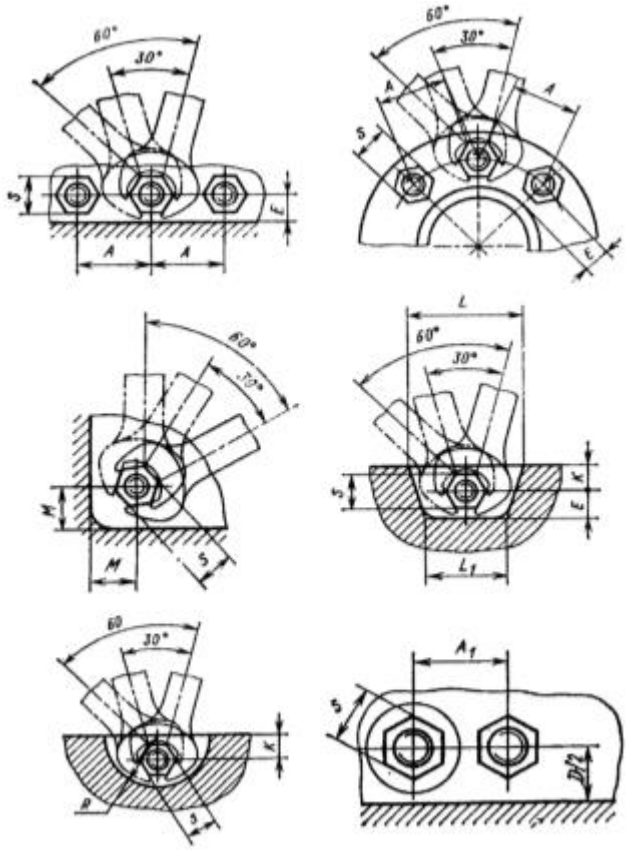


Рисунок 1 – Деякі конструктивні схеми розміщення різьбових з'єднань з обмеженим доступом

Слід зазначити, що в розглянутих на рисунку 1 схемах для використання ключів з відкритим зівом не доцільно розглядати зону доступності з торця різьбових деталей, але упущенням є те, що не розглянуто зону для вільного переміщення важеля ключа, так як в машинах ця зона може бути настільки малою, що встановити ключ з відкритим зівом буде неможливо.

Крім того практика ремонтних підприємств свідчить про те, що ключі з відкритим зівом використовуються в тих випадках, коли неможливе використання інших ключів, так як вони найчастіше спричиняють пошкодження граней різьбових деталей, зіскакують з них, що може бути причиною травмування виконавців робіт. Як відомо, перевагу надають головкам та кільцевим ключам, якими можна передати значно більший крутний момент без пошкодження граней та підвищити продуктивність праці.

На рисунку 2 подано схему для вибору головок і кільцевих ключів. Так, як головки можуть приводитися в дію корбами, простими важелями, важелями з храповим механізмом, а також пневматичними і гідравлічними приводами, то ми приймаємо до уваги комплект головок з простими важелями фірм S&R, STANLEY та BILTEMA, що забезпечують мінімальні розміри і найкращу доступність.

В таблиці 2 подано значення мінімальних зон доступності для складання і розбирання різьбових з'єднань кільцевими ключами та головками.

Таблиця 2 – Значення мінімальних зон доступності для складання і розбирання різьбових з'єднань кільцевими ключами та головками

| Розмір, S | Тип і марка ключів | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | кільцевий | | | | головка | | | |
| | S&R | | STANLEY | | S&R | | BILTEMA | |
| | E | h | E | h | E | h | E | h |
| 8 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 5,5 | 6,0 | 55,0 | 11,0 | 68,0 |
| 9 | 7,7 | 7,4 | 7,2 | 6,1 | 6,5 | 55,0 | 11,0 | 68,0 |
| 10 | 8,2 | 8,3 | 8,0 | 6,5 | 11,0 | 68,0 | 11,0 | 68,0 |
| 11 | 9,0 | 8,0 | 9,1 | 6,8 | 11,0 | 68,0 | 11,0 | 68,0 |
| 12 | 9,8 | 8,4 | 9,3 | 7,2 | 11,0 | 68,0 | 11,0 | 68,0 |
| 13 | 10,2 | 8,6 | 8,9 | 7,7 | 11,0 | 68,0 | 11,0 | 68,0 |
| 14 | 11,2 | 9,6 | 10,7 | 8,0 | 11,0 | 68,0 | 11,0 | 68,0 |
| 15 | 11,7 | 10,0 | 11,3 | 8,9 | 11,0 | 68,0 | 11,0 | 68,0 |
| 16 | 12,4 | 10,5 | - | - | - | - | 11,5 | 68,0 |
| 17 | 13,3 | 10,9 | 12,8 | 9,3 | 12 | 68,0 | - | - |
| 18 | 14,3 | 11,6 | - | - | - | - | 12,5 | 68,0 |
| 19 | 14,9 | 12,0 | 14,3 | 10,3 | 13,0 | 68,0 | - | - |
| 21 | - | - | 15,9 | 11,0 | - | - | 14,0 | 68,0 |
| 22 | 17,0 | 13,0 | 16,3 | 11,6 | 15,0 | 70,0 | 15,0 | 70,0 |
| 23 | - | - | 17,3 | 11,8 | - | - | - | - |
| 24 | 17,7 | 13,5 | 17,7 | 12,0 | 16,0 | 70,0 | 15,8 | 72,0 |
| 27 | 18,9 | 14,5 | - | - | 17,9 | 73,0 | 17,6 | 75,0 |
| 30 | - | - | - | - | 19,8 | 73,0 | 20,0 | 76,0 |
| 32 | 23,6 | 16,0 | - | - | 21,0 | 73,0 | 21,0 | 76,0 |

З таблиці 2 бачимо, що для використання головок з торця різьбового з'єднання потрібно мати місця більше в 4,7...10,8 рази ніж для використання кільцевих ключів, а для головок розмірам до S=14 з квадратом ½ дюйма потрібно значно більше місця ще й в радіальному напрямку різьбового з'єднання.

Користуючись даними таблиці 1, 2 і запропонованими схемами можна провести аналіз конструкції машин і механізмів на їх пристосованість до використання певних типів інструментів і на підставі цього розробити оптимальні технології їх складання та розбирання.

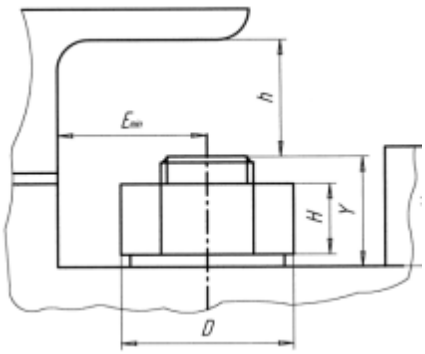



Рисунок 2 – Схема для вибору головок і кільцевих ключів на підставі доступності

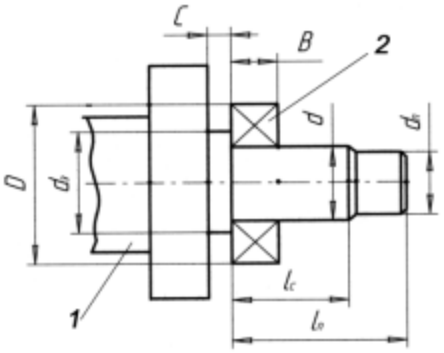



Рисунок 3 – Схема підшипникового вузла для визначення параметрів знімачів: 1- вал; 2- підшипник

**Список використаних джерел**

1. Блауцяк О.І. Критерії вибору інструментів, пристроїв і устаткування для викручування шпильок // Актуальні проблеми аграрного виробництва: теорія, дослідження, практика. Львів. ДАУ: Матеріали міжнародної студентської конференції 29-31 жовтня 2002 року. – 2002. – С 190-193.

2. Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справ очник: В 2 т. – Т1: Сборка изделий машиностроения / Под ред. В.С. Корсакові, В.К. Замятина.- М., 1983. – 480с.

3. Чухрай В.Э., Кулинич І.Я. Механізація складання різьбових з'єднань // Вісник ЛДАУ: Агро інженерні дослідження. – Львів, 2000. - №4. – С. 200 – 207.

4. Чухрай В.Є., Рис В.І. Обґрунтування параметрів обладнання для заміни підшипників вантажних автомобілів // Вісник Львів. ДАУ: Агроінженерні дослідження. – 2003. - № 7. – С 236-246.

5. Чухрай В., Дмитришин І., Блауцяк О., Рудницький Ю. Технології і пристрої для розбирання шпилькових різьбових з'єднань // Вісник Львів. ДАУ: Агроінженерні дослідження. – 2003. - № 7. – С 219-229.

6. Чухрай В., Рис В. Аналіз обладнання для розбирання підшипникових вузлів // Вісник ЛДАУ: Агроінженерні дослідження. – 2004. - №8. С.

**УДК 631.3**

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ

**Р. В. БАЩУК,** викладач
***Конотопський індустріально-педагогічний фаховий коледж***

Особливістю сучасних автомобілів є значна складність їх конструкцій. Ускладнення конструкцій систем і вузлів автомобілів призводить не тільки до зміни рівня їх експлуатаційної надійності, але й до необхідності прогнозування

періодичності та трудомісткості проведення робіт з технічного обслуговування та ремонту [1, 2, 3]. Ефективне використання автомобілів призводить до погіршення їх технічного стану, сприяє частковій або повній втраті працездатності, тобто призводить до несправностей або відмов. Це дуже часто призводить до зростання імовірності виникнення несправностей та відмов при їх використанні. За таких умов стають складнішими процеси виявлення та усунення відмов. Це призводить до зростання витрат часу, праці, коштів на усунення несправностей, відмов та їх наслідків [2].

Існують два найбільш ефективних способи забезпечення працездатності автомобілів в процесі експлуатації [2, 4]: підтримання працездатності під впливом системи технічного обслуговування (ТО); відновлення працездатності, і повного або ж близького до повного ресурсу, яке називається ремонтуванням.

Основні поняття про систему ТО та ремонтування викладені у ДСТУ «Системи технічного обслуговування та ремонтування техніки» [2].

На думку багатьох дослідників [3, 5], системою ТО та ремонтування називають сукупність взаємопов'язаних елементів: об'єктів та засобів для ТО та ремонту, виконавців та інженерно-технічної служби, програми та іншої технічної документації щодо прийняття стратегії, а також за методами та режимами ТО та ремонту. Для відновлення працездатності машин та обладнання сільськогосподарського виробництва можна застосовувати три стратегії [2, 4].

Технічне обслуговування – це комплекс операцій або операція з підтримки працездатності або справності виробу при використанні за призначенням, очікуванням, зберіганням і транспортуванням [1, 4]. Наукова стаття, в якій відображено шляхи відновлення працездатності, формує наступні визначення технічного обслуговування: ТО – це сукупність операцій (очищувально-мийних, кріпильних, регулювальних, мастильних та ін.), мета яких – попередити виникнення несправностей і зменшити величину зношування деталей, а, отже, час підтримувати автомобіль у стані постійної технічної справності та готовності до роботи.

Основною метою комплексу ТО є попередження та відтермінування часу досягнення машиною граничного стану [5]. Мета може бути досягнута, по-перше, запобіжним контролем та доведенням параметрів технічного стану автомобіля (агрегату, механізму) до номінальних або близьких до них значень, шляхом запобігання виникненню відмов. По-друге, зниженням інтенсивності зношування з'єднань деталей, що призводить до попередження відмов в результаті зниження швидкості зміни параметрів технічного стану вузлів, механізмів та агрегатів.

На думку інших дослідників [6, 7], основним призначенням ТО є виявлення несправностей та попередження відмов шляхом своєчасного виконання контрольно-діагностичних, кріпильних, мастильних, заправних, регулювальних, електротехнічних та інших видів робіт без розбирання агрегатів та зняття з машини окремих вузлів.

Рис. 1. Основні види стратегій забезпечення працездатності автомобілів

Таким чином, основні завдання ТО автомобілів включають вирішення наступних проблем: попередження відмов і несправностей; відтермінування моменту досягнення системою граничного значення; підтримання санітарно-гігієнічного стану та задовільного зовнішнього вигляду машин, а також створення умов для ефективного проведення технічного обслуговування і ремонту.

**Список використаних джерел**

1. Надійність машин та обладнання : навчальний посібник. Ч. 1. Оцінка та забезпечення надійності машин та обладнання / А. В. Новицький, З. В. Ружило, О. М. Бистрий, О. О. Банний, В. А. Сиволапов К. : Видавничий центр НУБіП України, 2023. 209 с.

2. Надійність машин та обладнання : навчальний посібник. Ч. 2. Ремонт машин та відновлення деталей. З. В. Ружило, В. І. Мельник, А. В. Новицький, Ю. І. Ревенко, О. М. Бистрий, П. С. Попик, В. І. Мельник. К. : Видавничий центр НУБіП України, 2023. 310 с.

3. Новицький А. В. Моніторинг тенденцій розвитку системи технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки. Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. 2014, Вип. 2 С. 41–48.

4. Новицький А. В., Карабиньош С. С., Ружило З. В. Організація сервісного виробництва. К.: НУБіПУ, 2017. 221 с.

5. Novitskiy A. V., Kharkovskiy I. S., Novitskiy Yu. A. (2021). Monitoring the technical condition of agricultural machinery for guideline materials for its operation. Machinery and Energetics. 12(4), pp. 85–93. DOI:10.31548/machenergy2021.04.085

6. Novytskyi, A. V., Bannyi, O. O. Statistical analysis of functioning of repair service of Ukraine Machinery and Energetics, 2021, 12(2), pp. 39–47. DOI:10.31548/machenergy2021.02.039.

7. Ружило З. В., Новицький А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. 2016, Вип. 2. С. 223 – 231.

**УДК 630.8**

# ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НОЖІВ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ДЕРЕВИНИ

**Р. О. СТОРОЖ,** аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України,***
*E-mail:* greeesss999@gmail.com

В Україні широко використовуються багатофункціональні машини до складу яких входять [1, 2]: обладнання для подрібнення деревини; лісозаготівельні машини; деревообробне обладнання; транспортно-технологічні машини. Слід зазначити, що обладнання для подрібнення деревини, яке надходить на підприємства лісового комплексу повинне відповідати відповідному рівню надійності та підтримуватись в працездатному стані системою технічного обслуговування і ремонтування [3, 4, 5].

Нами проведено ряд досліджень, які направлені на формування надійності обладнання [3] та безпечного використання машин для подрібнення деревини [4].

Згідно програми і методики досліджень, нами в умовах підприємств лісового комплексу проведено аналіз функціонування механізму подрібнення машини для подрібнення відходів деревини GEMZ 560. Аналіз будови та умов використання цієї машини показав, що вона використовується для подрібнення гілок та відходів деревини. В процесі використання машини для подрібнення відходів деревини GEMZ 560 виникають різні види пошкоджень, які призводять до втрати працездатності деталей та складальних одиниць механізму подрібнення: підшипники барабана механізму подрібнення; ножі.

Представлені деталі та складальні одиниці потребують особливої уваги операторів машини та працівників інженерно-технічної служби в процесі експлуатації машин для подрібнення деревини та проведення робіт з метою забезпечення їх працездатності та дотримання вимог щодо якості подрібнення.

З метою забезпечення працездатності механізму подрібнення деревини, слід розробити комплекс заходів для оцінки технічного стану робочих органів.

Комплекс заходів оцінки технічного стану ножів повинен включати: дослідження конструкторсько-технологічних параметрів; обґрунтування граничних і допустимих при ремонті зносів; обґрунтування періодичності заточування та заміни; розробка технології відновлення.

Реалізація зазначеного комплексу заходів дасть можливість запобігти передчасному переходу в граничний стан ножів та підвищити показники надійності машин для подрібнення деревини.

**Список використаних джерел**

1. Новицький А. В., Ревенко Ю. І., Наханьков В. С., Мирець О. С. Надійність засобів подрібнення відходів деревини, як складних технологічних систем. Збірник наукових праць Луцького НТУ, Сільськогосподарські машини. Випуск 33. Луцьк. 2010. Вип. 20. С.223–234.

2. Новицький А. В., Каменецька А. В., Чеботар І. Е. Моніторинг напрямків забезпечення надійності лісогосподарської техніки. Збірник наукових праць Луцького НТУ, Сільськогосподарські машини. Випуск 33. Луцьк. 2015. С. 107–116.

3. Сторож Р. О., Новицький А. В. Передумови формування надійності обладнання для подрібнення деревини. Крамаровські читання: XI Міжнародна науково-технічна конференція з нагоди 117-ї річниці від дня народження проф. В. С. Крамарова 22-23 лютого 2024 р.: тези доповідей. Київ: Видавничий центр НУБіП України. С. 150–152.

4. Сторож Р.О., Новицький А.В. Вимоги до надійного та безпечного використання засобів для подрібнення деревини. OSHAgro – 2024: IV Міжнародна науково-практична конференція 30 вересня 2024 року: тези доповідей. Київ. 2024. с. 101-102.

5. Надійність машин та обладнання : навчальний посібник. Ч. 2. Ремонт машин та відновлення деталей. З. В. Ружило, В. І. Мельник, А. В. Новицький, Ю. І. Ревенко, О. М. Бистрий, П. С. Попик, В. І. Мельник. К. : Видавничий центр НУБіП України, 2023. 310 с.

**УДК 629.4.027**

# ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНИХ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

**П. С. ПОПИК**, к.т.н., доц.,
**Р. А. КУЛЬПІН**, асистент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

У більш ніж 80% деталей тракторів і автомобілів, які надходять в ремонт, знос не перевищує 0,3 мм. Такі деталі доцільно відновлювати нанесенням гальванічних покриттів (залізнення, хромування та іншими способами).

У пошуках шляхів інтенсифікації електрохімічних процесів в даний час намічено два напрямки: удосконалення існуючих і розробка нових електролітів; удосконалення існуючих і розробка нових технологічних прийомів електроосадження покриттів (використання нестаціонарних режимів електролізу).

В результаті проведених досліджень були розроблені електроліти, які дозволяють значно підвищити продуктивність електроосадження металів. Наприклад, надсульфатні електроліти хромування дозволяють проводити процес при щільності струму до 200 А/дм$^2$. При цьому вихід хрому по струму досягає 18-22%. Розроблені також високоефективні холодні електроліти для залізнення. Вони представляють інтерес для ремонтного виробництва, але мають великий недолік: складність приготування, контролю і коригування в умовах ремонтного виробництва.

За останні роки були запропоновані різні способи інтенсифікації процесу електролізу, засновані на використанні нестаціонарних режимів. В цьому випадку, завдяки особливим умовам електрокристалізації, можна значно збільшити щільність струму і продуктивність процесу, отримати покриття із заданими фізико-механічними властивостями. Найбільший інтерес представляють способи осадження металів з проточного електроліту і струменевий, а також спосіб, заснований на використанні різних форм періодичного струму.

На наш погляд, способи осадження металів з проточного і струменевого електроліту є найбільш перспективними для відновлення кузовних та інших великогабаритних деталей (блоки циліндрів, корпуси задніх мостів і коробок передач, колінчасті вали і т.д.). При використанні цих способів немає необхідності ізолювати великі поверхні, які не підлягають покриттю; не потрібні ванни великих розмірів. В той же час при струменевому і проточному осадженні металів за рахунок зменшеного збіднення катодного шару електроліту створюються умови, що дозволяють більш ніж в 2 рази збільшити продуктивність процесу.

При осадженні металів у ваннах інтенсифікація процесу електролізу досягається за рахунок використання періодичного струму. Дослідженнями по вибору найбільш раціональної форми струму і його параметрів, а також впливу режимів електролізу на продуктивність процесу і фізико-механічні властивості покриттів встановлено, що з точки зору простоти, доступності та ефективності впливу на процес електролізу періодичний струм з незалежним регулюванням амплітуд прямого і зворотного імпульсів, отриманий за схемою з зустрічно-паралельним включенням вентилів, дає найкращі результати. Застосування періодичного струму дозволяє збільшити швидкість осадження покриттів зі звичайних простих електролітів в 3-5 разів. При цьому фізико-механічні властивості покриттів не погіршуються, а їх зчеплюваність з основою навіть покращуються. Наприклад, хромування періодичним струмом від універсального електроліту проводиться при щільності струму 160-200 А/дм$^2$, внаслідок чого швидкість осадження хрому становить 140-200 мкм/год. Ще більш ефективне застосування періодичного струму для отримання залізних покриттів. В цьому випадку електроосадження заліза з холодного (при кімнатній температурі) хлоридного електроліту здійснюється при щільності струму 20-40 А/дм2. Швидкість осадження становить 220-440 мкм/год.

Для об'єктивної оцінки ефективності використання періодичного струму розроблено методику визначення виходу металу по струму (коефіцієнту використання струму) з урахуванням його ефективного значення. На сьогоднішній день розроблені високоефективні способи нанесення гальванічних покриттів, які дозволяють не тільки відновлювати, але і зміцнювати зношені деталі машин.

**Список використаних джерел**

1. Мельник В.І. Ружило З.В., Мельник В.І., Новицький А.В., Ревенко Ю.І., Бистрий О.М., Попик П.С. Надійність машин та обладнання. Ремонтування машин та відновлення деталей. Том 2. Навчальний посібник: НУБіП України. Київ. 2023. 313 с.

2. Boiko A., Popyk P., Gerasymchuk I., Bannyi O., Gerasymchuk N. Application of the new structural solutions in the seeders for precision sowing as a resource saving direction. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018, vol. 5, no. 1 (95). pp. 46-53.

**УДК 62:004**

## ІНЖЕНЕРІЯ НАДІЙНОСТІ: РОЛЬ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ДІАГНОСТИЦІ

**Р. А. КУЛЬПІН**, асистент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

У сучасній інженерії надійності цифрові технології відіграють ключову роль у діагностиці технічних систем, забезпечуючи їх ефективність, безпеку та довговічність. Інтеграція цифрових інструментів дозволяє не лише підвищити точність виявлення несправностей, але й запровадити проактивні підходи до обслуговування та прогнозування відмов.

Однією з інноваційних технологій є використання цифрових двійників — віртуальних моделей фізичних об'єктів, які відображають їхній реальний стан у режимі реального часу. Ці моделі дозволяють проводити детальний аналіз поведінки системи, моделювати різні сценарії навантаження та прогнозувати можливі відмови. Наприклад, дослідження, проведене Флоріаном Штадтманном та Аділем Рашидом, демонструє успішне застосування цифрового двійника для виявлення аномалій у плавучій офшорній вітровій турбіні, що дозволило виявити несправність за кілька годин до її фактичного виникнення

Застосування методів машинного навчання, зокрема глибоких нейронних мереж, значно покращує процес діагностики, дозволяючи автоматично обробляти великі обсяги даних та виявляти приховані закономірності. Давор

Колар та його колеги розробили метод діагностики обертальних машин, який використовує тривимірні сигнали акселерометрів як вхідні дані для глибокої нейронної мережі. Цей підхід забезпечив високу точність класифікації станів обладнання без необхідності попередньої обробки сигналів

У сфері радіоелектронної техніки впровадження інформаційних технологій у процеси фізичного діагностування сприяє підвищенню надійності обладнання. Дослідження Сергія Глухова та його колег акцентує увагу на важливості розробки нових рішень для діагностики та обробки діагностичної інформації, що дозволяє з високою достовірністю визначати технічний стан об'єктів та прогнозувати залишковий ресурс

Висновок. Інтеграція цифрових технологій у процеси діагностики в інженерії надійності відкриває нові можливості для забезпечення безперебійної та ефективної роботи технічних систем. Використання цифрових двійників, методів машинного навчання та сучасних інформаційних технологій дозволяє не лише своєчасно виявляти та діагностувати несправності, але й прогнозувати їх виникнення, що сприяє оптимізації процесів обслуговування та підвищенню загальної надійності обладнання.

**Список використаних джерел**

1. Штадтманн, Ф., Рашид, А. Використання цифрового двійника для прогнозування відмов офшорних вітрових турбін [Електронний ресурс] //– 2024. – Режим доступу: https://arxiv.org/abs/2406.02775.

2. Колар, Д., Сміт, Д., Джонс, Р. Глибокі нейронні мережі для діагностики обертальних машин [Електронний ресурс] //– 2019. – Режим доступу: https://arxiv.org/abs/1906.02444.

3. Глухов, С., Іваненко, М., Ковальчук, О. Інформаційні технології в діагностиці радіоелектронної техніки // Вісник Технічної служби ЗСУ. – 2023. – № 4 (48). – С. 35-42. – Режим доступу: https://vtz.asv.gov.ua/article/view/263705.

**УДК 629.33:629.017**

# ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СПЕЦІАЛЬНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ УДОСКОНАЛЕННЯМ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ

**С. В.ХАРЧЕНКО**, асп., **С. В. ЛИСЕНКО**, к.т.н., доц.,
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
**О. Л. ЛЯШУК**, д.т.н., проф., **В. З. ГУДЬ**, д.т.н., проф.
***Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя***
*E-mail:* SV07091976@gmail.com@gmail.com

Подальший розвиток усіх галузей економіки країни, у тому числі й автомобільного транспорту, передбачено основними напрямками розвитку економіки на найближчий час, аж до 2030 року.

Необхідність автомобільних перевезеннях дуже швидко зростає. Особливо це стосується гірничодобувної промисловості. Тому, без поліпшення технічного стану рухомого складу, отже, без підвищення надійності та вдосконалення методів технічного та ремонтного обслуговування, інтенсифікація його використання неможлива.

У зв'язку з цим, завдання підвищення ефективності використання автомобільного транспорту набуває особливої актуальності, оскільки від продуктивності автомобільного транспорту та ступеня його технічної готовності багато в чому залежить успішне виконання планів галузей економіки країни.

Ефективне використання дорогої автомобільної техніки гірничодобувної промисловості, в яку вкладено працю достатньої кількості людей, є одним із доданків якості роботи. Однією з найважливіших завдань підвищення ефективності роботи автомобільного кар'єрного транспорту є якість їх управління в умовах експлуатації.

Слід зазначити, що система технічного та ремонтного обслуговування, що застосовується, значною мірою визначає витрати на експлуатацію автомобільного кар'єрного транспорту. Підвищення технічного прогресу техніки та зміни вимог до її експлуатації вимагають удосконалення системи технічного та ремонтного обслуговування. Тому однією з основних вимог підвищення ефективності виробництва є економічна оптимізація системи ремонтного обслуговування автомобільного кар'єрного транспорту.

Техніко-економічний аналіз, основних тенденцій розвитку ремонтного обслуговування рухомого складу автомобільного транспорту та його агрегатів, як показали проведені дослідження, одним із найперспективніших напрямків, на даному етапі науково-технічного розвитку, є проведення ремонтних обслуговувань заміною зношених елементів з організацією централізованого їх відновлення індустріальними методами. Такий підхід не суперечить та не перешкоджає розвитку інших прогресивних методів, а саме, вдосконаленню

організації та технології капітального ремонтного обслуговування автомобілів та їх агрегатів. Це переважно стосується рухомого складу автомобільного транспорту гірничодобувної промисловості.

Порівняльний аналіз альтернативних стратегій ремонтних обслуговувань автомобільних двигунів показав, що відновлення їхньої працездатності методом заміни зношених елементів, в умовах централізації цих робіт, є найбільш ефективним способом поліпшення використання потенційних властивостей та підвищення ефективності їх експлуатації.

Отже, завдання вдосконалення структури та періодичності ремонтного обслуговування із застосуванням відновлення працездатності двигунів заміною зношених елементів має важливе значення для економіки країни. Тому наявні недоробки в теоретико-методологічному та техніко-економічному плані організації ремонтного обслуговування наполегливо вимагають постановки та вирішення наукової проблеми - підвищення ефективності ремонтного обслуговування двигунів кар'єрних автомобілів-самоскидів.

В роботі розглядалася проблема підвищення ефективності ремонтного обслуговування дизелів автомобілів, що працюють в умовах кар'єрів за рахунок вдосконалення їхньої структури та періодичності.

При вирішенні взаємопов'язаних завдань зроблено наступне:

- досліджено дефекти, зноси та показники ремонтопридатності двигунів кар'єрного транспорту;
- розроблено математичну модель оптимальної структури ремонтного обслуговування двигунів кар'єрного транспорту;
- встановлено закономірності зміни експлуатаційних витрат залежно від пробігу автомобілів;
- розроблено алгоритм для вибору оптимальної структури та періодичності ремонтного обслуговування двигунів кар'єрного транспорту;
- встановлено оптимальну структуру та періодичність ремонтних обслуговувань за амортизаційний термін служби двигунів кар'єрного транспорту;
- визначено економічну ефективність від впровадження оптимальної структури та періодичності ремонтних обслуговувань двигунів на підприємствах гірничодобувної промисловості.

В даній роботі отримані нові результати у вигляді сукупності науково-методичних розробок, математичних моделей, методик, наукових підходів та алгоритмів роблять істотний внесок у теорію та практику менеджменту з організації та оптимізації структури та періодичності ремонтних обслуговувань автомобільних двигунів.

За весь амортизаційний термін служби двигуна ЯМЗ-240Н та за результатами проведених досліджень розроблено оптимальну структуру та періодичність ремонтного обслуговування. Встановлено комплекти вузлів та деталей, що підлягають заміні під час проведення попереджувальних ремонтних обслуговувань № 1 та № 2 (ПР1 та ПР2) та визначено економічно доцільний ресурс двигуна до списання.

**УДК 629.33:658.56**

# РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ ПРОЦЕСНОГО ПІДХОДУ

**А. А. СЕРГІЙЧУК**, асп., **А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., старший дослідник,
**В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф.
***Центральноукраїнський національний технічний університет***

Економічна ситуація в Україні та ринкові відносини, які складаються вимагають серйозного перегляду принципів і механізмів системи управління як на державному рівні, так і на рівні кожного підприємства.

У ринкових умовах, де постійними є зміни, що відбуваються не за лінійним законом, а наростають по експоненті, існує гостра необхідність у нових підходах і методах управління, які здатні допомогти підприємствам стати більш ефективними в своїй діяльності.

З метою вирішення зазначених проблем підприємства проводять реструктуризацію, однак при цьому їх супроводжують певні труднощі як практичного, так і теоретико-методичного характеру. Зазначимо, що недостатньо широко використовуються методи проєктного управління, відсутня методологія та детально опрацьований план реалізації проєкту реструктуризації, недостатньо приділено уваги переходу від функціонально орієнтованого управління до управління процесами.

Підприємство системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) транспортних засобів (ТЗ) уявляється, як набір бізнес-процесів, а управління її діяльністю – як управління бізнес-процесами. Найкращі компанії світу, такі як Люфтганза, БМВ, Volkswagen, AEG, IBM, BASF, Нестле та інші вирішують для себе ці завдання, пов’язані з системою ТО і Р і на практиці доводять важливість, економічність і прогресивність переходу на клієнто-і процесно-орієнтовані структури управління виробництвом.

В даний час однією з таких структур управління виробництвом, що викликають інтерес багатьох організацій, підприємств, фірм, компаній є концепція управління якістю ТО і Р ТЗ. Зокрема, застосування принципів Загального менеджменту якості (TQM) та вимог міжнародних стандартів ISO серії 9000 для побудови систем управління якості (СУЯ) ТО і Р ТЗ на підприємстві.

Ця система, ґрунтуючись на процесному підході до управління, дозволяє досягати постійного вдосконалення виробничого процесу, а також більш ефективного використання наявного кадрового, матеріально-технічного, інформаційного та фінансового потенціалу підприємства.

Як показує практика, впровадження стандартів ISO є складним, трудомістким та тривалим у часі процесом. Успіх цієї роботи багато в чому залежить від того, наскільки правильно розуміються та втілюються на практиці

принципи, методичні та організаційні підходи стандартів. Необхідно зазначити, що проведення реінжинірингу бізнес-процесів має враховувати специфіку та відмінні риси підприємств, а також умови їх функціонування.

Отримані результати слід розглядати як узагальнення матеріалів, що стосуються застосування стандартів ISO серії 9000-2000, системи управління процесами та практичного досвіду з моделювання діяльності підприємства по наданні послуг ТО і Р ТЗ.

Насьогодні підприємствами, фірмам, компаніям доводиться працювати за умов постійної зміни зовнішнього середовища: посилюється конкуренція, зростають вимоги споживачів. Тому перед ними зараз стоїть основне питання – чи здатні їх системи управління забезпечити пристосованість підприємств до нових умов та задовольнити зростаючим вимогам та запитам споживачів, забезпечивши на цій основі свій розвиток.

Розглянувши управлінську діяльність як організаційну систему та проаналізувавши підходи до управління якістю можна твердит, що роль якості надання послуг безперервно зростає. Сьогодні на більшості ринків ситуація складається таким чином, що якщо в підприємства немає потрібного споживачеві якості, то можна вважати, що вона не має жодних аргументів у суперечці з конкурентами за ринки збуту.

В конкурентній боротьбі все більшого значення набуває функціональної якості. Це вимагає впроваджувати нові системи підприємства як системи виробництва, так і системи управління якістю. Системи управління якістю все більшою мірою інтегруються з системою управління підприємством. Висока якість стає тим чинником, який поєднує підрозділи організацій, пов'язує їх єдиною метою, руйнуючи бар'єри між ними.

Стає все більш очевидним, що для успішного розвитку економіки України нашим підприємствам та всім рівням державного та громадського управління слід прийняти новий "спосіб мислення у сфері якості".

Необхідно усвідомити, що сьогодні для процвітання нашої країни немає жодних реальних шляхів, крім того, за якого на перше місце у стратегії розвитку економіки буде поставлено мету досягнення високої якості та конкурентоспроможності продукції та послуг.

Проблема якості актуальна абсолютно для всіх видів продукції та послуг. Забезпечення якості завжди було і залишається одним із найскладніших завдань, з якими доводиться стикатися під час виробництва продукції та надання послуг. Ефективним засобом успішного вирішення цього завдання є реалізація положень міжнародних стандартів ІСО серії 9000. У стандартах ІСО сконцентровано світовий досвід щодо забезпечення якості продукції.

В роботі представлені основи формування системи управління якістю відповідно до міжнародних стандартів ISO серії 9000 показують, що впровадження стандартів ISO є складним, трудомістким і тривалим у часі процесом. Успіх цієї роботи багато в чому залежить від того, наскільки правильно розуміються та втілюються на практиці принципи, методичні та організаційні підходи стандартів.

Незважаючи на унікальність кожного виду бізнесу на даному підприємстві та його специфічні риси, можна виділити низку загальних завдань, пов'язаних із реорганізацією та його розвитком: ефективне стратегічне управління бізнесом; розробка і реінжиніринг бізнес-процесів; розробка сценаріїв спільного бізнесу; управління персоналом; визначення вартості процесів, визначення витратних центрів; вибір, використання і підтримка інформаційної системи класу ERP; управління поліпшеннями, створення системи управління якістю.

Проведені дослідження свідчать, що сучасний підхід до стратегічного управління ТОВ "АВТОМОТОДІАГНОСТИКА" передбачає вирішення всіх вищеописаних завдань у певній послідовності. Замкнений цикл стратегічного управління підприємством включає проведення роботи зі створення системи взаємопов'язаних стратегічних цілей, документування та реінжинірингу бізнес-процесів, розрахунку їх вартості, постійного поліпшення процесів, удосконалення системи управління якістю, оцінки ризику виконання бізнес-процесів. Всі ці види робіт підтримуються різними програмними продуктами та модулями сімейства ARIS.

**Список використаних джерел**

1. Гриньків А.В., Аулін В.В. Елементно-модульна система технічного обслуговування і ремонту мобільної сільськогосподарської техніки Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики: зб. тез доповідей міжнар. наук.-практ. конф., Тернопіль, 29-30 вересня 2022, ТНТУ ім. І. Пулюя. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. –С. 103-104.

2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Лівіцький О.М., Чернай А.Є., Голуб Д.В., Головатий А.О. Теоретичне обґрунтування управління функціонуванням технічними та транспортними системами на основі методів системної теорії інформації // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2021. Вип. 4(35). С.178-189.

3. Аулін В.В. Обґрунтування критеріїв інформативності і відносної чутливості діагностичних параметрів технічного стану трибосистем агрегатів транспортних машин / В.В. Аулін, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, А.Є. Чернай, Т.М. Замота // Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2018. – №3 – С.23-32.

4. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.

5. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.

**УДК 629.33**

# ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОТРАНСПОРТНОЇ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ НА ОСНОВІ ДИЛЕРСЬКИХ ЦЕНТРІВ

**О. М. ТЕРТИЦЯ**, асп., **В. Г. БАЙЦАН**, асп., **В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф., **А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., старший дослідник, **О. В. КУЗИК**, к.т.н., доц.
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
*E-mail:* AulinVV@gmail.com

Відповідно до сучасної концепції розвитку технічного сервісу в агропромисловому комплексі України на період до 2022 року, що передбачає формування системи підприємств-виконавців послуг технічного сервісу, справність і працездатність машин протягом всього їх терміну служби забезпечують дилери. На основі національної системи дилерів передбачається реконструювати та вдосконалити ефективність системи забезпечення сільського господарства машинами та обладнанням, запасними частинами та іншими матеріально-технічними ресурсами, а також ефективність обслуговування машин та обладнання у гарантійний та післягарантійний періоди експлуатації.

Вітчизняний та зарубіжний досвід роботи дилерських підприємств доводить, що дилер, який займається сервісом сільськогосподарської техніки, повинен знаходитися ближче до товаровиробника. При цьому досягається оперативне усунення відмов у гарантійний та післягарантійний періоди експлуатації, у нормативно допустимі терміни простою машин. Ефективність роботи дилерського підприємства при цьому зводиться до забезпечення безперебійного виконання сільськогосподарських технологій сільськими товаровиробниками шляхом якісного їх технічного обслуговування та ремонту техніки у міжсезонний період через сукупність обслуговуючих структур – систему сервісного обслуговування.

Показано, що проблема розміщення та функціонування регіональної системи сервісного обслуговування дилерського підприємства обумовлена низкою причин:

1. Теоретичного характеру:

- недосконалістю теорії проектування, формування та оптимізації систем, метою яких є збут готової продукції та послуг технічного сервісу з урахуванням особливостей розвитку агропромислового комплексу України;

- непроробленістю низки проблем, що у полі зору просторової (регіональної) економіки, з урахуванням конкуренції між дилерськими підприємствами ринку.

2. Методологічного характеру:

- необхідністю адаптації розроблених раніше в Україні та країнах з розвиненою ринковою економікою методів розрахунку спеціалізованих

обслуговуючих підприємств.

- потреба у розробці нових методів розрахунку та організації роботи системи дилерських пунктів технічного обслуговування;

3. Економічного характеру:

- значною кількістю факторів і важко прогнозованим характером їхньої взаємодії, що істотно впливає на результати комерційної діяльності підприємств;

- високим ступенем конфіденційності інформації, що стосується комерційної діяльності підприємств, що не дозволяє розробляти та реалізовувати стратегії їх розвитку та ін.

У міру підвищення оснащеності сільського господарства України сучасною технікою через мережу дилерських пунктів особливе значення набуває питання високопродуктивного використання машин, яке визначається раціональною схемою побудови дилерської системи сервісного обслуговування в регіонах. Тому дослідження, спрямоване на розробку науково обґрунтованих рекомендацій щодо обґрунтування системи розміщення та функціонування системи сервісного обслуговування регіонального дилерського підприємства є важливим та актуальним завданням сільськогосподарського виробництва.

Створення регіональних дилерських систем сервісного обслуговування призводить до зниження непродуктивних втрат часу та коштів сільських товаровиробників цим, зацікавлюючи в послугах технічного сервісу і підвищуючи рівень попиту послуги обслуговуючих підприємств. Функціонування регіональної сервісної системи обслуговуванням дилером (ССОД) у сучасних ринкових умов можливе за зміни підходів у теоретичному трактуванні базового поняття - "послуги" та оцінки її участі у сільськогосподарському виробництві.

Регіональна ССОД повинна включати мережу систему пунктів ТО (СПТО) і сукупність пересувних автомобільних ремонтних майстерень (ПАРМ) мобільної служби сервісу. Така структура системи сприяє розподілу обсягу робіт з ТО між МСС та СПТО, оптимізуючи розміри зони дії регіонального дилера. Обґрунтування місця розташування об'єктів ССОД усередині регіону базується на оцінці параметрів двох критеріїв оптимальності. Оптимальне розміщення СПТО щодо один одного та об'єктів обслуговування. Розрахунок оптимальних розмірів зони обслуговування сільськогосподарської техніки проводиться з урахуванням оптимального балансу часу обслуговування, дорожніх та кліматичних умов експлуатації машино-тракторного парку (МТП) шляхом визначення допустимих відстаней переміщення тракторів та пересувних засобів обслуговування. Розміри зон обслуговування МСС та СПТО повинні дорівнювати. Тільки у цьому випадку можливе скорочення максимального часу обслуговування одиниці техніки. В рамках дослідження встановлено, що скорочення максимального часу обслуговування одиниці техніки в 1,71 раза можливе за рахунок збільшення пропускної спроможності одиниці ПАРМ у 1,74 раза, за одночасного збільшення інтенсивності надходження вимог від однієї машини на 38%. Створюється запас у вигляді 8%

трудомісткості на кожну вимогу для виконання додаткових заявок на ТО та проведення ремонту в польових умовах без залучення додаткових ПАРМ.

Визначення оптимального місця розташування об'єктів ССОД щодо один одного та МТП господарств, засноване на аналогії з методом знаходження точки рівноваги сил. Відмінними рисами запропонованого методу є: облік забезпеченості господарств технологічним обладнанням для виконання операцій технічного обслуговування машин, ступеня потреби господарств у сільськогосподарській техніці, розміру зони обслуговування системи.

Ефективність застосування розробленої моделі зводиться до вибору найбільш сприятливого варіанта функціонування системи сервісного обслуговування методом порівняльного аналізу експлуатаційних та економічних показників, отриманих шляхом накладання робочої моделі на території районів. Розроблена динамічна модель є адекватною для моделювання ССОД з метою підтримки високої технічної готовності парку машин на основі мінімізації витрат часу на обслуговування в процесі їх експлуатації. Модель дозволяє оптимізувати потребу в пересувних засобах та стаціонарних пунктах технічного обслуговування та чисельності обслуговуючого персоналу. Запропонований метод визначення рекомендованих розмірів зони обслуговування на основі допустимих відстаней переміщення машин, дозволяє раціонально розташувати об'єкти сервісної системи обслуговування дилера щодо один одного.

Вивчення процесу функціонування системи сервісного обслуговування дилера доцільно виконувати на динамічній моделі, побудованій на основі синтезу методів просторового (логістичного) моделювання та апарату теорії масового обслуговування.

Динамічна модель процесу функціонування системи обслуговування враховує природні та економічні фактори експлуатації машин.

Вибір оптимального варіанта функціонування системи сервісного обслуговування проводиться у вигляді порівняльного аналізу експлуатаційних та економічних показників. Практичну реалізацію зазначеної задачі доцільно вирішувати в режимі "ОПР-ПК".

Використання бального коефіцієнта забезпеченості дозволяє розробити безліч проектів позиціонування об'єктів системи сервісного обслуговування, щодо майстерень господарств, що мають в своєму розпорядженні комплекс технологічного обладнання достатній для виконання обслуговуючих робіт. Застосування даного коефіцієнта є можливим і для вирішення задачі позиціонування об'єктів системи обслуговування дилера щодо підприємств, що конкурують. Встановлено зв'язок між допустимими витратами часу обслуговування МТП та територіальними межами зони обслуговування дилерського підприємства, виражений у допустимій відстані транспортування машин на обслуговування. Метод накладання динамічної моделі біля районів дозволяє прогнозувати ефективність роботи системи сервісного обслуговування дилера шляхом оцінки коефіцієнта технічної готовності МТП, що обслуговується.

**УДК 629.113:629.06**

# МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯМ МОБІЛЬНИХ МАШИН ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

**М. С. МАГОПЕЦЬ**, асп., **Д. О. ДЯЧЕНКО**, асп., **В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф., **А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., старший дослідник
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
*E-mail:* AulinVV@gmail.com

Чисельність парку автотранспортних засобів в Україні щорічно зростає. За даними Інституту досліджень авторинку, складає близько 10 мільйонів одиниць. Щорічний приріст їх кількості лише у категорії М1 становить близько 80 тис. од. Середній вік автотранспортних засобів (АТЗ) перевищує 22 роки, що беззаперечно свідчить про застарілість автомобільної техніки в Україні. Такі автомобілі мають низький клас екологічної відповідності (Euro-3), більший рівень споживання палива під час першого пуску двигуна і його подальшого прогріву, значні часові інтервали прогріву та використання мехатронних систем для керування функціоналом АТЗ під час виконання технологічних операцій.

Це призводить до збільшених у зимовий період витрат часу на очікування водієм досягнення необхідних температурних режимів основних систем автомобіля та збільшує фінансові витрати на спожите паливо. Сучасний зимовий клімат в Україні є досить помірним, проте доволі часто спостерігаються різкі перепади температур від +5 до -10 0С й нижче, що призводить до появи обледеніння автомобіля та суттєво ускладнює можливість швидкого початку його експлуатації. Для покращення показників екологічності, керованості та швидкості прогріву, власник АТЗ може встановити передпусковий підігрівач, який дозволяє заощадити час та зменшити викиди токсичних речовин до атмосфери, а також позитивно вплине на зменшення рівня зносу його двигуна. На ринку України представлені різні види автономних підігрівачів, які відрізняються за типами, характеристиками, вартістю та складністю застосування. Це надає власнику автомобіля можливість обрання раціонального варіанту, який найкращим чином задовольняє саме його вимогам та потребам.

На поточний момент спостерігається значне підвищення попиту на передпускові підігрівачі, що зумовлює доцільність та перспективність фахового надання послуг із оснащення автомобілів такими системами із подальшим їх експлуатаційним обслуговуванням. В той час, слід зазначити, що у регіоні, серед провідних автосервісних підприємств, відсутні сертифіковані дилерські представники такої продукції відомих світових брендів, а послуги із монтажу підігрівачів надає лише декілька з них. Це свідчить про незаповненість даного сегменту ринку та створює підґрунтя для запровадження на підприємстві такого виду послуг, за умови попередньої сертифікації та навчання виробничого персоналу.

Аналіз даної проблематики показав, що при виборі підігрівача власники

автомобілів, в першу чергу, виходять із наявної у них купівельної спроможності й орієнтуються на рівень потрібних фінансових витрат, інколи відмовляючись від придбання певного приладу з-за складності виконання процедури його технічної інтеграції до конструкції автомобіля. Іншим, не менш важливим стримуючим фактором виступає й вірогідність виходу із ладу такого пристрою у гарантійний період його експлуатації. Єдиним виходом із такої ситуації є здійснення обґрунтованого вибору конструкції підігрівача, яка б у повній мірі відповідала індивідуальними експлуатаційним умовам кожного автомобіля при фаховому проведенні монтажних та сервісних операцій. Зазначене потребує проведення ґрунтовних досліджень особливостей конструкції та робочих характеристик таких приладів, виконання порівняльної оцінки ефективності їх роботи та визначення доцільності застосування. Лише при виконанні таких умов можливе забезпечення правильного й обґрунтованого вибору пристрою для конкретного автомобіля з урахуванням умов його експлуатації.

В даній роботі обґрунтовано раціональну технологію формування мікроклімату в салонах АТЗ, що експлуатуються в кліматичній зоні України, при низьких температурних показниках навколишнього середовища. В роботі проведено аналіз основних факторів, що впливають на забезпечення та підтримку необхідного рівня мікроклімату в салонах автотранспортних засобів мехатронними системами та існуючих методик їх реалізації. Виконано порівняльний аналіз існуючих методик та технічних рішень, які застосовуються для швидкого прогріву двигунів, салонів автомобілів та готовності для виконання технологічних операцій. Виконано порівняльну оцінку ефективності роботи різних видів автономних підігрівачів та дослідити їх вплив на навколишнє середовище. Визначено умови застосування автономних підігрівачів різних типів в конструкціях АТЗ та виконання порівняльного аналізу економічної доцільності від їх використання.

В процесі дослідження визначено оптимальні температурні показники для створення комфортного мікроклімату в салоні легкового АТЗ та підвищення ефективності виконання технологічних операцій. Обґрунтовано, що альтернативою опалення салону АТЗ є використання автономних підігрівачів. На основі оцінювання ефективності роботи автономних підігрівачів різних типів, встановлено, що всі вони ефективно виконують свою функцію прогріву охолоджувальної рідини або повітря в салоні автомобіля та здатні забезпечити необхідний мікроклімат в салоні АТЗ взимку. Доведено, що використання паливних передпускових підігрівачів зменшує загальний відсоток токсичних викидів в атмосферне повітря, знижує знос двигуна АТЗ, витрати палива та, відповідно фінансові витрати в процесі їхньої експлуатації та підвищує надійність і ефективність виконання технологічних операцій.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у визначенні параметрів практичної інтеграції мехатронних систем до штатної системи управління двигуном автомобіля та обґрунтування економічної ефективності й термінів окупності найбільш популярних автономних пристроїв для виконання технологічних операцій АТЗ з урахуванням складових витрат щодо їх придбання, установки та умов експлуатації.

**УДК 629.331:504.064.36**

# ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ВПРОВАДЖЕННЯМ ТЕЛЕМАТИЧНИХ СИСТЕМ

**В. П. ПЕТЛЕНКО**, асп., **В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф.,
**А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., старший дослідник,
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
*E-mail:* AulinVV@gmail.com

Сучасний розвиток технологій надає значні можливості для покращення надійності та ефективності експлуатації автомобілів. Однією з інноваційних стратегій в цьому напрямку є впровадження телематичних систем. Телематичні системи – це комплекси технологій, що поєднують в собі збір, обробку та передачу даних між автомобілем та зовнішніми інформаційними платформами. Обґрунтована потреба у впровадженні телематичних систем виникає з метою поліпшення безпеки, оптимізації ресурсних витрат, а також підвищення зручності користувачів.

Однією з ключових переваг телематичних систем є їх здатність надавати оперативну інформацію про технічний стан автомобіля. Завдяки цьому, водії та власники автопарків можуть вчасно виявляти потенційні поломки або несправності, що дозволяє здійснювати своєчасний ремонт та уникнути надмірних витрат на ремонтні роботи. Крім того, системи моніторингу можуть забезпечити автоматичну передачу даних до сервісних центрів, де фахівці здійснюють дистанційний аналіз стану автомобіля та надають рекомендації щодо обслуговування.

Важливою складовою телематичних систем є системи навігації та маршрутизації. Вони дозволяють оптимізувати маршрут руху, враховуючи поточний стан доріг, дорожні умови та інші фактори, що можуть впливати на час подорожі та споживання пального. Це сприяє не лише скороченню часу у дорозі, але й зменшенню витрат на пальне, що є актуальним завданням в умовах постійного зростання цін на енергоносії.

Також важливою перевагою телематичних систем є можливість віддаленого керування автомобілем у випадку крадіжки або втрати. За допомогою віддалених команд, власник може блокувати запуск двигуна, відключати пальне або встановлювати системи протиугінної сигналізації.

Існуючий рівень використання автомобільних транспортних засобів, високий рівень їх небезпеки, значний вплив на використання енергії та кліматичні зміни, тенденції вітчизняного та світового законодавства в сфері транспорту та змін клімату свідчать про актуальність проблеми підвищення безпечності, енергетичної та екологічної ефективності використання транспортних засобів в умовах експлуатації.

Аналіз технічних нормативних документів у сфері експлуатації

автомобільного транспорту показав, що вітчизняні регламенти встановлюють в основному вимоги до організації та здійснення ремонтно-обслуговуючих операцій щодо колісних транспортних засобів (КТЗ) в процесі їх експлуатації за принципом "підтримувати те, що є", а забезпечення експлуатаційної ефективності у цьому випадку можливе за умов якісного виконання ТО і ремонту КТЗ. Разом з тим, європейські технічні регламенти передбачають використання таких елементів інтелектуальних транспортних систем, що окрім контролю параметрів експлуатації КТЗ дозволяють також поліпшити окремі показники експлуатації КТЗ.

Розвиток комп'ютерних, інформаційних та телекомунікаційних технологій дозволяє використовувати на автомобільному транспорті інтелектуальні транспортні системи, які забезпечать управління транспортними засобами та дорожнім рухом, нададуть інформаційні послуги користувачам транспорту, підвищать рівень їх безпеки. Основою використання інтелектуальних транспортних систем є геоінформаційні, навігаційні та бортові системи управління КТЗ, які дозволяють розглядати КТЗ як активний "розумний" елемент системи.

До основних показників експлуатаційної ефективності КТЗ слід віднести продуктивність, що визначається за середньою технічною швидкістю руху КТЗ та обсягом перевезеного вантажу або пасажирів, паливну економічність, енергоефективність та екологічність.

Невід'ємною складовою процесу ефективної експлуатації КТЗ є інфраструктурне середовище. Для забезпечення ефективного моніторингу, контролю та управління потоками КТЗ інфраструктурне середовище повинно мати відповідний рівень інформаційного забезпечення, що дозволяє здійснювате поточне вимірювання параметрів руху КТЗ з боку інфраструктури.

Основними стратегічними напрямами підвищення експлуатаційної ефективності КТЗ є подальше підвищення екологічних, паливно-економічних та динамічних властивостей існуючих і нових КТЗ у поєднанні з ефективним впровадженням інтелектуальних систем в ці КТЗ та в інфраструктуру, де ці КТЗ експлуатуються.

З урахуванням виконаного аналізу, в роботі розроблялися методи оцінювання та способів підвищення ефективності експлуатації КТЗ з сучасними енергоустановками за критеріями максимальної продуктивності при мінімальних питомих витратах енергії та викидах шляхом інтелектуального управління технічним станом та режимами руху КТЗ у визначених умовах інфраструктурного середовища на основі використання інтелектуальних телематичних технологій в системі "КТЗ-Інфраструктура".

## Список використаних джерел

1. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.

**УДК 631.145**

# ФОРМУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЄКТНО-ОРІЄНТОВАНИХ КЛАСТЕРІВ У РЕГІОНАЛЬНИХ ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАНЬ ПРОДУКЦІЇ

**В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф., **Д. В. ГОЛУБ**, к.т.н., доц.,
**С. В. ЛИСЕНКО**, к.т.н., доц.,
**А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., старший дослідник, **О. П. ЦЬОНЬ**, к.т.н., доц.
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
*E-mail:* AulinVV@gmail.com

Показано, що логістичні проєктно-орієнтовані кластери можуть стати засобом ефективної реалізації інвестиційних проєктів, що реалізуються на території Кіровоградської області у тому числі, які покликані підвищити конкурентоспроможність регіону на українському та міжнародному ринку.

Можливо виділити наступні переваги логістичних проєктно-орієнтованих кластерів:

– мобільність кластера (після реалізації інвестиційного проєкту кластер має можливість трансформуватися в інший кластер для реалізації іншого проєкту);

– гнучкість кластера (наявність серед учасників кластера представників малого та середнього бізнесу дає можливість швидко реагувати на зміни попиту);

– інноваційність кластера (спеціалізація учасників кластера дає можливість активного формування та впровадження інновацій).

Логістичний проєктно-орієнтований кластер – це ефективна регіональна економічна одиниця, яка дає змогу вирішувати проблеми регіону. З цього випливає, що можна прогнозувати майбутню структуру економіки Кіровоградської області як кілька взаємозалежних логістичних проєктно-орієнтованих кластерів. Кластери взаємодіятимуть один з одним на принципі співробітництва, за збереження принципу одночасної кооперації та конкуренції. Різні підприємства, організації, фірми, компанії різних кластерних систем об'єднуватимуться в логістичні проєктно-орієнтовані кластери для реалізації прийнятих інвестиційних проєктів. Таким чином, економіка Кіровоградської області буде гнучкою, але в той же час стійкою конкурентоспроможною системою взаємопов'язаних елементів.

В даній роботі розроблено модель організації учасників логістичного проєктно-орієнтованого кластера постачань агропродукції, на прикладі Кіровоградської області.

З'ясовано сутність та дано характеристику поняття логістичного проєктно-орієнтованого кластеру, як ефективної регіональної економічної одиниці, яка дає змогу вирішувати проблеми регіону. Виділено переваги такого виду кластерів та запропоновано його адаптацію в структуру економіки

Кіровоградської області.

Проаналізовано низку основних бар'єрів на шляху створення логістичних проєктно-орієнтованих кластерів регіональних систем, на прикладі Кіровоградської області. Здійснено огляд інвестиційних проєктів та існуючої логістичної інфраструктури Кіровоградської області. Запропоновано в галузі логістики створення великого логістичного розподільчого центру для забезпечення оптимального та якісного просування потоку агропродукції від виробників до споживачів, включаючи послуги з переробки, транспортного, складського та інформаційного супроводу.

Представлено модель організації учасників логістичного проєктно-орієнтованого кластера та виявлено тенденцію інтеграції кластерів із логістичними ланцюгами постачання, сформульовано гіпотезу про їх взаємодію та представлено концепцію трансформації.

Обґрунтовано категорійне поняття кластеру, яке знаходиться у просторі управлінських, методологічних форматів та доцільність його використати при проєктуванні та формуванні концептуальних підходів до управління територіальними чи галузевими економічними системами.

Розглянуто типи та характеристики структур кластера та їх практичне застосування в агропромисловому комплексі Кіровоградської області, узагальнено результат проведених досліджень.

Окреслено напрямки підвищення стійкості розвитку сільських територій, проблем фермерських господарств області та основні складові і шляхи для створення логістичного проєктно-орієнтованого кластера в регіонах України.

Виявлено, що в основі заключного етапу трансформації лежить принцип безперервного розвитку логістичного проєктно-орієнтованого кластера та наведено його принцип і алгоритм формування.

**Список використаних джерел**

1. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем: монографія під заг.ред. д.т.н.,проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видав. ФОП Лисенко В.Ф., 2021. 504 с.

2. Аулін В.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В., Головатий А.О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. - 325 с.

3. Голуб Д.В., Аулін В.В.,Біліченко В.В., Замуренко А.С. Реалізація системного підходу при визначенні ефективності функціонування складних регіональних транспортних систем. Вісник машинобудування та транспорту №15(1), 2022. С. 6-14.

4. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Дьяченко В.О., Замуренко А.С. Теоретичний підхід до оцінки ймовірностей безвідмовної роботи транспортних та виробничих систем і ланцюгів постачань на основі їх логічних структурних схем надійності. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. Вип. 1. С. 47-57.

**УДК 681.5.004.8**

# ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ЛІНІЙ МЕТОДОМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ОСНОВІ МОНІТОРИНГУ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ

**С. Г. КОВАЛЬОВ**, докторант, **А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., старший дослідник,
**В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф., **В. В. ВАРВАРОВ**, к.т.н.
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
*E-mail:* AulinVV@gmail.com

Акустичні методи є потужним інструментом для моніторингу стану виробничих ліній, оскільки багато вузлів обладнання створюють не випадкові звуки, а саме характеристичні акустичні спектри. Ці спектри відображають конкретні механічні процеси та стан вузлів. Завдяки використанню акустичних методів можна виявляти відхилення від норми та прогнозувати можливі збої, що дозволяє своєчасно здійснювати технічне обслуговування та ремонт, забезпечуючи безперебійну роботу виробничого обладнання та підвищуючи ефективність його використання.

Розвиток штучного інтелекту (ШІ) відкрив нові горизонти в аналізі параметрів, що корелюються з надійністю та ефективністю виробничого обладнання. Завдяки передовим алгоритмам і методам машинного навчання, ШІ здатен виявляти та аналізувати складні взаємозв'язки між різними експлуатаційними параметрами обладнання. Це дозволяє не лише вимірювати ці параметри з високою точністю, але й використовувати отримані дані для вдосконалення та оптимізації роботи виробничих ліній. Застосування ШІ у виробничих процесах сприяє своєчасному виявленню можливих проблем та їхньому усуненню, що підвищує загальну надійність функціонування та ефективність використання обладнання.

Звук є важливим явищем, яке може бути виміряне та проаналізоване за допомогою ШІ у контексті роботи виробничої лінії. Методи спектрального акустичного аналізу дозволяють отримувати інформацію про стан обладнання виробничих ліній на основі характеристичних звукових спектрів, що створюються в тому числі і обертовими вузлами та підшипниками. Аналізуючи ці спектри, ШІ може ідентифікувати відхилення, які вказують на потенційні проблеми з надійністю або ефективністю роботи обладнання. Це надає можливість здійснювати превентивне технічне обслуговування та оптимізувати роботу виробничих ліній на основі реальних даних, що значно знижує ризик простоїв і збільшує продуктивність.

Дослідження, пов'язані з використанням ШІ для виявлення параметрів, що корелюються з надійністю та ефективністю виробничого обладнання, невпинно зростають. Сучасні алгоритми ШІ та методи машинного навчання відкривають нові можливості для аналізу та оптимізації роботи виробничих ліній. Виявлення і моніторинг акустичних сигналів, дозволяють з високою

точністю визначати стан обладнання та прогнозувати потенційні відмови. Це забезпечує можливість своєчасного технічного обслуговування, зменшуючи ризик простоїв та знижуючи витрати на експлуатацію. Таким чином, впровадження ШІ у виробничі процеси сприяє підвищенню їх надійності та ефективності, що робить ці дослідження надзвичайно важливими та перспективними.

Мета дослідження полягає у розробці методу для обробки та аналізу акустичних сигналів, генерованих виробничим обладнанням, із застосуванням апаратних та програмних засобів, що реалізують ШІ та КНМ, для підвищення надійності експлуатації та ефективності функціонування виробничих ліній. Основна концепція даного методу передбачає попередню обробку акустичних сигналів за допомогою спеціалізованих бібліотек Python, результатом чого є формування двовимірних матриць або зображень. Це дозволяє ефективно використовувати методи КНМ для аналізу спектральних характеристик і змін акустичних сигналів у часі, здійснення діагностики, контролю та оптимізації роботи виробничого обладнання, а також виявлення аномалій, що підвищує надійність та ефективність його функціонування.

В роботі запропоновано підхід використання двовимірних уявлень акустичних спектрів у часі як вхідних даних для КНМ з метою виявлення параметрів роботи виробничого обладнання, що корелюються з надійністю функціонування та ефективністю використання обладнання. Проведені дослідження щодо впровадження методів акустичного спектрального аналізу в поєднанні з КНМ у виробничі процеси для покращення ефективності використання та надійності функціонування обладнання у виробничій системі, що сприятиме оптимізації функціонування сучасного виробництва.

Запропоновано метод виявлення кореляції між акустичним спектром роботи обладнання та його параметрами надійності. При цьому використовували фононові акустичні сигнали з характеристичними спектральними лініями, які мали нахил у відповідності до зменшення обертів двигуна, як електроприладу.

Розглянуто спосіб впровадження машинного навчання в автоматизовані виробничі лінії для підвищення їх ефективності. Машинне навчання було реалізовано на DataSet графічних матеріалах конволюційних нейронних мереж для виявлення аномальної роботи електродвигуна.

Побудована структура та програмна модель створення та навчання конволюційних нейронних мереж для розпізнавання двовимірних патернів стану виробничого обладнання. Визначено, що результат процесу навчання здійснюється з точністю 99,02% відносно аномалії процесів функціонування виробничого обладнання і 68,75% – на даних валідації. Показано можливість ідентифікації патернів аварійного функціонування обладнання, що важливо для підвищення ефективності і надійності функціонування виробничих ліній технічним обслуговуванням.

**УДК 629.33:001.895**

# РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ КІБЕРФІЗИЧНОГО ПІДХОДУ

**Т. С. НАДИЧ**, асп., **А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., старший дослідник,
**В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф.,
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
**О. Л. ЛЯШУК**, д.т.н., проф., **В. З. ГУДЬ**, д.т.н., проф.
***Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя***
*E-mail:* AulinVV@gmail.com

У сучасних умовах показники ефективності експлуатації автомобілів, істотно залежать від технічного стану автопарку та продуктивності праці.

Кіберфізичний підхід в проблемі забезпечення належного рівня технічного етапу парку машин та його ефективність обумовлює формування інформаційного простору з використанням нормативно-технічної документації з технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р), базу даних за технічною діагностикою стану та інформаційних технологій формування, обробки та використання бази даних.

Нормативно-технічна документація (НТД), що є однією з головних складових системи технічної експлуатації машин, у т.ч. вантажних автомобілів. Певні компоненти НТД, зокрема, з технічного обслуговування (ТО) та технічного діагностування (ТД) вантажних автомобілів (ВА), постійно розвиваються та відповідно коригуються. З огляду на зазначені особливості оперування такою документацією, включаючи підбір та систематизацію її оновлених компонентів, становить значні складнощі в кіберфізичній системі (КФС) технічного сервісу (ТС), через те, що на практиці фахівці, по-перше, витрачають багато часу на оперування НТД і, по-друге, нерідко використовують застарілі або неповні комплекти. документації. В останній ситуації, через складність та багатогранність операцій обслуговування ВА, можливі і зниження якості їх ТО, що нерідко спостерігається на практиці. Одним із шляхів усунення зазначених складнощів та вдосконалення організації ТС вантажних автомобілів є застосування комп'ютерних засобів і технологій для оперування НТД у процесі безпосереднього виконання операцій обслуговування. У цій сфері відсутні практично доступні прийоми та методи використання таких засобів і технологій. Тому розробка прийомів та методів ТС ВА з використанням зазначених засобів є одним із актуальних завдань сучасної інженерної науки.

Виконання операцій ТС ВА може бути вдосконалено застосуванням відповідних технологічних карток (ТК). Однак ТК розроблено лише для деяких моделей автомобілів і не отримали широкого практичного застосування. Операції ТД дуже ефективні у процесі ТС ВА. В той час через широкий спектр їх застосування в технічній експлуатації машин вони поки не отримали тісного

зв'язку з операціями ТО і Р, тобто, явно не вписані у процеси ТС. Ще одним прийомом удосконалення ТС ВА є реалізація методу прогнозування параметрів стану агрегатів та вузлів ВА за результатами ТД. Через значну трудомісткість і складність обчислень з прогнозування, відсутність систематизованих даних щодо реалізації. Метод також не отримав практичного застосування.

Результати досліджень свідчать, що одним із шляхів вдосконалення організації виконання операцій ТС та ТД є використання повного комплекту інтегрованої електронної документації, як компоненти кіберфізичної системи технічного сервісу ВА, а також засобів індивідуалізованого прогнозування їх технічного стану. Застосування інформаційних технологій дозволяє обробляти інформаційні потоки і формувати інформаційну базу даних технічної експлуатації автомобілів (ТЕА) та їх ТС, що включає інформаційно-довідкові бази даних, інформаційні системи діагностування та прогнозування, що є одним з резервів підвищення працездатності машин.

Виявлено, що існуюче нормативно-документальне забезпечення ТО, ТД, ТС і цілому автомобілів не пристосовано до інтеграції НТД в єдине ціле інформаційного простору, мало пристосовано до сприйняття інноваційних розробок з даного аспекту. У сфері експлуатації і технічного сервісу на основі створення і функціонування КФС ВА подібні питання розглядалися лише фрагментарно. Практичне впровадження подібних систем у транспортній галузі стримується, перш за все, труднощами формалізації знань предметних областей, що розглядаються, відсутністю інженерних методів побудови таких систем. До цього часу стосовно ВА відсутні інформаційні системи (ІС), які складають інформаційний простір КФС технічного сервісу ВА.

При раціональній організації технічного обслуговування і технічного діагностування на 8...12% скорочується час на ТО, на 20...28% збільшується напрацювання на автомобіль, на 34...46% підвищується його продуктивність. Впровадження діагностики дозволяє в 1,3...1,5 разу збільшити фактичну міжремонтну напрацювання, зменшити кількість відмов у 2...2,5 рази, зменшити витрату палива на 5...8%.

Оперативність і якість проведення робіт з технічного обслуговування і технічного діагностування автомобілів визначається досвідом і кваліфікацією виконавців послуг технічного сервісу, наявністю повної номативно-технічної документації по об'єкту, що обслуговується, і керівного матеріалу за всіма аспектами операцій обслуговування та засобів автоматизованих обчислень прогнозних і оціночних показників за результатами діагностування.

Існуюча система інформаційного забезпечення технічного обслуговування і технічного діагностування автомобілів не пристосована до "інтеграції" нормативно-технічної документації в єдине ціле, мало пристосована до сприйняття інноваційних розробок з цього аспекту.

Наявні наукові розробки відображають основні аспекти інформаційного забезпечення ТЕ парку вантажних автомобілів та орієнтовані на створення окремих компонентів та складових інформаційного забезпечення спеціалістів інженерно-технічної системи. Однак досі спеціальні дослідження з

інформаційної підтримки технічного обслуговування вантажних автомобілів, чому були проведені в недостатній мірі.

В галузі експлуатації вантажних автомобілів подібні питання розробки нормативно-документального забезпечення дотепер розглядалися фрагментарно. Практичне впровадження подібних систем стримується, перш за все, труднощами формалізації знань предметних областей, що розглядаються, відсутністю інженерних методів побудови таких систем. До цього часу на ринку відсутні інформаційні бази такого класу.

Визначено, що розробка процесів технічного обслуговування і технічного діагностування вантажних автомобілів з використанням системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів проводиться на прикладі автомобілів модельної бази.

Показано, що інформаційна база системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів повинна містити повний, докладний і коректний нормативно-технічний матеріал за всіма технологічними процесами технічного обслуговування і технічного діагностування, з улаштування та місця розміщення на автомобілі вузлів і агрегатів, що обслуговуються, по обладнанню, оснащенню, інструментам і приладам, паливно-мастильним матеріалам, що використовуються в технологічному процесі технічного обслуговування і технічного діагностування а також перелік операцій технічного обслуговування і технічного діагностування з технологічними картами проведення даних операцій.

Для опису науково-технічного наповнення та консультаційного матеріалу, сформована інформаційна модель системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів, в якій процеси технічного обслуговування і технічного діагностування вантажних автомобілів розглядаються в комплексі та у вигляді сукупності: підприємство технічного обслуговування, машина, що обслуговується, види технічного обслуговування і технічного діагностування, операції технічного обслуговування/технічного діагностування, експлуатаційний матеріал, запчастини, інструмент, прилад, пристрій/стенд.

Показано, що система інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів повинна містити програмно-алгоритмічний та інформаційний комплекс, розроблений для прогнозування залишкового ресурсу машин за параметрами їх вузлів та агрегатів. Алгоритмічна частина таких рішень носить загальний характер, тому доцільно її використовувати і стосовно системи, що розробляється. При цьому використовується принцип горизонтальної інтеграції науково-технічного наповнення фонду з фондом.

З’ясовано, що загальна структура системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів сприймається як сукупність інформаційних блоків.

Блоком, що виступає як зв'язуючий для всіх блоків, є головний блок. Інформаційні блоки взаємопов'язуються в цілісно-структурних взаємопов'язаних файлах (компонентах) та багаторівневій ієрархічній, деревоподібного типу, гіпертекстової структурі. Кожен із інформаційних блоків системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів відрізняється за структурою та розроблятиметься як автономний. Тоді вони можуть бути використані як компоненти у складі інших інформаційних систем. Розглянута інформаційна система повинна бути надійною, зручною у використанні, простою в освоєнні, орієнтованою на різний рівень кваліфікації користувачів та різні можливості оперативного доступу до нових розробок.

Визначено, що нормативно-технічна база системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів, що включає сукупність елементів, повинна містити повну і докладну інформацію щодо пристрою і місця розміщення на автомобілі обслуговуваних вузлів і агрегатів, по обладнанню, оснащенню, інструментам і приладам, паливно-мастильним матеріалам, що використовуються в технологічному процесі технічного обслуговування і технічного діагностування автомобіля в певній кількості модулів описаних об'єктів, а також перелік проведених даних операцій технічного обслуговування і технічного діагностування з технологічними картами проведення даних операцій.

Процедура прогнозування залишкового ресурсу вузлів і агрегатів автомобілів спрощена і проводиться на основі використання спеціально розробленого програмно-алгоритмічного та інформаційного комплексу системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів, що входить до складу системи. Компонування нормативно-технічного матеріалу та програмно-алгоритмічних функцій здійснено у форматі "Excel" за моделями автомобілів, з урахуванням діагностованих їх систем за конкретними вузлами та агрегатами.

При розробці системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів використовувався принцип горизонтальної інтеграції науково-технічного наповнення фонду з фондом, раніше сформованим. В результаті чергової роботи цей фонд доповнюється та розширюється за рахунок включення до нього певних компонентів новоствореної інформації.

Інформаційні блоки взаємопов'язані у цільноструктурних файлах (компонентах) та багаторівневій ієрархічній, деревоподібному типу, гіпертекстовій структурі, що передбачає використання як елементу науково-технічного наповнення бази, текстового файлу у форматі DOC.

При структуризації системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів було сформовано порядку 3700 гіпер посилань. З них переходи на інші контенти включає 1464 рази, а на рисунки з влаштування, розміщення та

порядку робіт за текстом включають близько 2241 разів. Це зразковий показник кількості звернень персоналу, що проводить обслуговування автомобілів, за нормативно-технічною документацією і необхідними відомостями під час проведення технічного обслуговування автомобіля.

Розроблена методика формування та використання інформаційної бази процесів технічного обслуговування і технічного діагностування автомобілів, включає методику: пошуку необхідного і достатнього фахівця нормативно-технічного матеріалу; відбору нормативно-технічного матеріалу їх формування; обробки даних та оцінки якості нормативно-технічного матеріалу; компонування нормативно-технічного матеріалу по блоках. Обробка даних проводиться шляхом визначення якості за змістом та видом підготовленого нормативно-технічного матеріалу, оформлення його в цифровому форматі.

Показано, що компонування нормативно-технічного матеріалу за блоками системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів здійснюється за пунктами та ділянками технічного обслуговування вантажних автомобілів, за видами технічного обслуговування, операціями технічного обслуговування та технічного діагностування, за системами автомобіля згідно видів технічного обслуговування, операціями технічного обслуговування та технічного діагностування за конкретними вузлами та агрегатами згідно систем автомобіля, операціями технічного обслуговування та технічного діагностування за видами робіт згідно обслуговуваних вузлів та агрегатів (перевірити, відрегулювати, змастити) та і т.д.. З огляду на різноманіття об'єктів, що розглядаються, з метою підвищення зручності отримання нормативно-технічного матеріалу, при формуванні блоків застосовані прийоми узагальнення та групування.

З’ясовано, що у блоці "Операції технічного діагностування, технічного обслуговування автомобілів" формуються всі операції технічного обслуговування та технічного діагностування у єдиній сукупності у вигляді єдиного технологічного процесу у вигляді сукупності: оператор, машина, що експлуатується, експлуатаційний матеріал, інструмент, прилад, пристосування/стенд одночасно з цим передбачається формування матеріалів з варіантами, що відрізняються ступенем деталізації подання інформації.

Показано, що процеси прогнозування залишкового ресурсу вузлів та агрегатів автомобіля проводяться із застосуванням ПК на основі використання спеціально розробленого програмно-алгоритмічного та інформаційного комплексу у форматі "Excel", що замінюють процедуру використання номограм.

Виявлено, що методичні прийоми оцінки ефективності технічного обслуговування вантажних автомобілів із застосуванням системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів застосовні для оцінки ефективності системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів на основі

даних її виробничої перевірки.

Очікувана економічна ефективність виконання комплексу операцій технічного обслуговування та технічного діагностування із застосуванням системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування технічного обслуговування вантажних автомобілів оцінюється за такими показниками, як скорочення витрат часу перебування автомобілів на підприємстві технічного обслуговування, зниження вартісних витрат та додатковий дохід, а також економічний ефект (прибуток) від скорочення витрат часу перебування автомобілів на підприємстві технічного обслуговування.

**Список використаних джерел**

1. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Кіберфізичний підхід при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно-виробничих систем // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). С.331-343.

2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Кіберфізичний підхід в дослідження стану технічних систем. Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability: матеріали Міжнародної науково-практичної конф., 15-17 квітня 2020 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С.168- 169.

3. Аулін В.В. Використання методів теорії сенситивів при розв'язанні завдань технічних, транспортних і виробничих систем і процесів. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 5(36) ч.І. С.299-310.

4. Аулін В.В. Розробка критерію вдосконалення системи технічної експлуатації засобів транспорту з врахуванням необхідної діагностичної інформації / В.В. Аулін, А.В. Гриньків, Д.В. Голуб, М.І. Агапоненко // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – №62. – С.17-20.

5. Аулін В.В. Теоретичне обґрунтування моментів контролю технічного стану систем і агрегатів засобів транспорту / В.В. Аулін, А.В. Гриньків // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2017. – №8. – С. 9-20.

6. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія / Аулін В. В. [та ін.] ; за ред. проф. Ауліна В. В. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2016. - 303 с.

7. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Лівіцький О.М. Підвищення ефективності використання транспортних машин у агропромисловому виробництві узгодженням їх експлуатаційних характеристик та умов функціонування. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6(37) ч.ІІ. С.45-57.

**УДК 629.331:620.7.**

# ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ УЗГОДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І СКЛАДСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ

**С. Ю. ТИЩЕНКО**, асп., **В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф.,
**А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., старший дослідник, **А. Б. ГУПКА**, к.т.н., доц.
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
*E-mail:* AulinVV@gmail.com

В даний час і в перспективі найважливішою з умов існування автомобільних сервісних систем (підприємства автосервісу, логістичних центрів просування запасних частин та складу автомобільних запасних частин) є постійна розробка заходів, спрямованих на збільшення ефективності їх функціонуванн629.7.я, що вимагає наявності відповідних методів аналізу, оцінки та прогнозування їхньої поведінки в динамічних системах автосервісного обслуговування клієнтів.

Необхідно відзначити наявність низки проблем, характерних для ринку автосервісного обслуговування та функціонування систем управління запасами в умовах України: ізольованість підприємств та їх фінансової документації, що ускладнює збирання та аналіз відповідної інформації, необхідної для вивчення принципів, що дозволяють виробити підходи до збільшення ефективності функціонування мережі СТО; відсутність дієвих методик, що дозволяють проводити оцінку ефективності функціонування мережі СТО на основі кількісних та якісних показників та здійснювати прогнозування зміни потреби у запасних частинах на належному рівні;

Вищевикладені проблеми визначають потребу у формуванні принципів, методик, а також підходів та рекомендацій, націлених на підвищення ефективності роботи СТО з урахуванням тимчасових факторів, поточного стану ринкової системи, що дозволить оперативно планувати потребу в запасних частинах з урахуванням їх просування в районах ділової активності мереж СТО, що взаємодіють з дистриб'юторськими системами.

Сучасні зміни в економічній ситуації змушують дистриб'юторські системи переглядати свою політику забезпечення постачання запасних частин на автосервісні підприємства з метою забезпечення необхідного рівня працездатності транспортних засобів.

Варто зазначити, що на сьогоднішній день, рівень запасів матеріальних цінностей на території автосервісних підприємств і попередній етап постачань продукції, ґрунтується на нормативній документації. Нормативний метод не завжди успішний на практиці, де більше значення мають методики планування, що ґрунтуються на статистичних та математичних методах, до яких належить теорія відновлення та теорія масового обслуговування. Проведений аналіз нормативно-правової та методичної літератури вказує на недосконалість старих

методів та необхідність доробок наступних критеріїв: обліку та аналізу у прогнозуванні витрат та збитків, що виникають на етапі постачання запасних частин; враховуючи невизначеності та ризики, в процесі постачання; прогнозування та розрахунок обсягу запасу, виходячи з потенційних (прогнозних) характеристик витрачання запасних частин та постачання.

У сучасних умовах, при прийнятті управлінських рішень найбільш актуальним є аналіз поточної політики з управління запасами та рівнем її ефективності. Рівень витрат підприємством автомобільного сервісу в процесі управління запасами запасних частин сягає 40% від кількості загальних витрат, що свідчить про необхідність оптимізації цього процесу.

Багато зарубіжних компаній, у питаннях управління запасами спираються на працю Еддоуса М., Стенфілд Р. "Методи прийняття рішень", де представлені різні методи та моделі управління запасами, починаючи від детермінованих, закінчуючи моделями, що враховують невизначеність та інтервали постачань.

Варто пам'ятати, що наявність запасів, до яких належать і запасні частини, створює додаткові витрати. З'являється потреба у додаткових площах (для зберігання), в обладнанні, у персоналі та страхуванні. Це можливо призвести до "простоїв" коштів, формуються збитки через неможливість використання вже вкладених коштів. Однак, варто розуміти, що повна відмова від створення запасів підвищує ризики через невизначеність попиту та факторів зовнішнього середовища. Одним із критеріїв ефективної роботи підприємства з ремонту та обслуговування легкових автомобілів є своєчасність. Як результат, зниження рівня запасів може призвести до дефіциту запасних частин, збільшення часу ремонтних робіт і як наслідок втрати клієнтів.

Формування підходу до створення запасів та їх постійний контроль мають прямий вплив на ймовірність утворення їхнього профіциту чи дефіциту. У багатьох випадках саме фактори невизначеності безпосередньо впливають, на динаміку продажів легкових автомобілів у тих чи інших регіонах, особливості комплектації та вимоги до них, інтенсивність експлуатації транспортних засобів та експлуатаційна надійність та ін. Ці фактори впливають у свою чергу на коливання попиту на послуги СТО і, як наслідок, на розміри партій та інтервали постачання необхідних елементів та комплектуючих. Всі ці фактори та індивідуальні потреби у різних регіонах мають бути враховані для формування запасів. Автосервісному підприємству (АСП) необхідно створити та розрахувати такий рівень запасів, щоб уникнути можливих втрат при порушенні чи затримці на будь-якому з етапів ланцюга постачань, мати ефективний рівень оборотності та максимально знизити витрати на зберігання та обробку. На побудову моделі повинні бути накладені такі обмеження, щоб вона була найпростіша у використанні, динамічна до змін зовнішнього середовища підприємства, чітко відображала ситуації і була зручна в рамках практичної реалізації.

Виявлено основні принципові теоретичні та методичні підходи, що безпосередньо впливають на процес вирішення завдань, орієнтованих на прогнозування потреби в запасних частинах для легкових автомобілів з

урахуванням їх просування в районах ділової активності та функціонування дистриб'юторських систем постачання запасних частин на сервісні підприємства дилерської мережі СТО.

Встановлено, що вирішення завдань прогнозування потреби в запасних частинах сервісними підприємствами дилерської мережі СТО має передбачати проведення низки етапів послідовних досліджень, що включають оцінку споживчої задоволеності та прогнозування просування легкового транспорту на ринок України, виявлення елементів, що лімітують працездатність легкових автомобілів та вирішення питань забезпечення працездатності легкового транспорту при прогнозуванні потреби запасних частин для дилерських мереж СТО з урахуванням їхнього просування на ринок легкового транспорту.

Проведено оцінку споживчої задоволеності та прогнозування просування легкового транспорту на українському ринку. Розроблено методику виявлення елементів, що лімітують працездатність легкових автомобілів, математична модель оптимізації потреби в елементах легкових автомобілів для забезпечення заданого рівня їхньої працездатності та методика прогнозування потреби в запасних частинах для дистриб'юторської системи та дилерської мережі СТО в районах їх ділової активності.

Для застосування результатів проведених досліджень моделей та методик вирішення задачі потреби у запасних частинах на реальному виробництві необхідна наявність експериментальних якісних та кількісних даних про надійність легкових автомобілів та оцінних питомих витрат на придбання запасних частин.

Отримано статистичні характеристики експлуатаційної надійності елементів легкових автомобілів (оцінок математичного очікування та середньоквадратичного відхилення напрацювань на відмови елементів), абсолютних та питомих витрат на запасні частини при відновленні їх працездатності. Визначено закономірності розподілу відмов елементів та формування провідних функцій потоків відмов. Виявлено рівень значущості впливу відмов елементів легкових автомобілів на рівень їхньої працездатності. Визначено номенклатуру елементів, що лімітують працездатність (або "критичних" за працездатністю) легкових автомобілів.

Розроблено методику оптимізації потреби в запасних частинах критичних за працездатністю в рамках дилерської мережі СТО з урахуванням економічної кон'єктури, умов експлуатації, інтенсивності та працездатності легкових автомобілів. Проведено оцінку ефективності та практичної значущості впровадження методики, використання якої уможливлює зниження витрат та втрат на підтримку працездатності автомобілів як для власників автомобілів, так і для дилерських сервісних центрів у діапазоні від 10 до 16,2 %. При цьому зниження потенційних втрат клієнтів, які користуються послугами автосервісу, при зміні ймовірності відсутності очікування становить до 47,8%. Це у свою чергу дозволить суттєво підвищити продуктивність та ефективність дилерського обслуговування.

# Секція 2 *«Прикладна механіка»*

**УДК 629.7.014-519:63(045)**

# ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ: СУЧАСНА ВИМОГА ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

**В. М. БУЛГАКОВ**, доктор технічних наук, професор, академік НААН
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Дрони – це без сумніву складова частина високих технологій у сільському господарстві. Ними виконуються важливі завдання, такі як – моніторинг полів, картографування тощо. Зараз дрони успішно використовують і при обприскуванні рослин для їх захисту від шкідників та хвороб, а також при внесенні на поля гербіцидів та навіть мінеральних добрив.

Безумовно, їх використання при виконанні технологічних процесів у сільському господарстві обмежується тільки поверхневим внесенням матеріалів на сільськогосподарські угіддя. На інші операції вони поки що, на жаль, не здатні (окрім обприскування та розкидання по полях наприклад трихограм), але і цього зараз більш ніж достатньо.

Моніторинг полів та поверхневе внесення матеріалів – це достатня ніша у сучасних високих технологіях, що запроваджуються і вже використовуються зараз за допомогою дронів.

Які ж переваги дронів:

– не потрібна дорога техніка (трактори, обприскувачі, діжки з водою, помпи, насоси);

– розхідники (помпи, мембрани, форсунки) – які також складні та дорогі;

– не потрібна велика кількість води;

– можна здійснити весь процес з однієї точки, в тому числі і вночі;

– тракторист не вдихає хімічні сполуки добрив під час здійснення технологічного процесу;

– не залишається колії на самому полі (ранньою весною на полях занадто вологий ґрунт);

– висока продуктивність обробки полів.

Проте є і недоліки у використанні дронів. Зокрема:

– для експлуатації літальних апаратів потрібен фахівець високої кваліфікації;

– пристрій може впасти, улетіти, можливий збій програми внаслідок чого літальний пристрій може летіти не туди;

– «наднизькі» витрати рідини при застосуванні дронів для обприскування, а тому використовувати високу концентрацію хімікатів є небезпечним;

– відслідковувати правильну та точну роботу форсунок при обприскуванні коли дрон літає на далекі відстані дуже складно;

– небезпечні надвисокі концентрації призводять до появи нового

покоління шкідників і супер-бур'янів;

– низькі ж норми концентрації можуть не створювати відповідного ефекту.

Отже, як бачимо, дрон не завжди здатний повністю замінити звичайний обприскувач, оскільки обприскує рослини тільки зверху. Важливим недоліком широкого розповсюдження дронів в даний час є їх висока собівартість.

Незважаючи на те, що це – нові технології, поки що дрон поступається сільськогосподарській авіації, що використовувалась раніше. Це зокрема, невеликі гелікоптери, що були задіяні у сільському господарстві. У цього гелікоптера були зліва та справа розташовані довгі штанги, що дозволяли здійснювати обприскування.

Сьогодні, наука пішла далеко вперед. І потрібні ґрунтовні дослідження, в польових реальних умовах, застосування сільськогосподарської авіації, в тому числі безпілотних літальних апаратів. Цей науковий напрям є дуже перспективний! Ним можна і потрібно займатися. За ним майбутнє!

Тому слід сформулювати такі напрями наукових досліджень у цьому питанні. Перш за все, це:

необхідно встановити взаємозв'язок повітряних потоків, які вони спрямовують донизу, у різних конструкціях БПЛА, залежно від:

– кількості гвинтів;

– довжини кронштейнів на яких вони розташовані;

– розмірів гвинтів та розміщення приводу в обертальні рухи усередині кронштейнів.

Експериментально дослідити види потоків (наприклад, ламінарні або турбулентні), що мають місце у повітрі при поступальному русі дронів з високою швидкістю поступального руху на різних висотах.

При аналітичних розрахунках руху рідини униз потрібно обов'язково враховувати дію зовнішнього повітря. А саме: його напрям, швидкість на різних висотах та врахувати це при обранні швидкості руху та висоти польоту самого дрона. Тобто потрібно дослідити всі умови знесення рідини.

Розробити та дослідити різні конструкції форсунок, які будуть використані на безпілотних літальних апаратах. Далі визначити місця, де вони повинні бути розташовані вже всередині БПЛА; їх частота обертання, оскільки вони самі обтікаються дуже швидким повітрям. Відтак, постає питання – як подавати рідину, де вона сходить у вільний політ (можливо при проведенні лабораторних досліджень слід застосувати аеродинамічну трубу). Потребують також ретельних розрахунків техніко-експлуатаційні показники роботи різних типів безпілотних літальних апаратів.

Проведення цих досліджень дозволить створити власний, вітчизняний безпілотний літальний апарат для використання у сучасному сільському господарстві України. А це, в свою чергу, зменшить залежність від закупівлі імпортних приладів, дуже дорогих, іноді не дуже якісних, і надасть робочі місця власним виробникам.

**УДК 631.356**

# ДОСЛІДЖЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ПОЛЬОТУ ГИЧКИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ПРИ ЇЇ СКОШУВАННІ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОЮ МАШИНОЮ

**І. В. ГОЛОВАЧ**, д.т.н., проф.
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

При збиранні цукрових буряків необхідною технологічною операцією є видалення гички з головок коренеплодів та його навантаження у транспортний засіб або розкидання по поверхні поля. Гичка цукрових буряків є цінним кормом для худоби, сировиною для виробництва біогазу, а також цінним органічним добривом.

Тому якісне прибирання гички цукрових буряків з його мінімальним потраплянням у сировину для виробництва цукру, з мінімальними втратами при використанні як корму для худоби та виробництві біогазу, а також рівномірного розкидання по поверхні поля при її використанні як органічного добрива, є актуальним завданням у галузі механізації сільськогосподарського виробництва. Тому необхідна розробка більш досконалих конструкцій механізмів транспортування скошеної гички ріжучим апаратом та його вивантаження за межі гичкозбиральної машини.

З метою обґрунтування раціональних параметрів розробленого нами вивантажувального механізму гичкозбиральної машини нової конструкції, у випадку розкидання скошеної гички по поверхні поля в якості органічного добрива, побудовано математичну модель руху частки гички після її вильоту із вивантажувального патрубка зазначеного механізму до досягнення поверхні поля. Для складання диференціального рівняння руху частинки $M$ гички побудуємо необхідну процесу переміщення частинки із зазначенням всіх сил, що діють на неї. Зображено на еквівалентній схемі кінець вивантажувального патрубка, з якого в точці $0$ вилітає частка $M$ гички з початковою швидкістю $V_0$ під кутом $\alpha_0$ до горизонтальної площини, причому вектор $\overline{V}_0$ спрямований перпендикулярно до поступального переміщення гичкозбиральної машини, тобто $\overline{V}_0 \perp V_t$, де $V_t$ - поступальна швидкість гичкозбиральної машини (рис. 1).

Зображено також на еквівалентній схемі частинку $M$ гички в довільний момент часу $t$. На зазначеній схемі вектор $\overline{V}$ позначає швидкість польоту частки $M$ у довільний момент часу без урахування поступального руху гичкозбиральної машини та вітру. Розглянемо важливий окремий випадок, коли вектор $\overline{V}_w$ швидкості вітру спрямований у бік поступального руху гичкозбиральної машини або в протилежний бік. На схемі сумарний вектор швидкості поступального руху машини та вітру показаний як вектор рівний $\overline{V}_t \pm \overline{V}_w$. При цьому $\overline{V}_t + \overline{V}_w$ означає рух машини проти вітру, а $\overline{V}_t - \overline{V}_w$ – за вітром. Тоді швидкість $\overline{V} + \left(\overline{V}_t + \overline{V}_w\right)$ є швидкістю частки $M$ гички з урахуванням поступального руху гичкозбиральної машини та вітру.

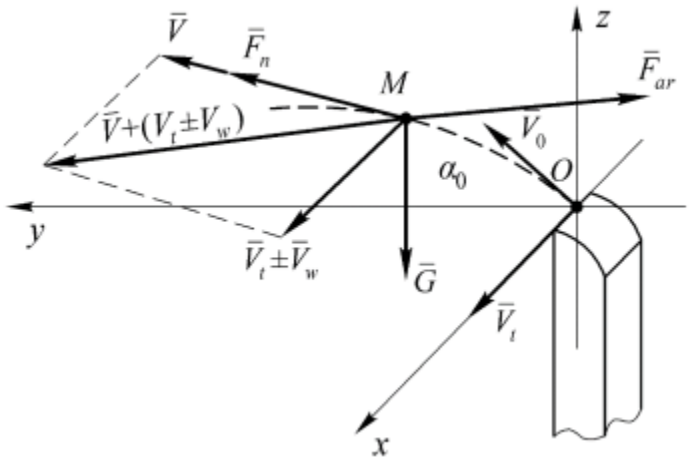



Рис. 1. Еквівалентна схема процесу руху частинки $M$ зрізаної гички цукрових буряків після її вильоту з вивантажувального патрубка вивантажувального механізму гичкозбиральної машини

На еквівалентній схемі показано всі сили, що діють на частину $M$ гички під час її польоту. Враховуючи всі вирази даних сил, після відповідних підстановок та перетворень було отримано таку систему диференціальних рівнянь:

$$\left.\begin{aligned} m\ddot{x} &= -\lambda\sqrt{\left(\dot{y}^2+\dot{z}^2\right)+\left(V_t \pm V_w\right)^2}\cdot\left(V_t \pm V_w\right), \\ m\ddot{y} &= k\left(V_n-\sqrt{\dot{y}^2+\dot{z}^2}\right)\frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{y}^2+\dot{z}^2}}-\lambda\sqrt{\left(\dot{y}^2+\dot{z}^2\right)+\left(V_t \pm V_w\right)^2}\cdot\dot{y} \\ m\ddot{z} &= k\left(V_n-\sqrt{\dot{y}^2+\dot{z}^2}\right)\frac{\dot{z}}{\sqrt{\dot{y}^2+\dot{z}^2}}-\lambda\sqrt{\left(\dot{y}^2+\dot{z}^2\right)+\left(V_t \pm V_w\right)^2}\cdot\dot{z}-mg \end{aligned}\right\}, \quad (1)$$

де $m$ – маса частки; $g$ – прискорення сили тяжіння; $k$ – коефіцієнт, який залежить від фізико-механічних властивостей гички; $\lambda$ – коефіцієнт пропорційності.

Отримана система диференціальних рівнянь описує політ частки скошеної гички в довільний момент часу з урахуванням швидкості її вильоту з вивантажувального патрубка, впливу повітряного потоку та опору повітря, що враховує поступальну швидкість переміщення агрегату по полю, а також швидкість та напрямок вітру.

**УДК 631.3.001.4:621.01**

# АНАЛІЗ ІСТОРИЧНИХ ПОДІЙ ПРО ПОЧАТОК ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ГАЛУЗІ АГРОІНЖЕНЕРІЇ В КИЇВСЬКОМУ ПОЛІТЕХНІЧНОМУ ІНСТИТУТІ

**О. В. БУЛГАКОВА**, к.іст.н., доц.
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Відомо, що серед головних та стратегічних напрямів розвитку будь-якої держави світу є підготовка кадрів для різних галузей її науки, промисловості, транспорту, сільського господарства тощо. В Україні протягом декількох останніх століть цьому питанню приділялась значна увага, коли підготовка на різних рівнях освіти була ґрунтовно заснована, організована і, незважаючи на бурхливі події на початку ХХ століття, продовжувала розвиватись та вдосконалюватись, що свідчило про суттєві, іноді вражаючі, досягнення світового рівня. Безумовно, що до підготовки інженерних кадрів, а також фахівців для галузі сільського господарства в нашій країні було особливе ставлення, завдяки чому були суттєві досягнення в аграрно-промисловому напрямі. Серед вишів, які мали помітні, якщо не казати величезні, досягнення у наданні технічної освіти і підготовці інженерних кадрів високої кваліфікації був заснований у 1898 році Київський політехнічний інститут з сільськогосподарським відділенням і відокремлений від нього у 1922 році, як окремий виш, Київський сільськогосподарський інститут. Серед численних історичних праць про роботу цього інституту, виданих останнім часом, наполегливо висвітлювалась думка, що ще з самого початку його існування тут начебто готувались інженерні кадри для галузі сільськогосподарського виробництва. Однак, звернення до архівних джерел, ретельне їх вивчення, а також більш глибокі історичні розвідки показали, що все було дещо інакше. Внаслідок ретельного вивчення цього питання було встановлено, що з початку заснування інституту і протягом певного часу такої підготовки згідно «Положення» та «Статуту» взагалі не передбачалось і вона звісно й не здійснювалась. Внаслідок неймовірно важких умов, які були з моменту відкриття вишу та протягом п’яти наступних років його роботи, відсутності лабораторної та навчальної бази (не була ще збудованою і не приступила до роботи машиновипробувальна станція при інституті для випробувань землеробських машин та знарядь), не було потрібної кількості кваліфікованих викладачів, підготовка фахівців даної галузі була нездійсненною. Лише згодом студенти Механічного та Сільськогосподарського відділень почали вивчати будову сільськогосподарських машин, у подальшому навіть виконувати курсові проекти з цієї тематики, а також спостерігати за їх роботою в реальних польових умовах на машиновипробувальній станції. Студенти Механічного факультету мали у самому кінці навчання спеціалізацію, що дозволяла їм вивчати предмети, пов’язані з побудовою заводів з випуску

сільськогосподарських машин і отримання відповідних компетенцій з проектування цехів, які повинні були виготовляти сільськогосподарські машини. Студенти ж Сільськогосподарського відділення, тобто майбутні агрономи, землероби, тваринники, також в кінці навчання мали обирати спеціалізацію, яка мала б надавати їм необхідні загальні знання з будови та застосування сільськогосподарських машин (оскільки їм викладався лише описовий курс). У подальшому студенти Київського політехнічного інституту двох його відділень долучались до короткого вивчення теоретичних питань, які стосувались елементарних розрахунків сільськогосподарських машин і то це відносилось тільки до ґрунтообробних машин та знарядь. Однак, отримані відповідні кваліфікації з цих предметів студентами на обох Відділеннях не дають підстав стверджувати, що тут відбувалась підготовка інженерів-конструкторів та інженерів-експлуатаційників для галузі сільськогосподарського виробництва. Студенти Сільськогосподарського відділення після навчання у КПІ отримували дипломи – «Вчений-агроном», а студенти Механічного відділення – «Інженер-технолог». Таке становище було фактично до кінця 1910 року, тобто до звільнення Шиндлера К. Г. з роботи у КПІ, на початку 1911 року. Після цього викладання навчальних предметів в галузі агроінженерії повністю було припинено, а машиновипробувальна станція не працювала і була у майже зруйнованому стані, оскільки КПІ фактично у 1914–1923 рр. взагалі не працював. Все це свідчить про те, що випуск фахівців у стінах КПІ, обізнаних з землеробськими машинами і знаряддями, та сільськогосподарським машинобудуванням, був повністю припинений.

Таким чином, історична дійсність щодо підготовки у Київському політехнічному інституті фахівців в галузі сільськогосподарського машинобудування доводить, що з початку заснування інституту і протягом певного часу такої підготовки не здійснювалось. У подальшому підставою для підготовки фахівців в галузі сільськогосподарського машинобудування спочатку слугувало викладання студентам навчального предмету «Механіка в пристосуванні до сільського господарства», який передбачався до вивчення згідно Положення та Статуту, однак лише студентам сільськогосподарського відділення, і розпочалось це лише у 1903–1904 навчальному році. Також вивчення будови сільськогосподарських машин та знарядь зводилось до показу їх роботи у реальних польових умовах на машиновипробувальній станції, яку було збудовано при виші і прийнято до експлуатації ще у 1902 р.

Починаючи з 1903–1904 навчального року, предмет «Землеробські машини» почав викладатись і на механічному відділенні Київського політехнічного інституту, завдяки запровадженню та наполегливій праці виконуючого обов’язки екстраординарного професора кафедри механіки Шиндлера К. Г. Однак, незважаючи на це, випускники механічного відділення продовжували отримувати звання інженерів-технологів.

Вивчення конструкцій сільськогосподарських машин, яке відбувалось під час їх випробувань, студентами механічного та сільськогосподарського відділень, створило умови для виконання студентами обох факультетів

курсових проектів, присвячених різним конструкціям машин, однак студенти механічного факультету у переважній більшості мали спеціалізацію, яка дозволяла їм вивчати предмети, що не були пов'язані з експлуатацією сільськогосподарських машин, їх ремонтом тощо. Студенти ж сільськогосподарського відділення в кінці навчання мали спеціалізацію, яка надавала їм необхідні знання тільки в будові сільськогосподарських машин (описовий курс), але після закінчення навчання вони отримували дипломи лише вчених-агрономів.

У подальшому студенти Київського політехнічного інституту долучались до скороченого вивчення теоретичних положень, які стосувались аналітичних розрахунків сільськогосподарських машин, і то, це відносилось тільки до ґрунтообробних машин та знарядь. Такі вимоги з викладання вказаних навчальних дисциплін в цілому продовжувались до кінця 1910 року і фактично позбавляли можливості випускникам механічного та сільськогосподарського відділень мати відповідні кваліфікації, які, за сучасним розумінням цієї справи, носять назви – інженер-конструктор та інженер-експлуатаційник, відповідно для галузі сільськогосподарського виробництва.

**Список використаних джерел**

1. ПОЛОЖЕНІЕ и УСТАВЪ Политехническаго института ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА II въ Кіевѣ. – Кіевъ: Типографія К. Н. Милевскаго, (Типографія В. Киршбаума.), 1899.

2. Иллюстрированный СБОРНИК МАТЕРІАЛОВЪ къ исторіи возникновенія Кіевскаго политехническаго института. Памяти Виктора Львовича КИРПИЧЕВА посвящаетъ Кіевское Политехническое Общество Инженеровъ и Агрономовъ. Кіевъ. Тип. Т-ва И. Н. Кушнеревъ и К$^0$, 1914.

3. Київський політехнічний і Київський сільсько-господарський інститути XXV років 1898-1923. ЮВІЛЕЙНИЙ ЗБІРНИК. – КИЇВ: Державний Трест „Київ-Друк“, 1924. – 279 с.

4. Київський політехнічний інститут: нарис історії [Текст] / Г. Ф. Бєляков [та ін.]; гол. ред. М. З. Згуровський. – К.: Наукова думка, 1995. – 320 с.

5. Гадзало Я. М. та ін. Зародження в Україні випробувальної справи для землеробських машин: міфи та факти / Я. М. Гадзало, О. В. Булгакова, В. М. Булгаков // «Вісник науки та освіти (Серія «Історія та археологія»)»: журнал. 2024. № 6(24) 2024. С. 1103–1136.

6. Гадзало Я. М. та ін. Шлях від кресляра-лаборанта у всесвітньо відомі вчені за один крок, або парадокси сучасної історії / Я. М. Гадзало, О. В. Булгакова, В. М. Булгаков // «Вісник науки та освіти (Серія «Історія та археологія»)»: журнал. 2024. № 9(27) 2024. С. 1175–1237.

7. Гадзало Я. М. та ін. Щодо історичної дійсності запровадження підготовки фахівців з сільськогосподарського машинобудування у Київському політехнічному інституті / Я. М. Гадзало, О. В. Булгакова, В. М. Булгаков // «Вісник науки та освіти (Серія «Історія та археологія»)»: журнал. 2024. № 12(30) 2024. С. 1395–1438.

**УДК 37.072**

# АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ВИМОГ ДО СУЧАСНОГО ЗМІСТУ ЛЕКЦІЙ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

**М. М. БОНДАР**, к.п.н., доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Лекція, серед інших форм навчання у сучасному університеті, займає особливе місце. Багато вчених, дослідників та відомих лекторів вважають лекцію основною формою університетського навчання. лекція завжди несе відомості про тенденції розвитку розглядуваного питання чи явища в даний час, що дуже важливо для наукової орієнтації і оцінки стану питання. Через лекцію вчений (лектор) здійснює виховний процес студентів, доносить свою точку зору, свої ідеї, що е характерним для вузівської діяльності.

Лекцію слід визнати ведучою формою навчання, її вплив розповсюджується на решту форм навчання (семінари, практичні заняття, лабораторні роботи, ігрові та інші види занять), вона організує формування знань у систему, визначає ставлення студента до предмета, що вивчається.

Існують різні варіанти побудови лекції, але ми вважаємо найбільш прийнятним такий, що виділяє три її складових частини: зміст, структуру і елементи. Останні, мабуть, слід підрозділити на власне елементи та функції, оскільки елементи характеризують якість лекції за визначеними показниками, а функції – наскільки лекція відповідає деякому призначенню. Кожна така частина обумовлена тими чи іншими факторами.

Основними вимогами до лекції є:

1. У більшості лекцій слід шукати можливості створення проблемних ситуацій; інакше кажучи, лекції проблемного характеру (за структурою і змістом) повинні бути переважаючими у лекційних курсах.

2. У лекції повинен здійснюватися системний підхід до відбору матеріалу, до викладання курсу.

3. Обов’язкова вимога до лекції – доказовість наукових положень, а не повідомлення їх лектором у вигляді готових істин.

4. Постійна реалізація принципу єдності теоретичного і прикладного, тобто, поєднання теорії з майбутньою практичною діяльністю дипломованого спеціаліста на прикладах розгляду конкретного матеріалу – ось атрибут сучасної лекції.

5. У лекціях повинне бути місце методу аналогії, досить ефективному у засвоєнні нових знань.

6. Важлива функція лекції – її методологічна спрямованість: вчити способу пізнання, володіти методом, розвивати мислення.

7. Лекція має бути науковою за своїм характером, а не догматичною, формувати знання, що відповідають сучасному рівню, маючи на увазі, що вони відповідають стану не цілком вирішеної проблеми.

8. Будь-яка лекція через формування відношення до понять, явищ, об'єктів виконує необхідну світоглядну функцію, а через розгляд філософських категорій покликана формувати філософський світогляд (хай навіть на нематеріалістичних засадах) і діалектичне мислення.

9. Лекція повинна бути риторично-ефектною.

Здійснення цих вимог у навчанні (перш за все у лекційному викладанні) дозволить у значній мірі комплексно підійти до реалізації відповідних його функцій: навчаючої, розвиваючої і виховуючої, які є предметом дидактики, психології та теорії виховання, тобто психолого-педагогічного циклу наук.

Всі ці вимоги, які можна вважати основними, покликані розбудити пізнавальну потребу у студентів, викликати у них акцію мислення, обумовити міцність знань, навчити методам самостійного пізнання, сформувати філософський світогляд і діалектичне мислення, здійснити єдність процесу навчання і виховання.

Цілком природно, що окремі лекції з тих чи інших дисциплін можуть не відповідати одночасно всім переліченим вимогам. Однак, будь-яка лекція максимально повинна задовольняти навчаючій, розвиваючій та виховній функціям.

**УДК 681.511;681.527**

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМІ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПТАШНИКА

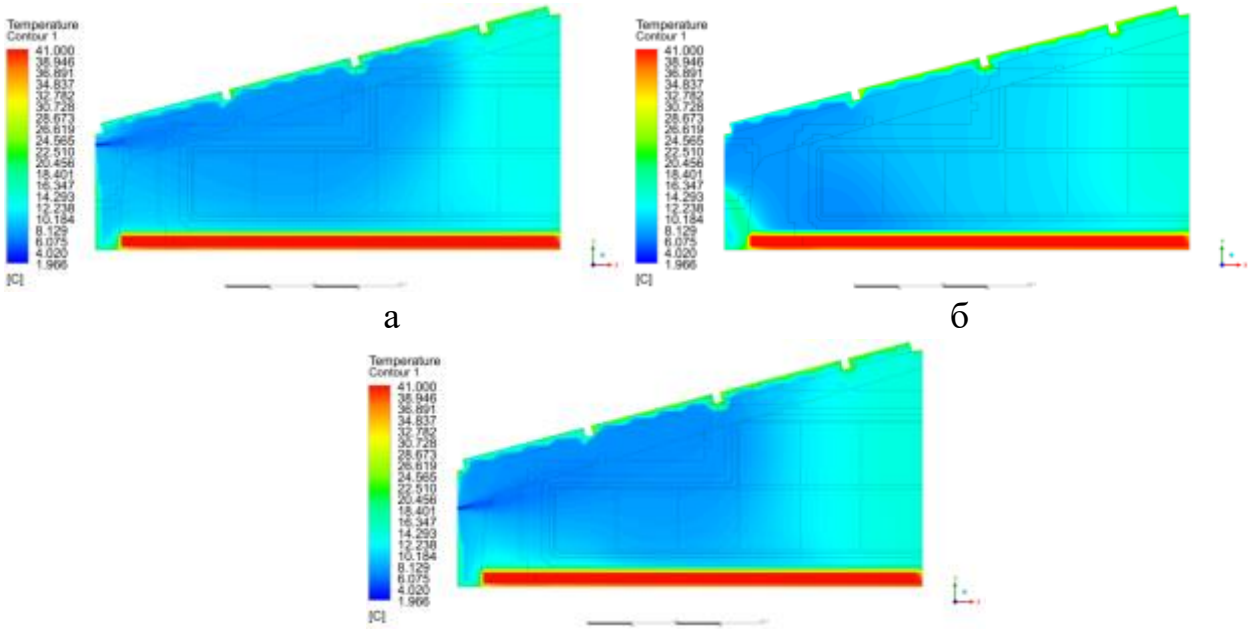
**В. І. ТРОХАНЯК**, к.т.н., доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

У зв’язку із недосконалістю системи мікроклімату пташників, автори видозмінюють розташування витяжних вентиляторів. У традиційній конструкції пташника витяжні вентилятори монтуються на задній торцевій стінці пташника, а автори рекомендують розміщувати на бічній стінці. По 4 шт. на кожну стінку, в загальній кількості 8 шт.

Розрахунки проведені при витраті повітря 21,5 кг/с. Температура зовнішнього повітря приймається рівною +2 ºС та вводять параметри теплового випромінювання. Стіни виконані з бетону та утепленням пінопластом 35 кг/м$^3$ товщиною відповідно: 60/100/60 мм. Покрівля утеплена "Izovat" ϒ=30 кг/м$^3$, 100 мм. Більш детально можна ознайомитись на рис. 3.27. Підлога утеплена пінополістиролом 45 кг/м$^3$ товщиною 100 мм на ширину 2 м від стіни по

периметру, вся решта площа – 50 мм. У птахівничих приміщеннях птиця при підлоговому утриманні є джерелом теплоти і становить +41 °С. Система опалення не передбачена. Для видалення повітря використовуються витяжні вентилятори типу Munters EM50 1,5Hp в кількості 4 шт. Припливні клапани Wlotpowietrza 3000-VFG із загальною кількістю 79 шт. Над клапанами вмонтовані спойлери під кутом нахилу від вертикалі 75°.

На рис. 1 представлено поле температур на різних ділянках пташника. При сталій витраті повітря 77402 м$^3$/год і температурою повітря на вході +2 °С. Верхні шари повітря біля перекриття та поблизу бокової стінки температура дещо вища. Це супроводжується за рахунок радіаційного випромінювання сонця і становить в межах від +22 до +24 °С. Так як птиця є джерелом тепла, а також у сукупності із радіаційним випромінюванням, повітря у приміщенні частково нагрівається. У центрі приміщенні по усій висоті температура досягає +16 °С. Прохолодне повітря з температурою +2 °С направляється до центра приміщення і омиває птицю. На ділянці де припливне повітря активно перемішується із повітрям яке знаходиться у пташнику, температура повітря не перевищує +9,85 °С (рис. 1а, 1в). На рис 1б спостерігаємо як витяжний вентилятор витягує частину тепла із птиці. Що є не припустимим. Середня температура повітря на витяжних вентиляторах +8,5349 °С.

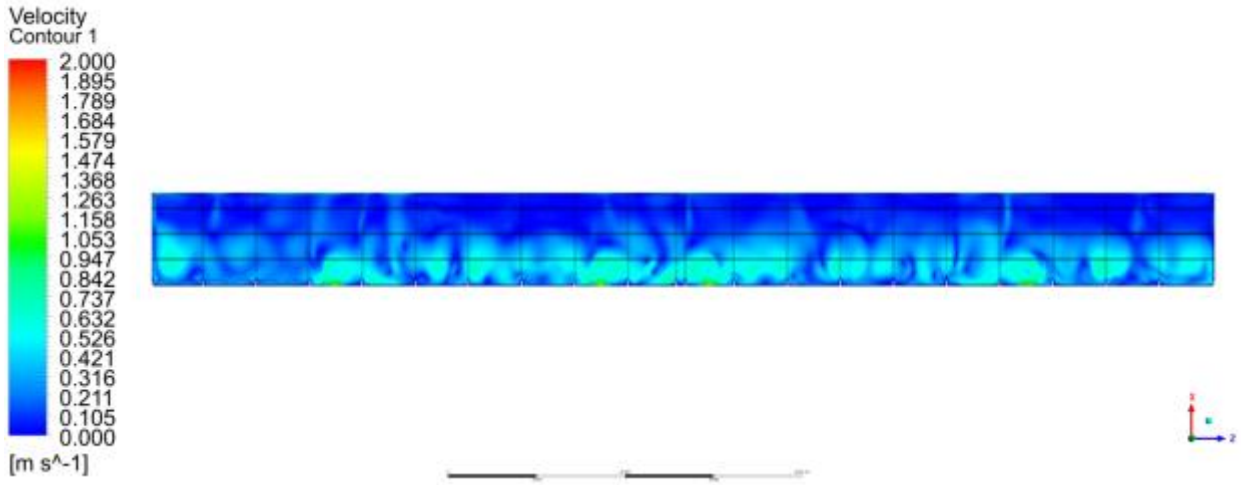



а б в

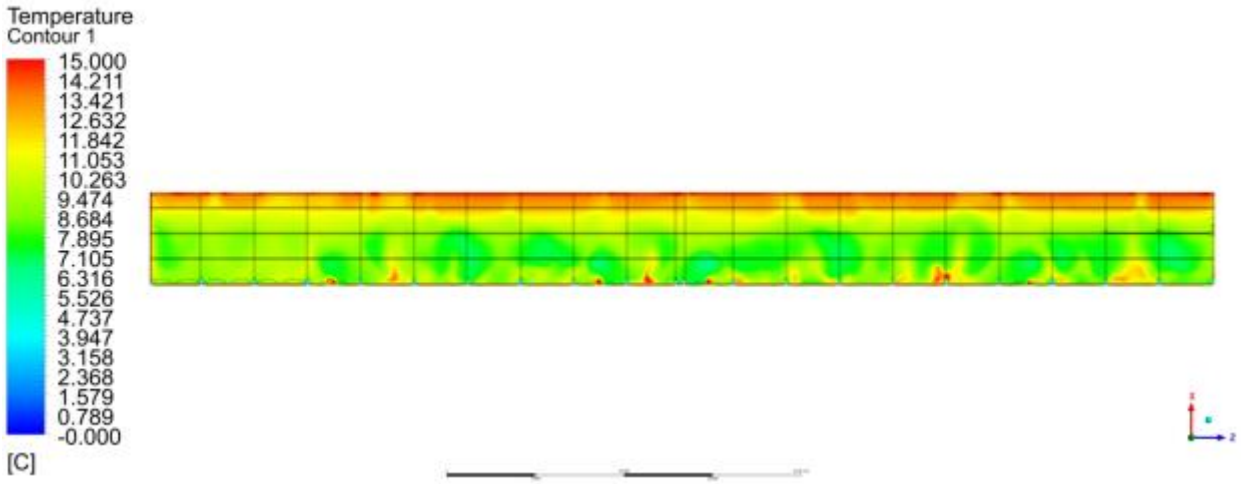
Рис. 1 – Поле температур (°С) в приміщенні пташника на відстані від передньої торцевої стінки на: а – 16,23 м.; б – 50,78 м.; в – 85,25 м.

На рис 2 показано поле швидкостей і температур по площині приміщення на висоті 0,7 м. від рівня підлоги. Дані результати є найбільш цікавими, які поможуть оцінити гідродинаміку і теплообмін повітря над птицею. Середня швидкість повітря становить 0,57 м/с, температура – 9,91 °С. Лише у деяких точках швидкість дещо більша 2 м/с. Основний масив птиці не будуть

відчувати дискомфорту. За рахунок збурення та застійних зон у центрі пташника швидкість повітря близько 0,32156 м/с. Вище було вказано, по усій висоті температура досягає +16 °С.




а




б

Рис. 2 – Поле швидкостей, м/с (а), та поле температур, °С (б) в приміщенні пташника на висоті 0,7 м від рівня підлоги

У роботі [1] витяжні вентилятори розташовані на верхній лінії задньої торцевої стінки. Таке розташування супроводжує створенню тунельного ефекту у центрі приміщення пташника. У зв'язку з цим, в подальшому автори пропонують встановити також на задній торцевій стінці додаткові два витяжні вентилятори до уже існуючих. Це позволить збільшити швидкість повітря у центрі пташника.

Із практичним досвідом вирощування птиці у традиційних пташниках ділиться на 16 рівномірних зон по вихідній продукції і якості м'ясна. По периметру зони близько бічних стінок пташника якість м'яса значно гірша. У центрі пташника вихід якості продукції є значно кращою. Із отриманих результатів CFD моделювання можна побачити що за рахунок менших

швидкостей над птицею, та більш рівномірних температур якість продукції, у порівнянні із традиційним розташування витяжних вентиляторів, буде вищою. Однак представлені результати мають як позитивний так і негативний вплив на птицю в цілому. Автори оцінили всі за та проти запропонованої системи вентиляції і в подальшому будуть працювати над усуненням недоліків.

**Список використаних джерел**

1. Trokhaniak V.I., Spodyniuk N.A., Trokhaniak O.M., Shelimanova O.V., Luzan P.H., Luzan O.R. (2022). Investigation of the influence of exhaust fans location on the upper line on poultry house aerodynamics with the use of CFD. INMATEH - Agricultural Engineering, Vol. 67, no. 2, pp. 425-432. https://doi.org/10.35633/inmateh-67-43.

**УДК 539.3:539.42:624.012**

## CRACK STATE DIAGNOSTICS BY THE SIZE OF ITS OPENING AT REINFORCED CONCRETE SLAB SURFACE

**A. KUTSENKO**
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*
**O. KUTSENKO,**
*Taras Shevchenko National University of Kyiv*

The determination problem of the potential danger defects in reinforced concrete structures has been always actually and it will remain so to this day. Having established the geometric parameters of the corresponding crack thorough using non-fracture testing methods, it is possible to accurately obtain the solution to the given problem. However, this way is not possible and/or economically justified always. Therefore, it is considerable interest of the development of the methods for identification of the crack state, which are based on taking into account the parameters of the crack that can be easily measured. In the case of the flat surface transverse cracks the opening of the crack edges on the surface in reinforced concrete slabs can be such parameter. This paper proposes an approach that implements the above thesis.

At first, for the implementation of the above idea, it is necessary to conduct a thorough modeling of the stress-strain state of a reinforced concrete slab of the selected type with cracks of different depths. As a result, a defect database should be created, which must necessarily include the distributions of stress intensity factors (SIF) along the crack front and the distributions of crack openings on the slab surface (crack opening is the distance between the corresponding points of the crack edges). Based on the database data and the parameters of the external load on the slab, the distribution of crack opening on the slab surface can be used to uniquely determine

the distribution of SIF along its front. It allows us to determine the level of crack dangerous.

It was demonstrated the above with a specific example. In work [1], an analysis of the distribution of the SIF along the front of a plane transverse crack was carried out for a wide range of geometric parameters, including the depth of the reinforcing bars *a*, their diameter *d*, the crack depth *l*, and the distance between adjacent reinforcing bars 2*s*. To assumed that the crack depth is less than the depth of the reinforcement. A typical configuration of such a plate is shown in Fig. 1. To concluded that in a wide range of changes in the crack depth, the SIF changes weakly along the crack front. The last made it possible to construct a great analytical approximation of the solution to the corresponding fracture mechanics problem.

In this study, the previously obtained SIF distributions were supplemented with the distributions of crack openings along the surface of the plate. As in the case of work [1], they were performed for two typical stress distributions, corresponding to pure tension and pure bending of the plate. In the vast majority of cases, the stress state of the plates is their superposition.

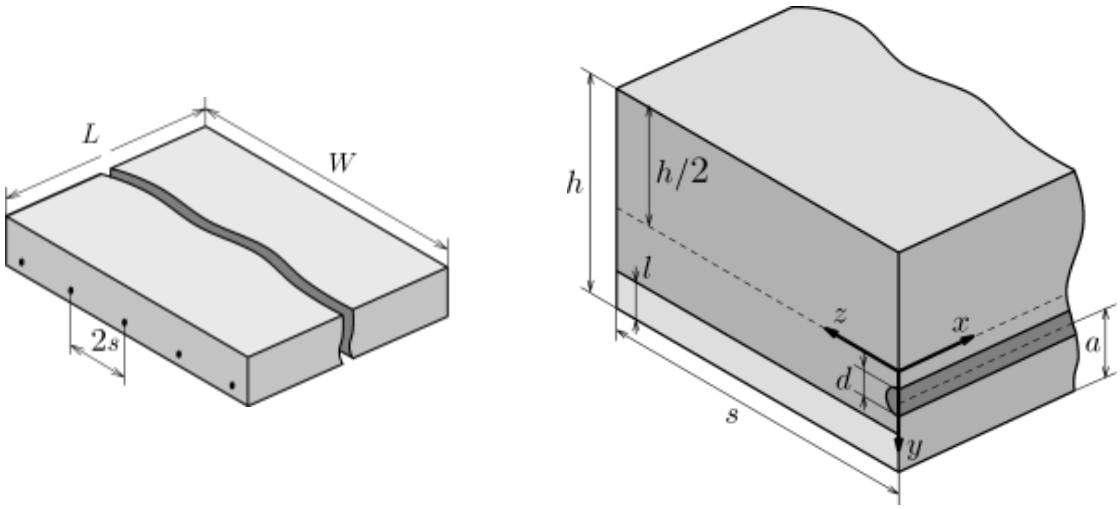



Fig. 1. The cross-section of plate (on left) and one of plate period (on right)

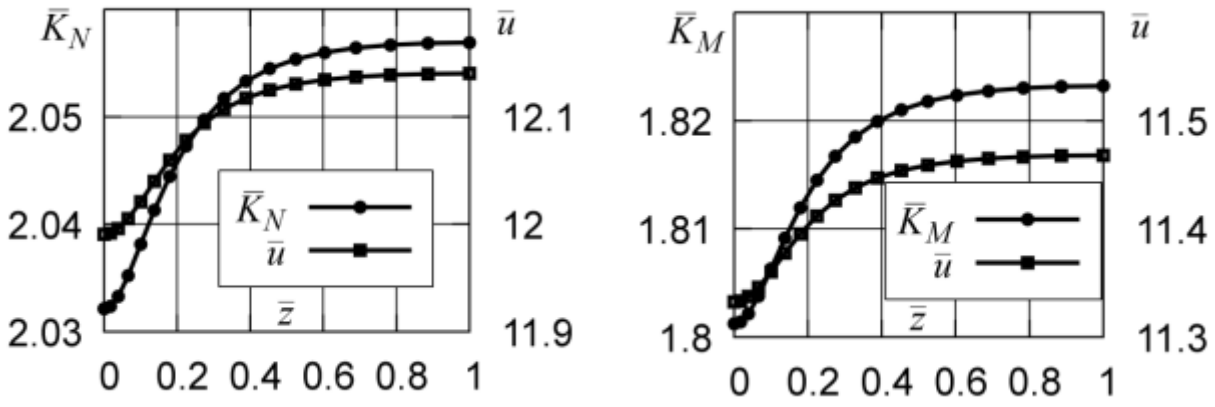



Fig. 2. The distributions of dimensionless SIF ( $\bar{K}$ ) and openings ( $\bar{u}$ ) in pure tension (on left) and pure bending (on right) of the plate

Fig. 2 shows typical distributions of dimensionless SIF and openings under pure tension and bending of the plate. It can be seen that the specified distributions in both cases demonstrate good correspondence. The last means that the opening of a crack on the surface of the plate can be taken as the basis for the criterion of its condition. Jn the base of preliminary modeling, it is allows the process of rejecting plates with a crack only by the magnitude of the crack opening on the surface to automate. It is worth noting that, despite the external similarity to the Panasyuk-Leonov-Dugdale deformation criterion [2], the given approach is fundamentally different. In the specified criterion, the crack opening is measured in the vicinity of the crack tip at a fixed distance from it.

## REFERENCES

1. Bulgakov, V., Kutsenko, O., Kutsenko, A., Aboltins, A., Ivanovs, S. 2023. Reinforcement impact on state of cracks in concrete slabs. Engineering For Rural Development, 22, p. 721-728.

2. Zrazhevsky, G., Kepich, T., Kutsenko, O. (2005). Basics of the theory of strength, deformation and fracture mechanics. Kyiv: LOGOS.

**УДК 624.012.045**

## ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНОГО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

**О. А. АНДРОСЮК**, магістр
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Залізобетонні конструкцій на даний час широко використовуються в галузі будівництва. Це можна пояснити тим, що за їх допомогою можна суттєво скорочувати терміни будівництва і оптимізувати виробничі витрати при значних об’ємах забудов. Ефективні інноваційні розробки в галузі залізобетону дозволили створювати залізобетонні конструкції витонченими в кожній деталі, вузлові, формі, системі.

Будівництво житлових будинків, різних об’єктів культурно-побутового чи іншого призначення зараз немислимі без застосування залізобетонних конструкцій. Особливо затребуваними і популярними залізобетонні конструкції є у промисловому будівництві. Тут вони використовуються не тільки для того, щоб звести конструктивні частини будівель, такі як фундамент, каркас, перекриття, покриття, але й застосовуються для виготовлення унікальних частин атомних електростанцій, гребель, естакад, мостів, тунелів і багатьох інших об’єктів.

За способом виготовлення залізобетонні конструкції у практиці їх проектування поділяються на монолітні, збірні та збірно-монолітні. Останніми

роками спостерігається тенденція до збільшення застосування монолітних залізобетонних конструкцій із широким використанням ковзної, переставної і незнімної опалубки. Також розширилось застосування збірно-монолітних залізобетонних конструкцій.

Переважна більшість залізобетонних конструкцій працюють на сприйняття поперечних сил, тому розрахунок несучої здатності похилих перерізів є одним із визначальних фактів при призначенні розмірів поперечного перерізу та визначає діаметр та крок поперечної арматури, яка може, навіть, скласти до 50% загальної арматури, використаної для армування елементу.

Також встановлено, що косий вигин в певній мірі присутній майже у всіх елементах, що згинаються. Він може виникати не лише за рахунок силового впливу, а також а рахунок цілого ряду факторів, таких як неточність виготовлення, неточність монтажу зміна геометричних розмірів, пошкодження тощо [1-3].

На сьогоднішній день існують розрахунки визначення несучої здатності при косому вигині залізобетонних елементів коли нахил нейтральної осі виникає за рахунок силового впливу або певних конструктивних чинників [4-6].

Отже, із проведеного аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що дуже цікавими є дослідження з складного напруженого стану залізобетонних конструкцій, оскільки в пошкоджених залізобетонних присутній плоский згин, внаслідок чого зазнає зміщення нейтральна вісь та припиняє бути паралельною осям симетрії і плоский згин змінюється на косий, і встановлення дійсного напружено-деформованого стану в цьому випадку є актуальним питанням.

## Список використаних джерел

1. Воскобійник П. П., Овсій Д. М., Воскобійник Є. П. Експериментальні дослідження відновлення експлуатаційних властивостей залізобетонних балок з метою їх повторного застосування. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Полтава: ПолтНТУ, 2016. № 32. С. 451–458.

2. Клименко Е. В., Острая Е. А. Влияние поврежденности на прочность и деформативность изгибаемых железобетонных элементов. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2012. Вип. 46. С. 175–180.

3. Карпюк В. М. Особливості інженерного методу розрахунку міцності приопорних ділянок залізобетонних балочних конструкцій. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2014. Вип. 54. С. 133–145.

4. Дмитренко А. О. Напружено-деформований стан похилих перерізів залізобетонних елементів, що згинаються. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01. Полтава, 2007. 23 с.

5. Мурашко Л. А., Колякова В. М., Сморкалов Д. В. Розрахунок за міцністю перерізів нормальних та похилих до повздовжньої осі згинальних залізобетонних елементів за ДБН. В.2.6-98:2009: навч. посіб. К: Видавництво КНУБА, 2012. – 62 с.

6. Яковенко І. А. Особливості розрахунку міцності нормальних перерізів позацентрово розтягнутих залізобетонних конструкцій із малими ексцентриситетами / І. А. Яковенко, Є. А. Дмитренко, О. А. Фесенко // Наука та будівництво. – 2020. – №4 (26). – С. 15–25.

**УДК 631.3; 629.3.014**

## ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНА ДЛЯ ЗЧИЩЕННЯ ПОШКОДЖЕНОГО ҐРУНТУ УСЕРЕДИНІ ВИРВ

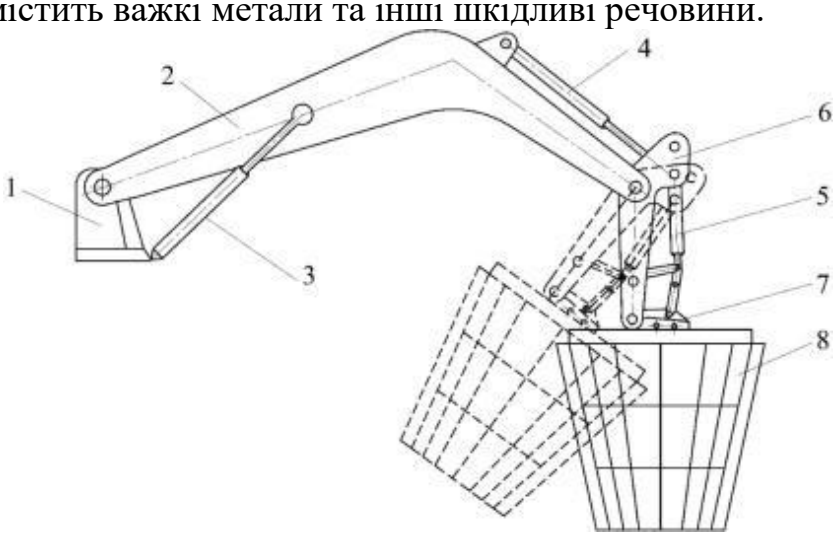
**О. М. ТРОХАНЯК**, к.т.н., доцент,
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
**В. М. КОРНЮШИН**, к.т.н,
***Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН***

Внаслідок воєнних дій ґрунтові ресурси України зазнають істотної руйнації, погіршення якості, посилення процесів деградації, виникає ряд механічних, фізичних та хімічних впливів на ґрунтовий покрив. Такі впливи призводять до руйнування структури та функцій ґрунтової екосистеми, ведуть до погіршення фізикогеохімічних властивостей. Найбільше згубного впливу воєнних дій зазнає аграрний сектор економіки і, зокрема, сільські території, а саме: пошкодження і знищення родючого шару ґрунту внаслідок детонації різного роду вибухових предметів і переміщення військової техніки та забруднення його шкідливими речовинами, які містяться у вибуховій речовині і паливно-мастильних матеріалах, засмічення земель сільськогосподарського призначення знищеною військовою технікою, залишками фортифікаційних споруд, уламків деревини тощо. Для відновлення рельєфу земель сільськогосподарського призначення, необхідно зняти чи зчистити пошкоджений шар ґрунту у вирві. Для цього запропоновано використовувати новий робочий орган. Якщо на внутрішній поверхні воронки виявлено небезпечну концентрацію важких металів та інших небезпечних речовин, то знятий забруднений шар ґрунту необхідно спочатку зчистити униз для подальшого зібрання і завантаження транспортного засобу, який буде відвозити його на утилізацію. Якщо знятий шар поверхні вирви містить допустиме значення концентрації забруднюючих речовин, то зчищений шар можна залишити на дні воронки, яку у подальшому засипати.

Нами розроблений робочий орган для механічного зчищення зараженого ґрунту з бічної конічної поверхні вирви, який встановлюється на стрілу екскаватора. На рис. 1 показано схему зазначеного робочого органу та його загальний вигляд.

Стріла екскаватора складається з платформи 1, до якої через шарнірне з'єднання кріпиться сама стріла 2. До стріли 2 приєднано гідроциліндри 3, 4, 5, які дозволяють повертання рукоятки 6, до якої через кронштейн 7 приєднано робочий орган 8 у вигляді зрізаного конуса, внутрішня поверхня якого є порожньою. Запропоновано зробити цей робочий орган активним, тобто таким, який має примусовий обертальний рух за допомогою гідромотора, що приєднаний до гідравлічної мережі екскаватора.

Робочий орган складається з рами у вигляді кругів, до яких приварено швелери та кутники. По висоті зварна конструкція підсилюється кільцями з металевого прутка. Зверху до робочого органа приварено кронштейн для кріплення до стріли екскаватора з можливістю повороту. Робочий орган закріплено на стрілі екскаватора за допомогою кронштейнів. За допомогою гідравлічної системи робочий орган може повертатися під кутом та здійснювати повороти навколо осі органа. Повертання робочого органа дає можливість підібрати кут нахилу робочого органу відносно поверхні вирви, поверхневий шар якої необхідно зчистити. Ребра полиць швелерів і кутників, які приварено на робочому органі, дадуть можливість зняти верхній шар поверхні вирви і таким чином звільнити її від пошкодженого оплавленого ґрунту, який містить важкі метали та інші шкідливі речовини.




а

б

Рис. 1. Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) стріли екскаватора з встановленим робочим органом

З метою визначення раціональних конструктивних параметрів робочого органу для зчищення пошкодженого ґрунту усередині вирв проведено дослідження впливу сили різання ґрунту полицями швелерів та кутників, які приварені на круги рами, під час зчищення пошкодженого та забрудненого ґрунту вирви. Найбільш значущою складовою процесу зчищення пошкодженого та забрудненого ґрунту робочим органом є різання ґрунту полицями швелерів та кутників, які приварені на круги рами. Відокремлення стружки від масиву ґрунту здійснюється полицями в умовах блокованого асиметричного різання ґрунту. Модель ґрунту та схему його руйнування прийнято з такими припущеннями: ґрунт розглядається як суцільне однорідне ізотропне середовище, яке характеризується механічним складом, пластичністю, зчепленням, внутрішнім, зовнішнім тертям і щільністю. Руйнування забрудненого шару ґрунту проходить за рахунок деформацій зрізу та зсуву після порушення рівноваги діючих сил на елемент стружки за рахунок врізання ребра полиці кутника чи швелера. Елемент стружки при цьому розглядається як тверде тіло, опір відокремлення якого від ґрунтового середовища не залежить від швидкості робочого органу. Далі, внаслідок обертання робочого органу, відбувається деформація зсуву шару забрудненого пошкодженого ґрунту, який знаходився між ребрами полиць кутників і швелерів. Закон розподілу нормального тиску на поверхню полиці в зоні зсуву ґрунту прийнятий лінійним вздовж глибини.

Руйнування при деформації зрізу ґрунту полицями швелерів та кутників робочого органу здійснюється з обмеженням робочого процесу цими вертикальними стінками з одного боку полиці. З іншого боку полиця при взаємодії з масивом ґрунту утворює проріз з одностороннім розвалом. В такому випадку полиця здійснює блоковане асиметричне різання. Глибина різання $b$ буде рівна довжині полиць швелерів та кутників робочого органу, довжина різання $l$ – довжині швелера чи кутника.

Сила, яку необхідно прикласти до однієї полиці швелера чи кутника, для зчищення пошкодженого шару ґрунту буде дорівнювати:

$$P = m_в \cdot b \cdot l \cdot \left( 1{,}78 \cdot \varphi + \frac{2 \cdot m_{біч}}{m_в} \cdot \frac{t}{l} + \frac{2 \cdot m_{біч.зр}}{m_в} \cdot \frac{t}{l} \right), \qquad (1)$$

де $\varphi$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута різання; $m_в$ – узагальнений показник опору ґрунту зсуву, стисненню і внутрішньому тертю при руйнуванні різанням гострим ножем; $m_{біч}$, $m_{біч.зр}$ – коефіцієнти, що характеризують питому силу для руйнування ґрунту в бічних розширеннях прорізу і для подолання опорів ґрунту зрізу бічними ребрами полиці. $t$ – товщина полиці швелера чи кутника.

Взаємодія полиць швелерів і кутників робочого органу при зчищенні пошкодженого шару ґрунту визначається за допомогою підсумовування сумування величин сил різання однієї полиці при їх одночасній взаємодії. Зони руйнування ґрунту всіма полицями швелерів і кутників робочого органу мають

ту ж форму, що і при руйнуванні однією полицею. Також тиск ґрунту на кожну полицю однаковим, відповідно середньомаксимальна сила зчищення буде дорівнювати середньому значенню.

Наступним етапом дослідження буде проведення польових випробувань запровадженого робочого органу та розробка гнучкого шнека для вивантаження зараженого ґрунту з внутрішній порожнини вирви у кузов транспортного засобу.

**УДК 631.3; 629.3.014**

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ЗНЯТОГО ЗАБРУДНЕНОГО ШАРУ ҐРУНТУ У ВИРВІ

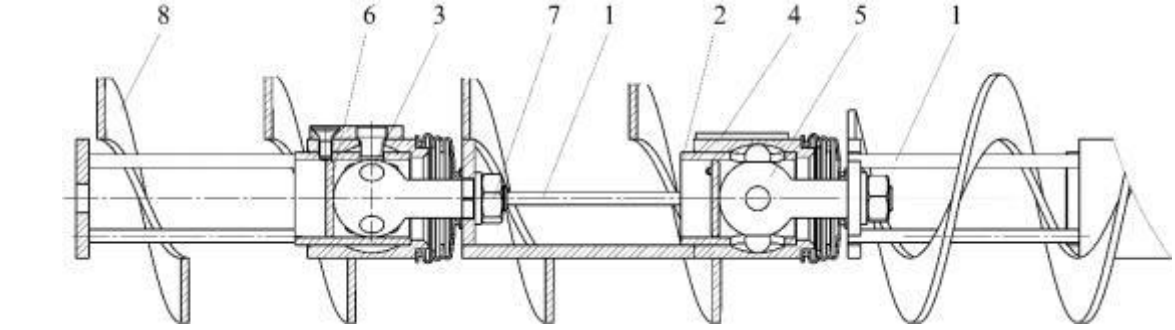
**О. М. ТРОХАНЯК**, к.т.н., доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Тисячі гектарів українських земель зазнали бомбардувань під час багаторічної повномасштабної війни, яка зараз йде в Україні. Військові дії призводять не лише до механічного та фізичного погіршення стану ґрунту, але й до його хімічного забруднення. Для відновлення ділянок пошкоджених вибухами необхідно зняти чи зчистити поверхневий шар ґрунту, оскільки окрім хімічного забруднення важкими металами, також вигорає родючий шар ґрунту. Для здійснення технічної рекультивації пошкоджених земель внаслідок бомбардування запропоновано метод, який передбачає спочатку очищення воронок від пошкодженого та забрудненого ґрунту важкими металами та іншими небезпечними речовинами. Для утилізації знятого забрудненого шару ґрунту можна використовувати гнучкий гвинтовий конвеєр з секційним шнековим робочим органом, який дасть можливість перевантажити його у кузов вантажівки.

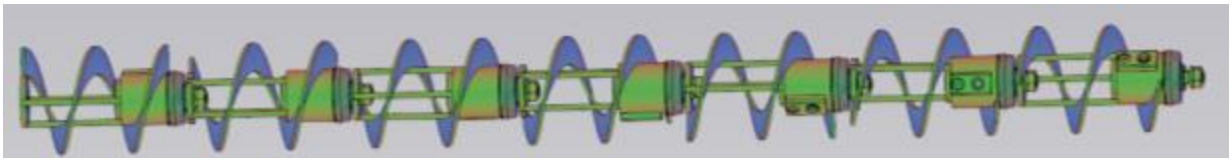
На рис. 1 представлена конструктивна схема такого гнучкого гвинтового секційного робочого органу для транспортування пошкодженого ґрунту. Даний робочий орган складається з окремих секцій однакових діаметрів і довжин, які виконані у вигляді зварних конструкцій, які містять стержні 1, до яких з одного кінця жорстко закріплена циліндрична втулка 2, що виконана з системою осьових паралельних пазів, що розміщені рівномірно по колу, які взаємодіють з кульками 3. З другої сторони кульки 3 є у взаємодії зі сферичними лунками корпуса 4, що дає змогу здійснювати осьове і кутове провертання сферичного пальця 5. Крім цього, зверху циліндрична втулка 2 є у жорсткій взаємодії зі сферичним корпусом 4, внутрішня поверхня якого взаємодіє з зовнішніми поверхнями кульок 3, З другого кінця зварної циліндричної секції у внутрішній отвір жорстко, перпендикулярно до осі встановлено з’єднувальна втулка 6, яка взаємодіє з відповідним кінцем сферичного пальця 5 сусідньої секції і

жорсткою її фіксацією за допомогою болтового з'єднання 7. На зовнішньому діаметрі циліндричної секції жорстко приварена гвинтова секція 8. Робота гвинтового робочого органу здійснюється наступним чином. Під час обертання секції спіралі 8 обертовий рух передається через кульки 3 на сферичний палець 5 і сусідні секції гвинтового робочого органу.

Визначення раціональних конструктивних параметрів дасть змогу підвищити експлуатаційні показники гнучкого гвинтового секційного робочого органу при його низькій матеріаломісткості, що забезпечує зниження енерговитрат на процес транспортування зчищеного пошкодженого шару ґрунту у вирві. Для забезпечення правильного функціонування шарнірного вузла визначено його конструктивні параметри, які забезпечують взаємне обертання, необхідне кутове зміщення осей та відсутність заклинювання.




а



б

Рис. 1. Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) гнучкого гвинтового секційного робочого органу

Для цього величину $H$ половини довжини паза циліндричної втулки визначається із залежності:

$$H = \left(R_n + \lambda\right)\sin\alpha + r, \tag{1}$$

де $R_n$ – радіус сферичного пальця; $r$ – радіус кульки; $\alpha$ – кут відхилення осей шарніра; $\lambda$ – зазор між сферичною поверхнею пальця і центром кульки.

Зазор між сферичною поверхнею пальця і центром кульки визначається із залежності:

$$\lambda = \frac{R_n + \Delta + \delta}{\cos\alpha} - R_n, \tag{2}$$

де $\Delta$ – паз циліндричної втулки; $\delta$ – зазор.

Глибину посадки кульки $s$ у сферичному пальці визначаємо із умови, що:

$$\lambda = R - R_n = r\sin\gamma - s, \tag{3}$$

і після відповідних перетворень та підстановок отримаємо

$$s = r\sin\gamma + R_n - \frac{R_n + \Delta + \delta}{\cos\alpha}, \qquad (4)$$

де $R$ – радіус обертання центрів кульки; $\gamma$ – кут нахилу конічної поверхні втулки

Отримані рівності (1), (2) і (4) дозволяють встановити залежність величини довжини половини паза циліндричної втулки $H$, зазору між сферичною поверхнею пальця і центром кульки $\lambda$ та глибини посадки кульки $s$ у сферичному пальці від біжучого кута $\alpha$.

За результатами аналізу виведених аналітичних залежностей (1), (2) і (4) побудовані графіки зміни довжини половини паза циліндричної втулки $H$, зазору між сферичною поверхнею пальця і центром кульки $\lambda$ та глибини посадки кульки $s$ у сферичному пальці від біжучого кута $\alpha$, які показані на рис. 2. Графічні залежності побудовані при таких постійних величинах: $R_n = 30$ мм, $r = 10$ мм, $\delta = 0{,}2$ мм, $\Delta = 1{,}5$ мм, $\gamma = 45°$.

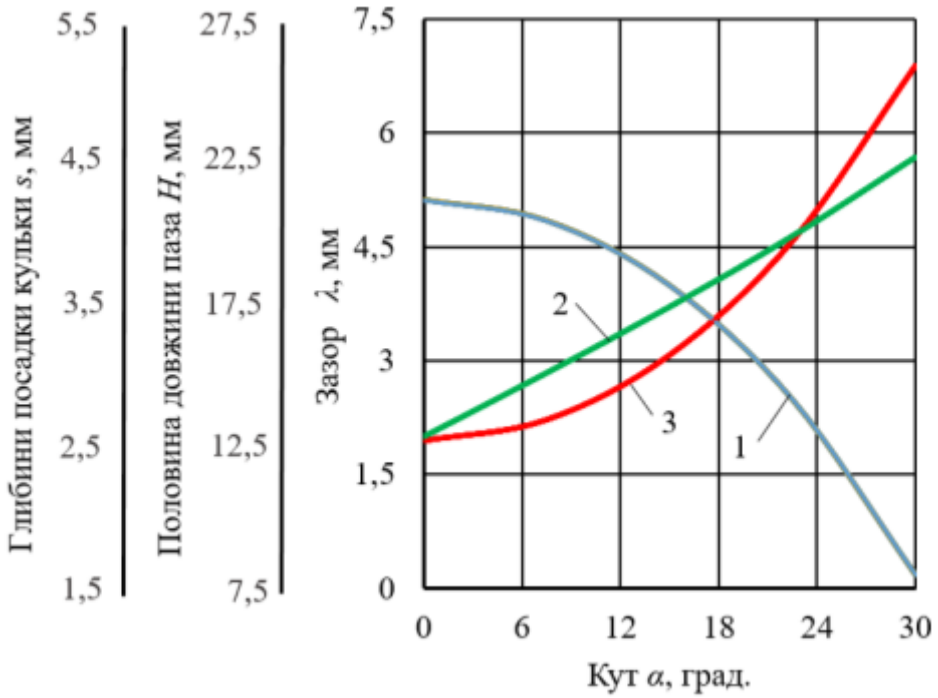



Рис. 2. Залежності зміни глибини посадки кульки s (крива 1) у сферичному пальці, довжини половини паза циліндричної втулки $H$ (крива 2) та зазору між сферичною поверхнею пальця і центром кульки λ (крива 3) від біжучого кута $\alpha$

З аналізу графічних залежностей рис. 2 можна встановити, що при куті $\alpha$, більшому за 23°, зазор між сферичною поверхнею пальця і центром кульки $\lambda$ набуває великих значень, а глибина посадки кульки $s$ у сферичному пальці - малих значень. Тому доцільно використовувати шарнірно-секційні робочі органи з максимальним кутом провертання сферичного пальця $\alpha_{\max} = 23°$, що обмежується довжиною паза циліндричної втулки $2H$.

**УДК 539.432:620**

# МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

**О. М. ЧЕРНИШ**
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Алгоритм аналізу міцнісних характеристик робочих елементів робототехнічних систем у сільськогосподарському виробництві є важливим завданням у сучасному машинобудуванні. Адже нестаціонарні навантаження, вібрації, перевантаження можуть суттєво обмежити працездатність таких елементів.

Для створення робототехнічних систем і комплексів з більшої надійності необхідно розглядати нові принципи і технології, у тому числі й методи їх теоретичного обґрунтування. Такі методи повинні забезпечити у першу чергу міцність і працездатність деталей та робочих елементів робототехнічних систем у процесі виконання ними заданих функцій в умовах дії робочих навантажень і короткочасних перевантажень.

Для аналізу працездатності робочих елементів робототехнічних систем як багатоелементної механічної системи, що працює в умовах дії короткочасних нестаціонарних перевантажень, запропоновано застосувати випадкові параметри навантаження і міцності.

При цьому для опису випадкових параметрів працездатності і навантаження робочих елементів робототехнічних систем була розглянута взаємодія функціональних залежностей узагальненої міцності $\tilde{R}(t)$ і навантаження $\tilde{F}(t)$ як випадкових функцій у розрахунковому часовому інтервалі експлуатації $T = T(t)$.

Тоді випадку втрати працездатності робочого елемента робототехнічної системи за певний експлуатаційний період $T$ відповідатиме нерівність

$$\tilde{F}(t) > \tilde{R}(t).$$

За відомими характеристиками випадкових функцій $\tilde{F}(t)$ і $\tilde{R}(t)$ – математичними очікуваннями $m_F(t)$, $m_R(t)$ і кореляційними функціями $K_F(t_1,t_2)$, $K_R(t_1,t_2)$, можна визначити характеристики випадкової функції запасу міцності $\tilde{S}(t)$.

Якщо узагальнена міцність елемента системи є випадковою сталою величиною $\tilde{R}(t) = \tilde{R}$, то запас міцності буде

$$\dot{\tilde{S}}(t) = \frac{d\tilde{R}}{dt} - \frac{d\tilde{F}(t)}{dt} = -\dot{\tilde{F}}(t),$$

При цьому інтенсивність втрати працездатності визначиться виразом

$$\overline{U}^{-}(0) = -p_S(0)\int_{\infty}^{0} \dot{F} \cdot p_{\dot{F}}\left(\dot{F}\right) d\dot{F},$$

де $p_S(0)$ и $p_{\dot{S}}\left(\dot{S}\right)$ – щільності імовірностей функції запасу міцності і її похідні за часом.

В результаті функція працездатності робочого елемента матиме вигляд

$$P(T) = \left[1 - H_S\left(0|R\right)\right]\exp\left[-\int_{\infty}^{0} \overline{U}(0)dt\right],$$

де $H_S\left(0|R\right)$ – умовна імовірність втрати працездатності робочого елемента робототехнічної системи при $t = 0$.

Для багатоелементної системи із *m* складових частин в першому наближенні можна записати

$$H\left(t|R\right) \approx \sum_{k=1}^{m}\int_{0}^{t} \exp\left[-\frac{\left(\bar{r}_k - \bar{f}_k\right)^2}{2\sigma_{fk}^2}\right]\frac{\omega_k}{2\pi}d\tau,$$

а повна імовірність втрати працездатності буде

$$H(t) \approx \sum_{k=1}^{m}\int_{0}^{t} \frac{\sigma_{fk}}{\sqrt{\sigma_{rk}^2 + \sigma_{fk}^2}}\exp\left[-\frac{\left(\bar{r}_k - \bar{f}_k\right)^2}{2\left(\sigma_{rk}^2 + \sigma_{fk}^2\right)}\right]\frac{\omega_k}{2\pi}d\tau.$$

де $f_k(t)$, $r_k(t)$ – відповідно параметри узагальненого навантаження і міцності *k*-го елементу системи, які є процесами із відповідним математичним очікуванням $\bar{f}_k(t) >> 0$, $\bar{r}_k(t) >> 0$, дисперсією $\sigma_{fk}^2(t)$, $\sigma_{rk}^2(t)$, коли справедлива нерівність $\dfrac{\sigma_{rk}^2 f_k + \sigma_{fk}^2 r_k}{\sigma_{rk}\sigma_{fk}\sqrt{\sigma_{rk}^2\sigma_{fk}^2}} >> 1$, а ефективна частота $\omega_k(t)$ є повільно мінливою у порівнянні з функціями часу *t*.

Отримані залежності можна використати для аналізу працездатності робочих елементів робототехнічних систем як функції її складових частин.

Отже, дослідження взаємодії випадкових пікових значень параметрів перевантаження та міцнісних характеристик робочих елементів робототехнічної системи у вигляді функціональних залежностей узагальненого навантаження $\tilde{F}(t)$ і узагальненої міцності $\tilde{R}(t)$ від часу, дозволяють оцінити працездатність із врахуванням імовірнісних аспектів розподілу даних залежностей в умовах короткочасних перевантажень, що дозволяє збільшити робочий ресурс таких систем.

**УДК 631.356**

# ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОЧИСНИКА ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛІДНИХ КУЛЬТУР ВІД РЕШТОК ГИЧКИ НА КОРЕНІ

**М. І. БУДЗАНІВСЬКИЙ**, аспірант
***Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН***

Високоякісне зрізання гички коренеплідних культур на корені обумовлює не тільки збирання її високого врожаю, а й визначає кондиційні властивості коренеплодів перед їх викопуванням з ґрунту. Тому пошук умов, які будуть це забезпечувати є важливою і актуальною проблемою виробництва цих культур.

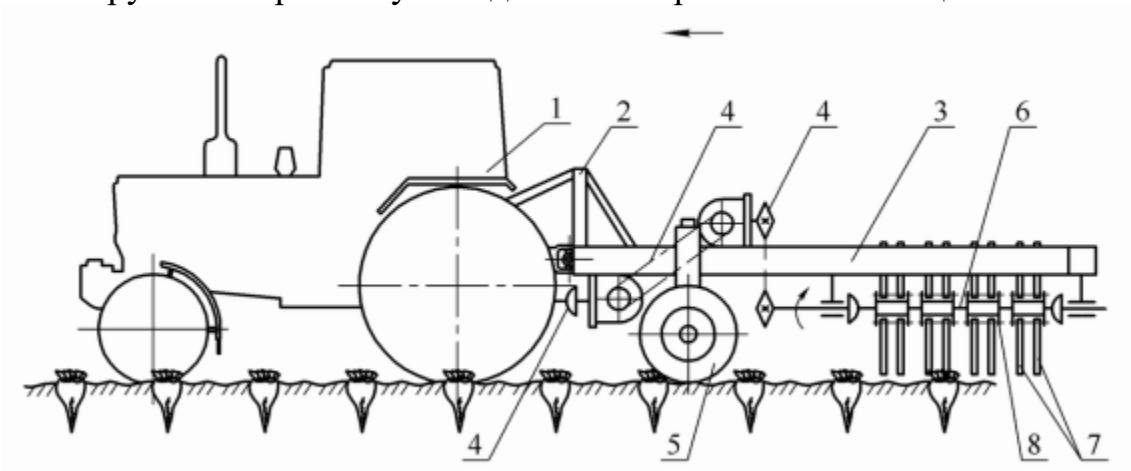
З метою визначення оптимальних параметрів очисника головок коренеплідних культур від решток гички на корені представлена нова конструкція машини для збирання гички коренеплідних культур, яка навішується попереду агрегатуючого трактора і здійснює коливальні рухи у повздовжньо-вертикальній площині.

Особливістю конструкції розробленого очисника, який представлений на рис. 1 є те, що він навішується на задній навісний механізм 2 колісного агрегатуючого трактора 1, має два привідні очисні вали 6, що встановлені на рамі 3 і розташовані горизонтально під гострим кутом $\alpha$ один до одного у поперечній площині, які охоплюють рядок з коренеплідними культурами з двох сторін. На них за допомогою обойм 8 з відповідним кроком закріплені ряди гумових очисних лопатей 7. Привідні вали 6 мають зустрічно обертальні рухи, що забезпечуються приводом 4 (рис. 1) [1].

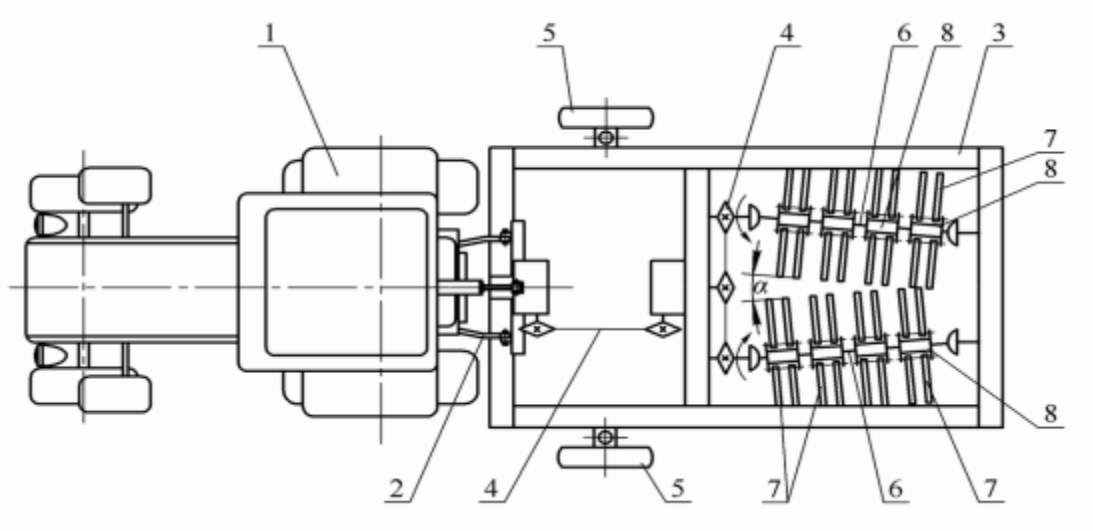
Установка приводних очисних валів 6 у горизонтальній площині під кутом $\alpha$ утворює попереду так звану зону захоплення всіх головок коренеплідних культур в разі, якщо вони мають відхилення від осі рядка. Це забезпечує умови гарантованого потрапляння їх усередину очисного руслі утвореного привідними очисними валами 6 і обов’язковий контакт з кінцями гумових лопатей 7.

При цьому ефективність очистки головок коренеплідних культур від залишків гички на корені залежить від висоти розташування приводних очисних валів 6 над рівнем поверхні ґрунту. Для встановлення та регулювання цього параметра рама 3 очисника коренеплідних культур обладнана двома копіювальними колесами 5, розташованими по обидві бічні сторони рами 3, які мають пневматичні шини. При цьому копіювальні колеса 5 можуть бути встановленими в різних місцях бічних частин рами 3, завдяки гвинтовим механізмам їх переміщення і фіксування по вказаним боковим частинам рами 3. Копіювальні колеса 5 рухаються в міжряддях посівів коренеплідних культур, копіюючи нерівності поверхні ґрунту. Це викликає коливання рами 3 і очисних валів 6 у повздовжньо-вертикальній площині, що може значно знизити якість очистки головок коренеплідних культур, особливо при досить високій

швидкості поступального руху очисника. Крім того, копіювальні колеса 5 виконані у вигляді пневматичних шин, що при значній масі очисника викликає коливальні рухи його рами 3 у повздовжньо-вертикальній площині.




а)




б)

Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема двохвального очисника головок коренеплідних культур від залишків гички на корені:
а – загальний вигляд збоку; б – загальний вигляд зверху
1 – колісний агрегатуючий трактор; 2 – задній начіпний механізм трактора; 3 – рама; 4 – елементи приводу очисних валів; 5 – копіювальні колеса; 6 – очисні вали; 7 – гумових очисні лопаті; 8 – обойми лопатей

Згідно розробленої еквівалентної схеми було розв’язане у кінцевому вигляді нове диференціальне рівняння кутових коливань машини. Здійснено також числове моделювання на ПК, яке дало можливість побудувати графічні залежності кута $\varphi$ повороту машини за різної швидкості $V$ її поступального руху та значень коефіцієнта $c$ жорсткості та коефіцієнта $\mu$ демпфірування пневматичних шин копіювальних коліс, а також за різних значень нерівностей поверхні ґрунту і основних конструктивних параметрів машини [2]. Було встановлено, що при збільшенні $V$ з 1.5 м·с$^{-1}$ до 2.5 м·с$^{-1}$ амплітуда коливань кута $\varphi$ повороту машини зростає з 0.88$^{o}$ до 1.18$^{o}$. Однак, при $V$ 1.5 м·с$^{-1}$

тривалість перехідного процесу становить 0.22 с, а за швидкістю 2.5 м·с$^{-1}$ цей показник вже становить 0.14 с, тобто зменшується на 36%. Позитивна амплітуда коливань кута $\varphi$ повороту машини досягає 1.2°, а від'ємна амплітуда не перевищує 0.3°, тобто розмах коливань є незначним. У діапазоні розглянутих $V$ перевагу слід надавати її більшим значенням. Шляхом моделювання на ПК визначені конструктивні й кінематичні параметри досліджуваної системи.

За умови руху машини для зрізання гички коренеплідних культур з поступальною швидкістю до 2.5 м·с$^{-1}$ час виходу даної коливальної системи на стабільний режим функціонування буде зменшений до 0.14 с. Саме ця обставина сприятиме не тільки збільшенню продуктивності збирання гички, а й до незначного збільшення амплітуди її кутових коливань.

Коефіцієнт $c$ жорсткості шин копіювальних коліс машини для зрізання гички коренеплідних культур за умови його зменшення обумовлює кутові коливання машини з дещо більшою позитивною і значно меншою від'ємною амплітудами коливань у повздовжньо-вертикальній площині.

Встановлено, що чим жорсткіші пневматичні шини копіювальних коліс машини для зрізання гички коренеплідних культур, тим на малі кути $\varphi$ вона відхиляється від свого статичного положення. Однак відносна мализна цього відхилення дає підстави констатувати про інваріантність машини для зрізання гички коренеплідних культур на кореню щодо зміни значень коефіцієнта $\mu$ демпфірування пневматичних шин її копіювальних коліс.

Досягти більш стабільного руху у повздовжньо-вертикальній площині машини для зрізання гички коренеплідних культур можна також збільшенням періодів коливань повздовжнього профілю нерівностей поверхні ґрунту. А це можливо в разі більш ґрунтовного вирівнювання поверхні поля, при поверхневому його обробітку, на якому будуть вирощуватись коренеплідні культури.

## Список використаних джерел

1. Budzanivskyi, M. (2023). Development of the theory of root crop head cleaner movement in the longitudinal-vertical plane mounted behind a wheeled tractor. Machinery & Energetics, 14(4), 9-22. https://doi.org/10.31548/machinery/4.2023.09

2. Budzanivskyi, M. (2022). Mathematical modelling of oscillations of a machine for cutting tops of root crops. Machinery & Energetics, 13(4), 16-27. https://doi.org/10.31548/machenergy.13(4).2022.16-27

**УДК 631.356**

# УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВИКОПАНИХ З ҐРУНТУ КОРЕНЕПЛОДІВ МОРКВИ ВІД ҐРУНТОВИХ ДОМІШОК ТА РОСЛИННИХ РЕШТОК

**О. М. МАЦУЄВ**, аспірант
***Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН***

Важливою проблемою при збиранні моркви є очищення, викопаних з ґрунту, коренеплодів від ґрунтових домішок і рослинних залишків. Розробка пристрою для очищення коренеплодів моркви від ґрунтових домішок і рослинних решток є важливою актуальною науково–технічною проблемою в виробництва цієї овочевої культури.

Для підвищення якості очищення вороху коренебульбоплодів моркви від ґрунтових домішок та рослинних решток розроблений вдосконалений очисник спірального типу. 3D-модель лабораторно-експериментальної установки на базі цього очисника показана на рис. 1.

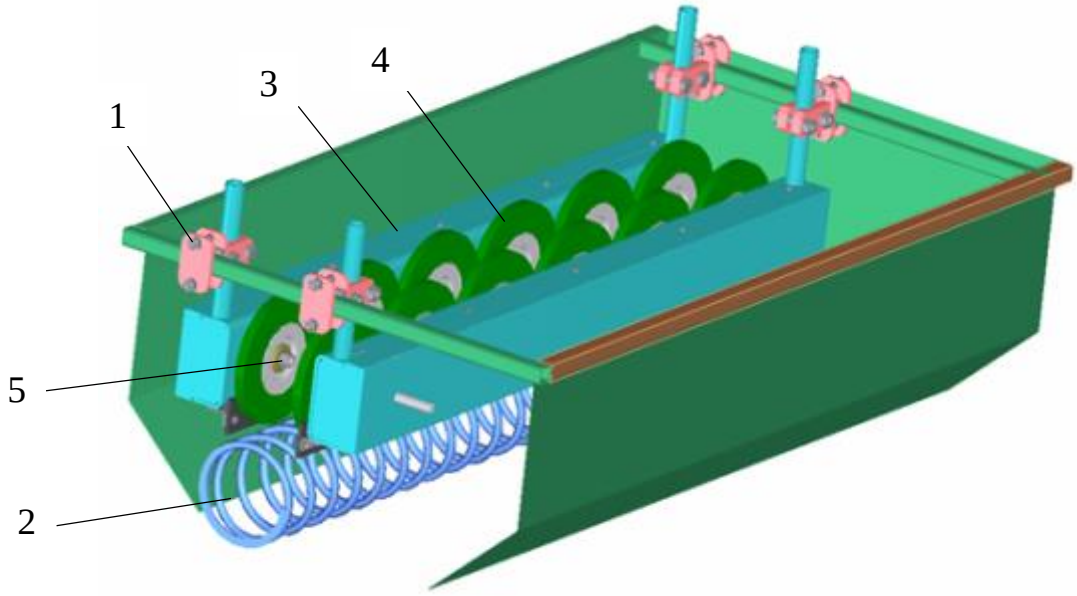



Рис. 1. 3D-модель пристрою для очищення коренеплодів моркви від ґрунтових домішок і рослинних решток:
1 – рама; 2 – консольні спіральні пружини; 3 – рамки; 4 – щітки;
5 – короткі еластичні прутки

Пристрій для очищення коренебульбоплодів моркви від домішок працює таким чином. Ворох коренебульбоплодів викопаний з ґрунту (а тому містить багато ґрунтових домішок, кореневищ та рослинних решток) подається завантажувальним транспортером зверху на поверхню, утворену очисними вальцями, виконаними у вигляді консольних спіральних пружин 2, які

примусово обертаються в одному напрямку. При цьому ворох коренебульбоплодів відразу розосереджується по даній поверхні і він консольними спіральними пружинами 2, що обертаються, починає транспортуватись не тільки в радіальному, а й в осьовому напрямках самих консольних спіральних пружин 2 (тобто напрями навивок консольних спіральних пружин 2 спрямовані від маточин і до їх вільно розташованих кінців, що й забезпечує транспортування коренебульбоплодів у вказаному напрямі). А оскільки консольні спіральні пружини 2 мають вільно розташовані кінці, то саме коливання їх вільних кінців у повздовжньо-вертикальній площині, під дією змінного навантаження, сприяє ефективній сепарації дрібних ґрунтових домішок крізь витки самих навивок консольних спіральних пружин 2 униз за межі очисника. Крім того, при транспортуванні по вказаній поверхні, тіла вороху коренебульбоплодів контактують з витками консольних спіральних пружин 2 очисних вальців і тим самим очищуються від налиплого на їх зовнішні поверхні ґрунту. Завдяки тому, що очисні вальці, що виконані у вигляді консольних спіральних пружин 2, встановленні зі взаємним перекриттям, то вони (консольні спіральні пружини 2) здатні при обертанні до самоочищення від налиплого вологого ґрунту, що значно підвищує якість очистки. Внаслідок того, що з обох сторін над очисними вальцями встановлені рамки 3, на яких розташовані з відповідним кроком під однаковими кутами α до вертикальних осей вальців привідні очисні щітки 4 з короткими еластичними прутками 5, то всі частини вороху по суті знаходяться усередині очисного русла у вигляді трапеції, у якої верхня частина спрямована донизу. Оскільки нижні кінці коротких еластичних прутків 5 кожної привідної очисної щітки 4 торкаються консольних спіральних пружин 2 очисних вальців, то частини вороху коренебульбоплодів в основному концентруються у міжвиткових просторах між очисними вальцями, де відбувається найінтенсивніша очистка тіл коренебульбоплодів від налиплого ґрунту. Самі короткі еластичні прутки 5, які у кожній привідній очисній щітці 4 мають однакові напрямки обертальних рухів, які спрямовані убік вивантажувального транспортера забезпечують не тільки ефективне захоплення дрібних ґрунтових домішок й рослинних решток і винесення їх за межі очисника, а й забезпечують дуже ефективне транспортування тіл коренебульбоплодів. Завдяки нахилам під кутами α до вертикальних осей вальців привідних очисних щіток 4 з короткими еластичними прутками 5, утворене очисне русло у вигляді трапеції, у якої верхня частина спрямована донизу. А саме це забезпечує умови, за якими в разі ударів тіл коренебульбоплодів і їх підскакування вони обов’язково будуть повернені усередину даного очисного русла, торкаючись лише верхніх частин привідних очисних щіток 4. Крім того, мінімальна відстань від нижніх кінців коротких еластичних прутків 5 привідних очисних щіток 4 з обох сторін, яка характеризується шириною $\Delta$ може бути зміненою завдяки тому, що кінці рамок 3 з обох сторін приєднані до механізмів їх пересування і фіксації відносно рами 1. Ця ширина $\Delta$ є мінімальною, оскільки подальше її зменшення призведе до того, що очисні вальці будуть фактично виключені з роботи.

Однак, використовуючи механізми пересування і фіксації є можливість відсовувати кінці рамок 3, а й відповідно привідних очисних щіток 4, з їх короткими еластичними прутками 5 з обох сторін очисних вальців тим самим збільшуючи вказану ширину *Δ*. Це призведе до збільшення вказаного очисного русла, але необхідно виконувати умову, за якої нижні кінці коротких еластичних прутків 5 продовжували б торкатись очисних вальців. Надмірне збільшення мінімальної ширини *Δ* призведе до можливих втрат дрібних тіл коренебульбоплодів. Після повного очищення коренебульбоплоди потрапляють на вивантажувальний транспортер і відводяться за межі очисника у бункер, або у транспортний засіб.

Застосування запропонованого винаходу дозволить підвищити якість очищення коренебульбоплодів від домішок на 12...15%.

Наступним етапом дослідження буде виготовлення експериментальної установки та проведення на ній багатофакторного експерименту по дослідженню очищення викопаних з ґрунту коренеплодів моркви від домішок.

**УДК 631.356**

## ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ КОРЕНЕПЛОДУ СТОЛОВИХ БУРЯКІВ ПО ПОВЕРХНІ СПІРАЛЬНОГО СЕПАРАТОРА ВОРОХУ

**В. В. МАРТИНЮК**, аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Актуальною проблемою в технологічному процесі виробництва столових буряків є очищення коренеплодів від налиплого ґрунту, ґрунтових домішок і рослинних залишків після їх викопування з ґрунту. Найбільш відповідним очищувачем коренеплодів столового буряка від зазначених домішок може бути спіральний сепаратор.

З цією метою нами розроблена нова конструкція спірального сепаратора коренеплодів столового буряка, який має суттєві переваги в порівнянні з сепараторами.

Для дослідження руху коренеплоду столових буряків вздовж робочих органів (спіральних пружин) згаданого сепаратора складено диференціальні рівняння. Слід зазначити, що найбільш поширеною формою коренеплоду столового буряка є кругла, тобто у вигляді кулі або трохи сплюснутого уздовж вертикальної осі еліпсоїда. Тому в математичній моделі розглянуто рух коренеплоду кулястої форми.

Розглянуто один із найімовірніших варіантів розташування коренеплоду у робочому руслі спірального сепаратора. Це випадок, коли коренеплід столових буряків розташований на нижній спіралі 1, причому його нижня частина знаходиться між двома сусідніми витками зазначеної спіралі,

контактуючи таким чином з її поверхнею в двох точках $K_1$ і $K_2$ (рис. 1). Обертання спіралі 1 змушує коренеплід переміщатися у згаданому робочому руслі в поздовжньому осьовому напрямку до сходу з цієї спіралі. Як показано на еквівалентній схемі, у кожній точці контакту $K_1$ і $K_2$ діють нормальні реакції $\overline{N}_1$ і $\overline{N}_2$ відповідно. Нормальні реакції $\overline{N}_1$ і $\overline{N}_2$ спрямовані за нормалями до поверхні відповідних витків у точках контакту $K_1$ і $K_2$. Напрямок дії нормальних реакцій формують витки спіралі, геометричні властивості яких описуються рівняннями гвинтової лінії зазначеної спіралі. У центрі мас коренеплоду (точка $C$) прикладена його сила тяжіння $\overline{G}$, яка спрямована вертикально донизу. Крім вже згаданих сил, на еквівалентній схемі показані сили тертя $\overline{F}_1$ і $\overline{F}_2$ прикладені у відповідних точках контакту $K_1$ і $K_2$. Ці сили виникають при прослизанні витків спіралі 1 поверхнею коренеплоду. Вони спрямовані у бік обертання спіралі дотичних до поверхні витків у точках їх контакту з поверхнею коренеплоду. Крім цього, для забезпечення руху коренеплоду в напрямку поздовжньої осі спіралі діє діє рушійна сила $\overline{F}_T$, прикладена в точці контакту $K_1$. Ця сила спрямована паралельно поздовжньої осі спіралі у бік переміщення коренеплоду робочому руслі.

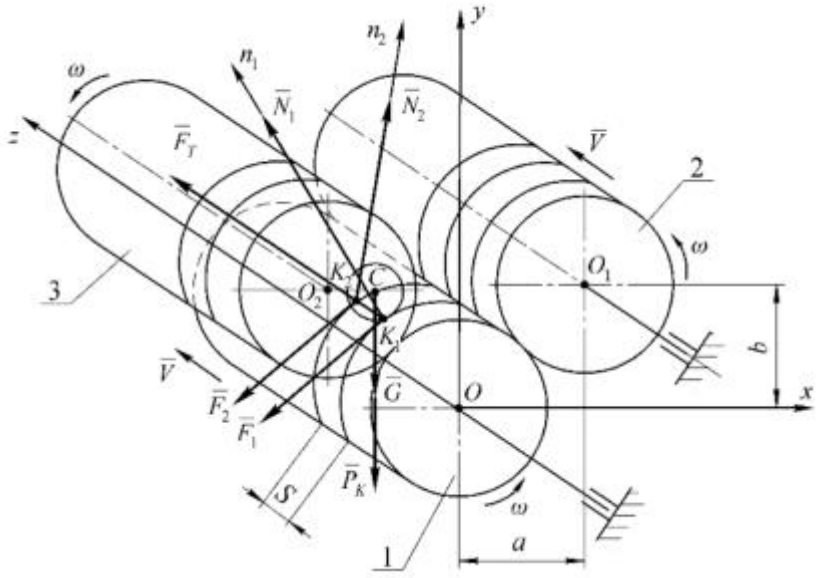



Рис. 1. Еквівалентна схема взаємодії коренеплоду столових буряків з витками очищувальних спіралей сепаратора

На еквівалентній схемі також показана сила $\overline{P}_K$ активної дії подається на спіральний сепаратор вороху з коренеплодами, яка призводить до згину спіралей і, внаслідок свого змінного значення через зміну маси вороха, викликає поперечні коливання спіралей. Вона спрямована вертикально донизу.

Враховуючи схему сил, показану на еквівалентній схемі, з використанням основного закону динаміки матеріальної точки, запишемо рівняння руху коренеплоду столового буряка у векторній формі:

$$m \cdot \bar{a} = \bar{G} + \bar{N}_1 + \bar{N}_2 + \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_T + \bar{P}_K, \qquad (1)$$

де $\bar{a}$ – прискорення руху коренеплоду столового буряка вздовж робочого русла під впливом зазначених схемою сил.

Запишемо векторне рівняння (1) у проекціях на осі Декартової системи координат *xOyz*:

$$\left.\begin{aligned}
&m\cdot\ddot{x}=N_1\cdot\cos\left(x,\wedge\bar{n}_1\right)+N_2\cdot\cos\left(x,\wedge\bar{n}_2\right)-\\
&-F_1\cdot\cos\left(x,\wedge\bar{V}_1\right)-F_2\cdot\cos\left(x,\wedge\bar{V}_2\right),\\
&m\cdot\ddot{y}=N_1\cdot\cos\left(y,\wedge\bar{n}_1\right)+N_2\cdot\cos\left(y,\wedge\bar{n}_2\right)-\\
&-F_1\cdot\cos\left(y,\wedge\bar{V}_1\right)-F_2\cdot\cos\left(y,\wedge\bar{V}_2\right)-G-P_K,\\
&m\cdot\ddot{z}=N_1\cdot\cos\left(z,\wedge\bar{n}_1\right)+N_2\cdot\cos\left(z,\wedge\bar{n}_2\right)-\\
&-F_1\cdot\cos\left(z,\wedge\bar{V}_1\right)-F_2\cdot\cos\left(z,\wedge\bar{V}_2\right)+F_T,
\end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

де $\bar{n}_1$ і $\bar{n}_2$ – нормалі до поверхні витків спіралі у точках контакту $K_1$ та $K_2$ відповідно; $\bar{V}_1$ і $\bar{V}_2$ – вектора швидкості відносного переміщення коренеплоду столового буряка вздовж витків спіралі в точках контакту $K_1$ і $K_2$, які спрямовані по дотичній до поверхні витка у бік, протилежну окружній швидкості витка в точках контакту $K_1$ і $K_2$ відповідно.

Після низки підстановок та перетворень отримуємо наступну систему диференціальних рівнянь у параметричному вигляді:

$$\left.\begin{aligned}
&m\cdot\ddot{x}=\left(N_1+N_2\right)\cdot\left(L\cdot\sin\omega t+M\cdot\cos\omega t\cdot\sin 2\omega t\right)\times\\
&\times\left(\sqrt{L^2+\left(2ML+M^2\right)\cdot\sin^2 2\omega t+Q^2\cos^2 2\omega t}\right)^{-1}-\\
&-\left(F_1+F_2\right)\cdot\frac{2\pi R\cdot\sin\omega t}{\sqrt{4\pi^2R^2+S^2}},\\
&m\cdot\ddot{y}=\left(N_1+N_2\right)\cdot\left(L\cdot\cos\omega t+M\cdot\sin\omega t\cdot\sin 2\omega t\right)\times\\
&\times\left(\sqrt{L^2+\left(2ML+M^2\right)\cdot\sin^2 2\omega t+Q^2\cos^2 2\omega t}\right)^{-1}+\\
&+\left(F_1+F_2\right)\cdot\frac{2\pi R\cdot\cos\omega t}{\sqrt{4\pi^2R^2+S^2}}-mg-P_K,\\
&m\cdot\ddot{z}=\left(N_1-N_2\right)\cdot Q\cos 2\omega t\times\\
&\times\left(\sqrt{L^2+\left(2ML+M^2\right)\cdot\sin^2 2\omega t+Q^2\cos^2 2\omega t}\right)^{-1}-\\
&-\left(F_1+F_2\right)\cdot\frac{S}{\sqrt{4\pi^2R^2+S^2}}+F_T.
\end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

Система диференціальних рівнянь (3) є системою диференціальних рівнянь руху коренеплоду столового буряка під дією витків спіралей, що обертаються, вздовж робочого русла, утвореного консольними спіральними

пружинами, де відбувається очищення коренеплоду від ґрунтових домішок і рослинних залишків.

В результаті дворазового інтегрування системи (3) з урахуванням початкових умов можна отримати закони переміщення коренеплоду столових буряків вздовж робочого русла спірального сепаратора, як функцій часу $t$ і значень параметрів.

Розроблена математична модель дасть змогу провести чисельне моделювання з використанням ПК, тобто машинний експеримент, в результаті якого буде всебічно вивчено аналізований процес та теоретично визначено раціональні конструктивні та кінематичні параметри сепаратора з урахуванням неушкодження коренеплодів столових буряків у процесі їх очищення.

**УДК 621.867.42**

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ТА СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ГВИНТОВИХ ЗАВАНТАЖУВАЧІВ

**М. Б. КЛЕНДІЙ**, к.т.н., доцент
***Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»***

Одним з найважливіших критеріїв роботи гвинтових конвеєрів є величина продуктивності транспортно-технологічної машини, яку потрібно забезпечувати при мінімальних витратах енергії. Тому для проведення ефективного перевантаження сипких матеріалів за допомогою гвинтових конвеєрів необхідно забезпечувати їх оптимальне завантаження. При цьому слід враховувати, що завантаження гвинтових конвеєрів може відбуватися за допомогою бункерів, насадок та завантажувальних пристроїв.

Функціональне призначення бункерів гвинтових конвеєрів полягає у накопиченні, короткочасному зберіганні та відвантаженні сипкого матеріалу до вивантажувальної магістралі гвинтових конвеєрів за виконання умови запобіганні явища перевантаження шнекового робочого органа. За формою бункери гвинтових конвеєрів можуть бути квадратними, прямокутними, круглими, тощо. Призначення насадок для гвинтових конвеєрів полягає у бездеформаційному вводі спіралі шнека в сипкий матеріал та виконання продуктивного завантаження кожуха гвинтових конвеєрів при умові попередження явища перевантаження технологічного характеру та поломок робочих органів. Насадки для гвинтових конвеєрів можуть бути з регульованими отворами, або з постійними отворами. Функціональне призначення завантажувальних пристроїв – забезпечення завантаження гвинтових конвеєрів сипкими матеріалами з площадок і ємностей шляхом їх доставляння до робочого органу. Завантажувальні пристрої поділяються для

завантаження конвеєра самовисипаючих з ємностей матеріалів і для підбирання сипких матеріалів з площадок і доправлення в магістраль.

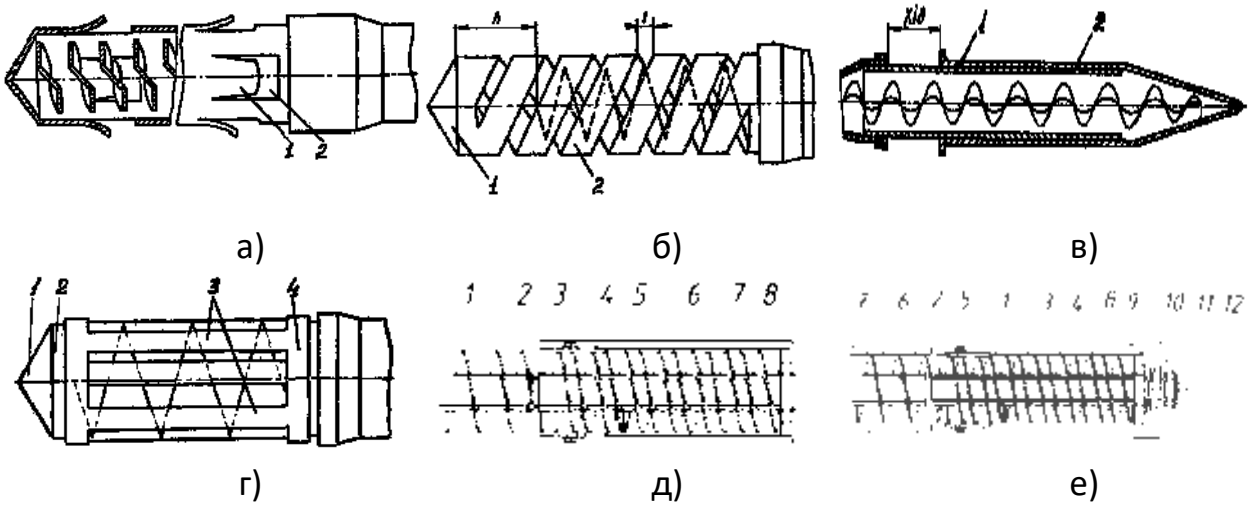
Для забезпечення надійної та продуктивної роботи гвинтових конвеєрів та унеможливлення їх пошкоджень, які можуть бути як випадковими, так і в результаті виконання технологічного процесу, тому необхідно використовувати регулювальні та захисні механізми. Так у гвинтових конвеєрах, завантаження яких здійснюється через бункер чи насадку, необхідно окрім захисних решіток використовувати регулюючі механізми, які можуть забезпечувати потрапляння визначеного об'єму матеріалу до магістралі за одиницю часу. Це буде забезпечувати оптимальне завантаження магістралей та максимальну продуктивність при транспортуванні різноманітних матеріалів.

Розроблено цілий ряд насадок, конструкції яких зображено на рис. 1. Конструкція самозавантажувальної насадки, яка показана на рис 1, а, здійснює захист робочого органу від деформацій, а наявність отворів дає змогу проникати до неї транспортованому матеріалу.

При введенні самозавантажувальної насадки (рис. 1, б) в сипкий матеріал, деформуються тільки витки циліндричної пружини 2, а не шнековий робочий орган. Після закінчення процесу введення в матеріал, витки пружини 2 під дією пружних сил стають у початкове положення і забезпечують рух сипкого матеріалу в середину насадки.

У самозавантажувальної насадки гвинтових конвеєрів (рис. 1, в) після введення в сипкий матеріал, наконечник якої находить на кожух, а його пелюстки розкриваються і дають можливість сипкому матеріалу проникати в середину кожуха.

На рис. 1, г показано насадку, в якої можна регулювати величину отворів проходження матеріалу, що може забезпечити раціональне завантаження та дотримання встановлених норм виконання технологічного процесу транспортування.




а) б) в)

г) д) е)

Рис. 1. Конструкції завантажувально-захисних насадок гвинтових конвеєрів

Якщо до насадки, зображеної на рис. 1, д потрапляють сторонні предмети, які можуть викликати пошкодження робочого органа, виникає зупинка 3-х

західного гвинта 5 насадки та від'єднання його від шнека втягуючої магістралі шляхом виходу кульок 2 з лунок, які виконані на валу магістралі 1, через їх осьове зміщення й деформування пружин 3.

При потраплянні до насадки, зображеної на рис. 1, е через технологічні отвори сторонніх предметів, які можуть викликати пошкодження шнекового робочого органу, виникає зупинка 3-х західного гвинта запобіжної насадки та від'єднання його від робочого органу транспортної магістралі за рахунок осьового зміщення вала насадки і стискання пружини.

Встановлено, що для забезпечення проходження технологічного процесу транспортування гвинтовими конвеєрами з втягуючими магістралями, потрібно визначати раціональні величини розмірів отворів проходження сипкого матеріалу насадок. Продуктивність гвинтового конвеєра можна визначити за формулою:

$$Q = 0,25 \cdot \pi \cdot \varphi \cdot V_n \cdot \left( D^2 - d \right), \tag{1}$$

де $D$ – діаметр кожуха; $d$ – діаметр вала робочого органа; $V_n$ – осьова швидкість переміщення вантажу в кожусі; $\varphi$ – коефіцієнт заповнення міжвиткового простору.

Величина продуктивності перевантаження має бути рівна продуктивності завантаження сипкого матеріалу. Якщо завантаження сипких матеріалів проходить через насадку, то продуктивність гвинтового конвеєра можна визначити залежністю:

$$Q = k \cdot F \cdot n \cdot V_z, \tag{2}$$

де $F$ – площа одного отвору; $n$ – кількість отворів; $V_z$ – швидкість засипання матеріалу; $k$ – коефіцієнт завантаження гвинтового конвеєра, $k$ = 0.7…0.5.

Швидкість просипання вантажу через отвір визначається по формулі [6]:

$$V = \lambda \cdot \sqrt{3,2 \cdot g \cdot R}, \tag{3}$$

де $\lambda$ – коефіцієнт проходження сипкого матеріалу; $R$ – приведений радіус вихідного отвору конвеєра (відношення площі отвору до периметру); $g$ – прискорення вільного падіння.

Якщо провести відповідні перетворення, то одержимо залежність з якої визначаємо величину радіуса отвору завантаження:

$$R = \sqrt[5]{\frac{\varphi^2 \cdot V_n^2 \cdot \left( D^2 - d^2 \right)}{25,6 \cdot k^2 \cdot n^2 \cdot \lambda^2 \cdot g}}. \tag{4}$$

Також через рівність площ можна визначити ширину прямокутного отвору із залежності:

$$l = \frac{\pi}{a} \left[ \frac{\varphi^2 \cdot V_n^2 \cdot \left( D^2 - d^2 \right)}{25,6 \cdot k^2 \cdot n^2 \cdot \lambda^2 \cdot g} \right]^{2/5}. \tag{5}$$

Використовуючи ці залежності, можна визначити необхідні конструктивні розміри отворів завантаження насадок гвинтових конвеєрів та отримати

максимальну продуктивність гвинтових конвеєрів при транспортуванні сипких матеріалів.

**УДК 631.37:631.3.00.65**

# ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ КОЛІС ОДНООСЬОВОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ ПІД ВПЛИВОМ ПАРАМЕТРІВ РЕАКТИВНОГО С.-Г. ЗНАРЯДДЯ

**В. П. КУВАЧОВ**, д.т.н, проф.,
**В. М. ДРУЖИЧ**, аспірант,
**С. О. ШЕВЧЕНКО**, аспірант,
**К. О. ЗЕЛЕНОВ**, аспірант.
***Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.***
*E-mail:* volodymyr.kuvachov@tsatu.edu.ua

Сучасне сільськогосподарське виробництво потребує енергоефективних та маневрених машин, здатних працювати в умовах малого та середнього фермерства. Одноосьові енергетичні засоби стають перспективним рішенням завдяки простоті конструкції, економічності та можливості агрегатування з різними знаряддями.

Одним із перспективних напрямів є використання сільськогосподарських знарядь реактивного типу, зокрема копачів, які завдяки активній дії на ґрунт можуть зменшувати тяговий опір та впливати на розподіл навантаження на колеса [1]. Це відкриває можливості для підвищення ефективності роботи та зниження енергетичних витрат. Вивчення впливу параметрів таких знарядь на зміну вертикального навантаження на колеса одноосьового енергетичного засобу є важливим для оптимізації їх конструкції та експлуатаційних характеристик.

Аналізом теоретичних досліджень встановлено, шо при роботі одноосьового енергетичного засобу з копачем на нього діють зовнішні сили, які визначають його стійкість, керованість та ефективність функціонування. Однією з ключових сил, що впливають на динаміку системи, є вертикальна сила опору ґрунту, яка виникає при заглибленні робочих органів копача (рис. 1).

Вертикальна складова сили опору $R_y$ (рис. 1) діє в напрямку, протилежному реакції ґрунту, що може призводити як до збільшення, так і до зменшення навантаження на колеса одноосьового енергетичного засобу. Залежно від геометрії кріплення копача, точки прикладання сил та параметрів агрегату, можливі два сценарії:

1) Довантаження коліс одноосьового енергетичного засобу, бажаний сценарій.

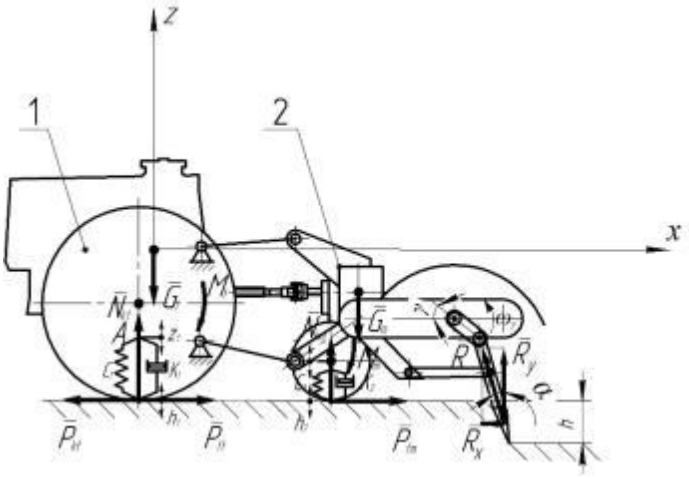



**Рис. 1. Схема сил, що діють на одноосьовий ґрунтообробний агрегат з копачем: 1 – одноосьовий енергетичний засіб; 2 - копач**

2) Розвантаження коліс одноосьового енергетичного засобу. У випадку, коли копач має значну відстань від центра мас енергозасобу або створює підйомний момент, вертикальна сила опору може зменшувати навантаження на ведуче колесо. Це може призводити до погіршення зчеплення колеса з ґрунтом, буксування та нестабільності руху. У критичних випадках можлива навіть втрата контакту колеса з поверхнею, що унеможливлює подальший рух.

Окрім сили опору ґрунту, на зміну навантаження вертикального навантаження коліс одноосьового енергетичного засобу під впливом параметрів реактивного с.-г. знаряддя також впливають:

- глибина обробітку ґрунту, збільшення глибини підвищує вертикальну силу опору та її вплив на динаміку енергозасобу;
- швидкість руху, зміна швидкості впливає на величину сил інерції, що діють на копач і можуть змінювати розподіл навантаження;
- місце кріплення копача, чим ближче до центру мас енергозасобу розташований копач, тим менший його вплив на вертикальне навантаження колеса;
- параметри навісного механізму, конструктивні особливості якого відіграють ключову роль у розподілі навантажень.

Основні параметри навісного механізму, що впливають на зміну навантаження вертикального навантаження коліс одноосьового енергетичного засобу наступні:

- довжина та кут нахилу нижніх тяг – збільшення кута нахилу може сприяти підйому копача та розвантаженню коліс;
- положення верхньої тяги – високий рівень кріплення збільшує вертикальну складову підйомного моменту, що впливає на розвантаження ведучого колеса;
- гнучкість або жорсткість навісного механізму – наявність люфтів чи демпферних елементів може змінювати характер навантаження залежно від динамічних умов роботи;
- механізм регулювання глибини – наявність стабілізуючих елементів (обмежувачів або гідравлічного регулювання) може зменшувати вплив вертикальних коливань.

Таким чином, конструктивні параметри копача та його взаємодія з ґрунтом відіграють важливу роль у зміні вертикального навантаження на колеса одноосьового енергозасобу. Аналіз цих впливів дозволяє оптимізувати конструкцію агрегату для забезпечення стабільності роботи та підвищення ефективності використання енергозасобу в польових умовах.

**Список використаних джерел**

1. Кувачов В.П., Дружич В.М., Шевченко С.О., Зеленов К.О. Теоретичні основи руху самохідної машини з робочими органами реактивного типу в системі точного землеробства. Науковий вісник ТДАТУ. 2024. 14(1). 12 с. https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-4.

# Секція 3 *«Надійність технологічних систем у рослинництві»*

**УДК 631.004.02**

# КРАМАРОВ ВОЛОДИМИР САВОВИЧ – ГОРДІСТЬ «АЛЬМА-МАТЕР»

**Д. Г. ВОЙТЮК**, кандидат технічних наук, професор,
член-кореспондент НААН
**Ю. О. ГУМЕНЮК**, кандидат технічних наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* ugmsg@ukr.net

У цьому році виповнюється 96 років з дня створення в складі Київського сільськогосподарського інституту (нині Національного університету біоресурсів і природокористування України) факультету механізації сільського господарства. Гордістю і окрасою славетної історії факультету є його випускники.

Ця славетна плеяда випускників розпочинається з постаті випускника 1929 року Володимира Савовича Крамарова – доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, академіка Української академії сільськогосподарських наук.

Володимир Савович Крамаров народився 5 грудня 1906 року в місті Біла Церква Київської області. Батько майбутнього вченого був вихідцем з бідної селянської сім'ї села Ружки Таращанського району Київської області. Маючи у використанні невеликий земельний наділ, батько був змушений поїхати на заробітки до містечка Біла Церква, там одружився і залишився на постійне проживання. Мати народилася в селищі Олександрія поблизу міста Білої Церкви в сім'ї залізничного вантажника. До революції 1917 року батько працював на різних підприємствах (пекарем, офіціантом), а потім повернувся до сільського господарства і вступив до сільськогосподарської комуни, яка була створена на землях поміщиці Браницької. В подальшому перейшов працювати в сільськогосподарську кооперацію.

Досягнувши відповідного віку, Володимир Крамаров став членом «комнезаму» і працював у ньому до реорганізації. В сім'ї Крамарових, окрім Володимира, було ще два брати і три сестри. Один брат Борис служив на Балтійському флоті і загинув під час війни, другий брат Сергій – капітан артилерії, інвалід війни. Сестри проживали і працювали в Білій Церкві. Пішов до школи В. Крамаров у сім років, як згадує в автобіографії «… і навчався наскільки дозволяли обставини мого часу без перерви». Влітку працював на найближчих цукрових заводах слюсарем по ремонту сільськогосподарських машин.

У 1924 році вступив до Білоцерківського політехнічного технікуму, звідки у зв'язку із відкриттям у Київському сільськогосподарському інституті факультету механізації сільського господарства був переведений у цей інститут.

Здобувши фах інженера-механіка Володимир Савович після закінчення факультету механізації сільського господарства в 1929 році, був направлений на роботу в Дніпропетровський зернорадгосп Зернотресту.

Наприкінці 1930 року був переведений на посаду старшого інженера в Ремонтне управління Зернотресту у місто Москву. У 1931 році за сумісництвом він починає викладацьку діяльність на кафедрі сільського господарства в Московському інституті механізації і електрифікації сільського господарства в якості асистента.

Показавши не абиякий педагогічний талант, він переходить на постійну роботу в інститут в 1932 році, ініціює створення кафедри ремонту тракторів, автомобілів та сільськогосподарських машин і його обирають у віці 26 років завідувачем цієї кафедри. З цього моменту розпочинається науково-педагогічна діяльність В. С. Крамарова видатного вченого і педагога. Він розробив програму відновленої у вищих навчальних закладах з механізації сільського господарства дисципліни «Ремонт тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин», курс лекцій і лабораторно-практичних занять, зміст курсового і дипломного проектування; спрямував свої видатні організаторські здібності на створення в інституті лабораторії ремонту машин.

У 1939 році ним виданий один з перших підручників із дисципліни «Ремонтна справа».

У роки Другої світової війни В. С. Крамаров деякий час очолював створену при інституті ремонтну базу, а згодом був відкомандирований до місць евакуації інституту у зв’язку з поновленням роботи інституту по підготовці кадрів.

За час освітньої і наукової діяльності, керівництвом кафедрою в МІМЕСГ з 1931 до 1950 року, а також в Українській сільськогосподарській академії з 1950 року вченим і колективом кафедр, які він очолював, була проведена велика наукова і педагогічна робота в напрямі технології і організації сільськогосподарського ремонтного виробництва, а також змісту і методики викладання лекцій і лабораторних занять.

У 1949-1950 рр. В. С. Крамаров працював на посаді старшого наукового співробітника Всесоюзного інституту механізації сільського господарства (м. Москва), в якому очолював розробку та видання типової технології ремонту тракторів КД-35. В результаті розробленої технології була видана технологічна документація затверджена Міністерством сільського господарства СРСР.

В основу розробленої технології відновлення зношених деталей тракторів і сільськогосподарських машин було покладено використання пластичної деформації металів і спеціальні види механічної обробки. Слід особливо відзначити, що в галузі організації ремонту машин вченим вперше було розроблено теоретичні основи технологічних процесів ремонтного виробництва та інженерна методика їх проектування.

У 1947 році В. С. Крамаров захистив докторську дисертацію на тему «Теоретичні основи проектування підприємств сільськогосподарської

ремонтної моделі», в якій започатковано науковий підхід до організації й оснащення ремонтних підприємств.

У 1949 році В. С. Крамарову присвоєно науковий ступінь доктора технічних наук та вчене звання професора.

У 1950 році В. С. Крамарова запрошують на роботу в «Альма-матір» Київський сільськогосподарський інститут на посаду завідувача кафедри ремонту тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин, де одержав змогу в повній мірі проявити свої видатні наукові і організаторські здібності.

В 1951 році він обіймає посаду заступника директора з навчальної роботи.

В 1953 році він обіймає посаду заступника директора з навчальної та наукової роботи, а в 1954 році заступника директора з навчальної роботи.

У 1954 році КСГІ надано статус Української сільськогосподарської академії і Крамаров В. С. в 1954-1956 рр. призначається проректором з навчальної роботи. У 1956 році В. С. Крамарова було обрано членом-кореспондентом ВАСГНІЛ.

У 1956 році урядом України було прийнято рішення створити на базі Української ордена Трудового Червоного Прапора сільськогосподарської академії і науково-дослідних інститутів аграрного профілю Українську академію сільськогосподарських наук, в числі фундаторів-академіків якої був В. С. Крамаров. Він обійняв посаду віце-президента УАСГН і ректора навчальної частини і працював на цих посадах з 1957 по 1959 рік.

Доречно нагадати, що перша Українська академія сільськогосподарських наук була створена урядом УНР (Симона Петлюри) ще у 1918 році.

Глибоке вивчення і системний аналіз наукового спадку вітчизняних та іноземних учених в галузі теорії виробничих процесів дозволили В.С. Крамарову розробити теоретичні основи організаційного режиму технологічних процесів ремонтного виробництва. Розроблена ним методика інженерного проектування технологічних процесів була включена в програму відповідного курсу вузів сільськогосподарського профілю. Дослідження і теоретичні напрацювання В. С. Крамарова узагальнені у його докторській дисертації та кандидатських дисертаціях його учнів знайшли безпосереднє впровадження у сільськогосподарських виробництвах. Більшість учнів В. С. Крамарова стали завідувачами кафедр ремонту машин, доцентами, керівниками наукових підрозділів науково-дослідних інститутів, зокрема В. С. Малахов, Г. Д. Луцкер, Ю. К. Шкурський, С. К. Зарайський, І. С. Левицький, З. О. Мелконян, О. І. Іванов, М. Д. Лебєдєв, В. Н. Гнояник, В. Н. Пасічна, І. Є. Тушишвілі, М. І. Велієв, В. І. Саньков.

В кінці п’ятдесятих років XX століття було поставлено завдання на створення комплексної механізації вирощування сільськогосподарських культур та виробничих процесів у тваринництві і В. С. Крамарова було призначено в 1959 році на посаду директора Українського науково-дослідного інституту механізації та електрифікації сільського господарства.

Як видатний вчений з питань теорії і розрахунку виробничих процесів В. С. Крамаров за час роботи директором УНДІМЕСГ з 1959 до 1971 року очолив технологічний напрям науково-дослідних робіт інституту в галузі механізації сільськогосподарського виробництва. Розроблена ним методика широко використовувалась вченими інституту при дослідженні і опрацюванні комплексних процесів механізованого вирощуванні сільськогосподарських культур: технологічний процес комбайнового збирання урожаю зернових культур, процес вирощування кукурудзи, цукрового буряка, картоплі, кормових культур, внесення органічних та мінеральних добрив, захисту рослин. Колективом інституту разом з галузевими науково-дослідними інститутами підготовлено понад 50 розробок технологічних процесів механізованого виробництва продукції рослинництва і тваринництва для різних зон України, захисту ґрунтів від водної та вітрової ерозії, які були видані у вигляді рекомендацій для працівників сільського господарства як «Типові технологічні процеси».

Особливої уваги заслуговує розроблений інститутом спосіб роздільного збирання зернових та зернобобових культур, який вперше став впроваджуватись на полях з 1965 року і одержав назву «української» технології, яка в колишньому СРСР щорічно застосовувалась на площі 12 млн. га. За розробку і впровадження у виробництво процесу потокового збирання зернових культур з одночасним подрібненням і скиртуванням соломи співробітникам інституту М. Д. Галенку, І. М. Капліну, І. Т. Нікітенку, Ю. М. Шидловському в 1971 році була присуджена Державна премія УРСР у галузі науки і техніки.

Як здібний організатор наукових досліджень В. С. Крамаров згуртував колектив на виконання наукових проблем державного значення. Очолюваний ним інститутський колектив значно підвищив рівень теоретичних і експериментальних досліджень, зміцнив зв'язки з сільськогосподарським виробництвом і став провідною установою в республіці з питань наукового забезпечення та механізації і електрифікації сільськогосподарського виробництва.

В. С. Крамаров опублікував понад 110 наукових праць, більшість з яких носять фундаментальний характер. Слід відзначити його активну роботу по підготовці наукових кадрів, за його наукового консультування захищено 2 докторські і під його науковим керівництвом 32 кандидатські дисертації. Працюючи на посадах завідувача (1968-1976 рр.) та професора-консультанта (1976-1986 рр.) кафедри ремонту тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин УСГА, професор В. С. Крамаров був головним редактором наукових праць в галузі механізації і електрифікації сільського господарства, які публікувались на той час в Україні. Таких збірників праць вийшло 15 номерів об’ємом понад 200 друкованих аркушів за період з 1960 по 1969 рік.

В. С. Крамаров впродовж 55 років своєї інженерної і науково-педагогічної діяльності приймав активну участь в громадському житті країни:

він двічі обирався депутатом Київської обласної ради депутатів трудящих, був членом ВАК СРСР, членом технічної ради всесоюзного об'єднання «Сільгосптехніка», Головою секції Вченої ради МСГ УРСР, заступником Голови спеціалізованої вченої ради інженерних факультетів УСГА, Головою секції механізації і електрифікації республіканського товариства «Знання».

Багаторічна плідна творча праця видатного вченого Володимира Савовича Крамарова відзначена трьома орденами Трудового Червоного Прапора (1945, 1954, 1959), орденом «Знак Пошани» (1966) та багатьма медалями.

Наукова спадщина, яку залишив по собі академік В. С. Крамаров дозволяє стверджувати про оригінальність його підходів до викладання навчальної дисципліни «Ремонт тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин» в аграрних закладах вищої освіти, створення передумов для подальшого розвитку наукових досліджень по узагальненню основ типових технологічних процесів і рекомендацій з організації ремонту сільськогосподарської техніки у розробку інженерного проектування технологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур.

**Список використаних джерел**

1. Кузня сільськогосподарських кадрів. Колектив авторів. Київ. Урожай. 1973. С. 152.

2. Журнал. Вісник аграрної науки. Спеціальний випуск. Травень 2010.

**УДК 631.004.02**

## НАДІЙНІСТЬ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ПЛОДІВ SMART-ТЕХНОЛОГІЙ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ ПЛОДОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ САДІВНИЦТВА

**І. О. ДЕРКАЧ,** аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* igorpost@gmail.com

Комп'ютерний зір відіграє ключову роль при побудові роботизованих систем, що призначені для збору фруктів. Потреба розвитку систем комп'ютерного зору полягає в тому, щоб забезпечити точне виявлення, сегментацію та захоплення плодів в режимі реального часу. Сучасні дослідження в першу чергу зосереджені на вдосконаленні глибокого навчання, розробках у галузі стереозору та позиціонуванні систем збору (маніпуляторів) у просторі для підвищення точності та швидкості збирання врожаю. Мета цього аналізу – порівняти моделі нейронних мереж для застосування в садівництві та вказати їх переваги і недоліки при вирішенні задач сегментації плодів.

У застосунках машинного зору з метою сегментації та позиціонування маніпуляторів застосовують як традиційні 2D методи, що базуються на аналізі ознак (форма, колір, текстура) за допомогою SVM та класифікаторів випадкового лісу, так і сучасні підходи з використанням RGB-D камер та нейронних мереж. Сучасні згорткові нейронні мережі (Faster R-CNN, Mask R-CNN, YOLO) дають змогу досягти високої точності в умовах мінливого освітлення й перекриття [1, 2]. Сімейство моделей виявлення об'єктів YOLO є одною з найвідоміших нейронних мереж, що ефективно вирішує задачі виявлення та сегментації. YOLOv8, найновіша одноетапна модель, що включає ряд інновацій в порівнянні з попередніми моделями серії: псевдоконтроль (PS) для покращення надійності, архітектуру Darknet-53 для ефективного вилучення функцій та архітектурні зміни, такі як заміна модуля C3 на модуль C2F для кращої точності та швидкості. Крім того, YOLOv8 включає додатковий згортковий шар 3 × 3 для зменшення обчислювального навантаження та відокремлену гілку для більш точного виявлення та класифікації об'єктів. В дослідженнях застосування нейронних мереж для задач садівництва саме ця модель використовується найчастіше нарівні з Mask R-CNN та Faster R-CNN. Проте, не дивлячись на ефективність та потенційну застосовність «універсальні» згорткові мережі часто не враховують специфіку садівництва та обмежені при роботі зі складними сценами як то умови саду [3]. Задля ефективної сегментації плодів у складних умовах (перекриття листям, гілками) різними авторами створено нові нейронні мережі на базі вже існуючих. Моделі сімейства DaSNet (v1 та покращена v2) [1] побудовані на базі YOLO, що дозволяє їм ефективно обробляти зображення в режимі реального часу та, водночас, бути адаптованими до вимог садівництва (рис. Рис. **1**) [1]. Архітектура DaSNet включає в себе багато-рівневу піраміду ознак, що отримує тензори з шарів C3 (1/8), C4 (1/16), C5 (1/32) та базової мережі (Resnet-101), дозволяючи одночасно визначати положення (нижчі рівні мережі) та тип об'єкта (вищі рівні мережі). Для зменшення просторових зсувів і дисбалансу градієнта в DaSNet застосовується керована піраміда ознак (Gated Feature Pyramid Network (рис.Рис. **1**) [1]. Механізм вибіркового керування призначає вагу кожному каналу вхідних ознак за допомогою сигмоїдної функції (значення у діапазоні від 0 до 1) і масштабує ознаки поканальним множенням. Після цього використовується пакетна нормалізація, що стабілізує й прискорює навчання мережі. Завдяки такому підходу DaSNet ефективно виділяє важливі ознаки та покращує точність виявлення і сегментації [1].

Для класифікації об'єктів різних масштабів DaSNet-V2 використовує Atrous Spatial Pyramid Pooling. Вихід y[i] такої просторової вибірки для одновимірного сигналу x[i] довжини K з фільтром ω[k] буде визначатися рівнянням

$$\boldsymbol{y[i] = \sum_{k=1}^{K} x[i + r \cdot k]\omega[k]}$$

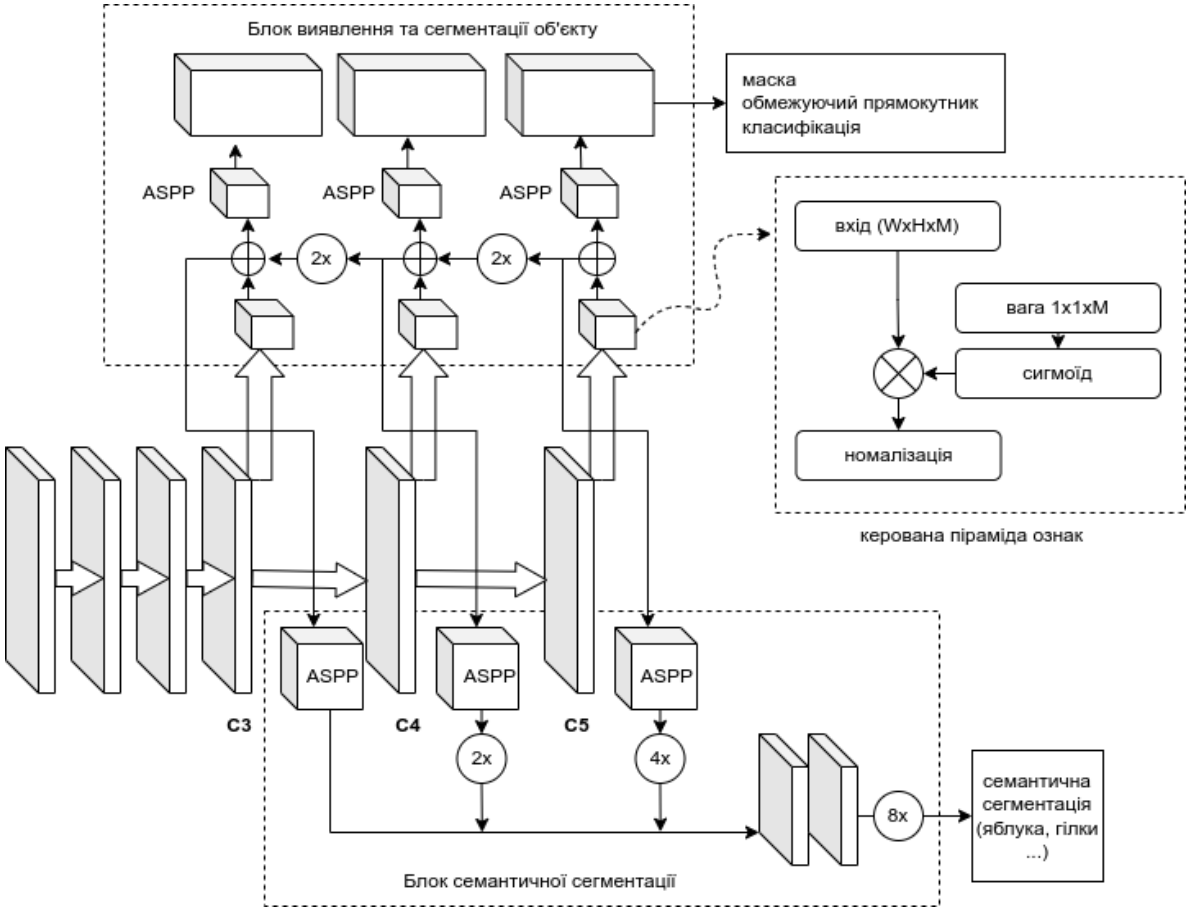



Рис. 1. Архітектура мережі DaSNet-V2.

Для охоплення кожної зони об’єктів, що виявлено, на мапі ознак використовуються 3 розширені згорткові ядра з коефіцієнтами розширення 1, 2 та 4 та ядро 1 × 1 [1]. Маска об’єкта реконструюється за допомогою апсемплінгу (збільшення роздільної здатності) тензора ознак для кожної комірки мапи ознак. Попри ефективність DaSNet-V2, точність знижується за наявності великих скупчень яблук або численних перешкод, оскільки мережі бракує спеціального механізму для розрізнення затемнених ділянок від плодів, що частково перекриті іншими об’єктами.

Сучасні нейронні мережі з глибоким навчання є важливою частину роботизованих комплексів для збирання плодів в садівництві. Мережі, що адаптовані для роботи в садах як то DaSNet-V2 і O2RNet демонструють ефективність у складних умовах перекриття, тоді як поширені моделі можуть забезпечити швидкість для роботи в реальному часі, втративши при цьому точність. Порівняльна характеристика різних нейронних мереж що застосовувалися авторами для виявлення яблук наведена в таблиці 1.

Альтернативна модель O2RNet призначена саме для складних випадків виявлення яблук на зображеннях коли присутнє перекриття (Рис. 2) [3]. Вона містить механізм [4], що моделює взаємодію між «закриваючими» (occluders) та «закритими» (occludees) об’єктами [5].

Таблиця 1. Порівняльна характеристика різних нейронних мереж

| Мережа | Точність (%) | Швидкість обробки | Підтримує перекриття? | Найкращий сценарій використання |
|---|---|---|---|---|
| YOLOv8 | 93% | швидка | частково | Обробка даних в реальному часі |
| Mask R-CNN | 85% | повільна | так | Задачі сегментації |
| O2RNet | 94% | середня | так | Визначення скупчення яблук |
| DaSNet-V2 | 84.4% | висока | так | Задачі сегментації |
| YOLOv5 | 91% | висока | так | Обробка даних в реальному часі |

Архітектурно O2RNet базується на Faster R-CNN [6], але має дві гілки: одну для чітко видимих плодів [7], і другу – для об’єктів під перекриттям [8] (Рис. 2). Це запобігає надмірному придушенню [8] та зменшує хибно-негативні спрацьовування [9]. Під час обробки RoI (Region of Interest) O2RNet розділяє об’єкти на «закриваючі» та «закриті» [10], уточнює їхні межі й не видаляє об’єкти [11], що опинилися під частковим перекриттям, коли застосовується Non-Maximum Suppression [12].

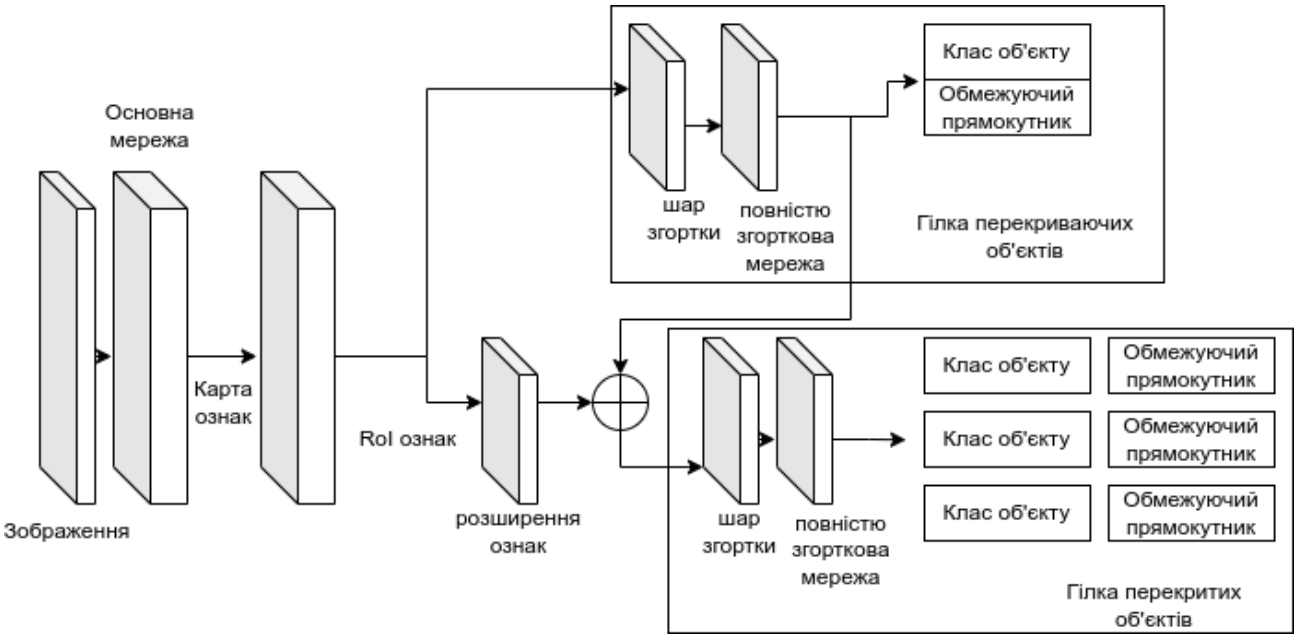



Рис. 2. Архітектура мережі OR2Net.

## Список використаних джерел

1. Kang H., Chen C. Fruit detection, segmentation and 3D visualisation of environments in apple orchards. Comput Electron Agric. 2020. Vol. 171. P. 105302.

2. Yoshida T., Kawahara T., Fukao T. Fruit recognition method for a harvesting robot with RGB-D cameras. ROBOMECH Journal. 2022. Vol. 9. P. 1–10.

3. Chu P. et al. O2RNet: Occluder-occludee relational network for robust apple detection in clustered orchard environments. Smart Agricultural Technology. 2023. Vol. 5. P. 100284.

4. Orfanidis G. et al. A deep neural network for oil spill semantic segmentation in sar images. 2018 25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). IEEE. 2018. P. 3773–3777.

5. Rogovskii I. L. Algorithmicly determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11 (1). P. 155–162. https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.155-162.

6. Zagurskiy O. M., Pokusa Z. S., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I. Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2020; ISBN 978-83-66567-13-9; pp. 162.

7. Rogovskii I. L. Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 10 (3). P. 181–187.

8. Myhailovych, Y., Rogovskii, I., Korobko, M., Berezova, L. Experimental studies of vibration load of synchronous threaded connections of grain harvester combines. Engineering for Rural Development. 2023. Vol. 22. P. 908–914. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF179.

9. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O. Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 924–929.

10. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2025). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. P. 93–102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10. Scopus. WoS.

11. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1). P. E1–E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

12. Rogovskii I.L., Titova L.L., Gumenyuk Y.O., Nadtochiy O.V. Technological effectiveness of formation of planting furrow by working body of passive type of orchard planting machine. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 839 (5). P. 052055. https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/5/052055.

**УДК 631.004.02**

# ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

**Р. Р. ШАТРОВ,** аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* rvshatrov@outlook.com

Результати досліджень [1-8] показують, що всі зернозбиральні комбайни поєднує ознака недостатньої пристосованості для виконання операцій з відновлення працездатності. Комбайн має 75 точок змащування, включаючи 2 точки – підшипники механізму сегменту шайби та ножів жниварки [9, 10]. За умови змащення кожні 10 годин роботи комбайн (рис. 1), при цьому 31 точка через 60 годин і решта після 240...310 годин (рис. 2).

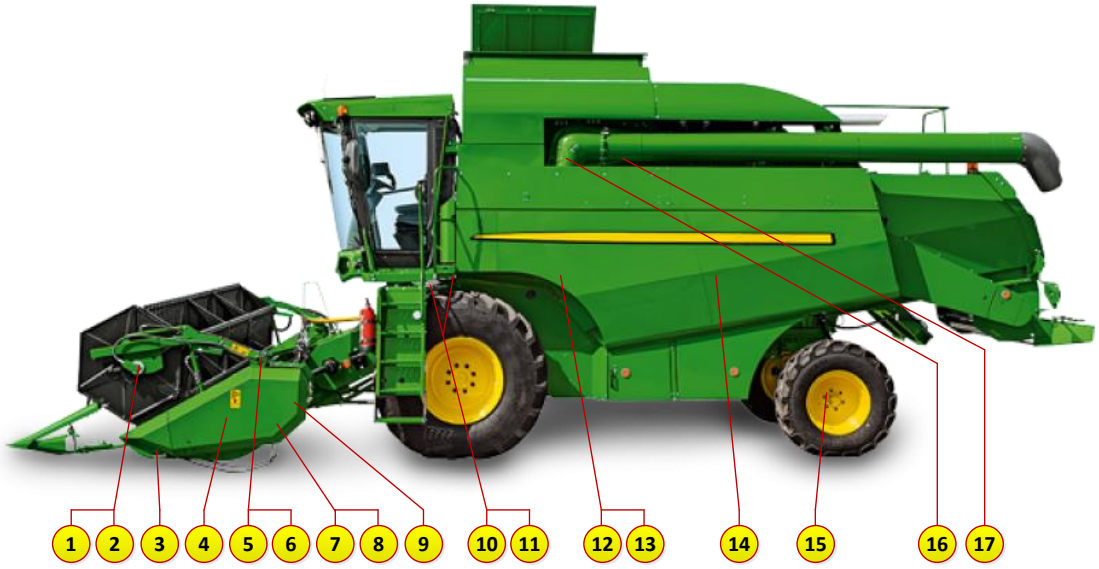



Рис. 1. Точки змащення через кожні 10 годин роботи комбайна.

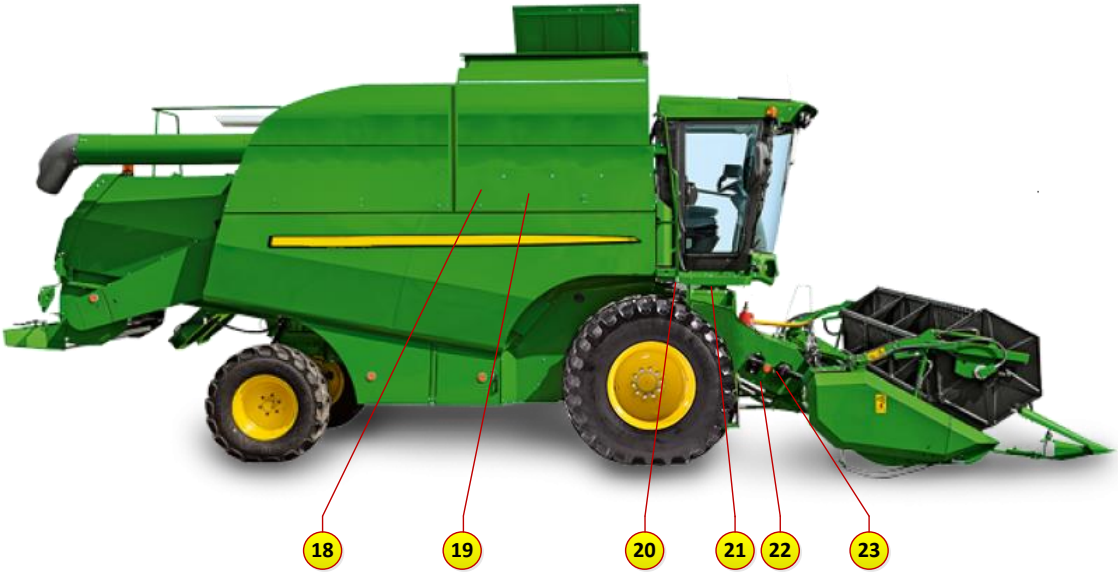



Рис. 2. Точки змащення через кожні 240 ... 310 годин роботи комбайна.

Операції, що проводяться через 10 годин – роботи в основному пов'язані з очищенням забруднених місць поєднання з пилу та рослинних залишків. Перевірка рівня оливи в двигуні, в резервуарах гідравлічного приводу та гідравлічної системи. Крім того, виконується операція технічного контролю двигуна, який перевіряється на холостому ходу, функціонуючи пристрої, механізми керування, виконавчі одиниці гідравлічної системи.

## Список використаних джерел

1. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2025). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. P. 93–102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10. Scopus. WoS.

2. Myhailovych, Y., Rogovskii, I., Korobko, M., Berezova, L. Experimental studies of vibration load of synchronous threaded connections of grain harvester combines. Engineering for Rural Development. 2023. Vol. 22. P. 908–914. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF179.

3. Rogovskii I. L. Algorithmicly determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11 (1). P. 155–162. https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.155-162.

4. Rogovskii I. L. Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 10 (3). P. 181–187.

5. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O. Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 924–929.

6. Rogovskii I.L., Titova L.L., Gumenyuk Y.O., Nadtochiy O.V. Technological effectiveness of formation of planting furrow by working body of passive type of orchard planting machine. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 839 (5). P. 052055. https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/5/052055.

7. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1). P. E1–E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

8. Zagurskiy O. M., Pokusa Z. S., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I. Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2020; ISBN 978-83-66567-13-9; pp. 162.

9. Rogovskii I., Kotliarov V., Bondarenko V., Havrylyuk V., Chen Gaojiang, Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93–102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

10. Malanchuk O., Tryhuba A., Rogovskii I., Titova L., Berezova L., Korobko M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of

medical support projects for the population of communities. Project Management: Industry Specifics. P. 105–134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4.

**УДК 631.004.02**

## PARAMETERS OF NAVIGATION SYSTEMS OF SELF -PROPELLED SPRAYERS IN SPRAYING CROPS

**I. O. OSADCHIY, post graduate student**
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* osadchiy@gmail.com

Modern agriculture requires high accuracy when performing technological operations, in particular during spraying of cultivated crops. Traditional spraying methods are often accompanied by uneven introduction of agrochemicals, which leads to overrun of resources, environmental pollution and reduction of yields. The trampling of plants with a self -propelled sprayer or tractor with a base sprayer also affects a decrease in yield, which can vary from 1.5% to 5% of crop losses.

The introduction of navigation systems into the spraying process can increase the efficiency of technological operations by accurate positioning of equipment in the field. The use of a global navigation system of positioning in autopilot and differentiated drug systems helps to reduce overlays and gaps, which improves the uniformity of plant treatment, increases yields and optimizes the costs of plant protection products. Visual rows, which operate on the basis of chambers and sensors, reduce the percentage of plant trampling, reduce the fatigue of the operator and improve the quality of work of equipment at night.

In addition, the relevance of this study is due to the need to increase the efficiency of self-propelled sprayers, especially in the conditions of variable relief and heterogeneous soil and climatic conditions. The introduction of modern navigation technologies minimizes the negative impact of the human factor and automate the management process, which is an important aspect of the development of precision agriculture.

Thus, the study of the use of navigation systems in spraying crops by self -propelled sprayers is relevant both from a scientific and practical point of view, since it is aimed at improving the efficiency of production processes, reducing ecological load and increasing economic profitability of agricultural enterprises.

**УДК 631.004.02**

# OPERATIONAL FAILURE OF HARVESTING OF GRAINHARVERS COMBINES

**O. I. KARAGUTSA,** post graduate student
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* igorpost@gmail.com

Grain harvester is the main car for gathering a crop in modern crop production. Its harvesting apparatus is a key element on which the quality of the cleaning depends [1-3]. The harvest of the combine is the front of the combine, which is responsible for the mowing of plants and the supply of the beveled mass to the threshing of the combine [4]. During the operation of agricultural machinery, the reeds device allows you to cut the stems at a given height, form a uniform flow of mass and direct it to a thresher [5]. The effectiveness of the entire process of cleaning grain crops depends on the quality of the activity of this mechanism [6].

The reaches consists of several main mechanisms, which is functioning in various cleaning conditions [7].

Motovilo brings the stems of the plants cut off to him and holds them when mowing. This important mechanism determines the quality of mass supply and the uniformity of cutting plants [8].

In modern units, two main types of motivals are used, each of which has its own advantages:

• simple (hard) – with fixed strips for erect bread or corn, is characterized by reliability and ease of maintenance;

• eccentric – with rotary rakes for flights, provides a more careful rise in plants.

Efficiency largely depends on the correct settings for the specific conditions in which you have to work. The main settings parameters are determined by the condition of the removed plants:

• for high bread (above 120 cm): height – 1/3 from the height of plant stems, backing forward 150 mm;

• for low bread (up to 80 cm): height – 1/4 from the height of plants, a removal of 200 mm;

• for flight areas: minimum height, removal up to 400 mm.

The desired regime is determined by the speed of the combine of the combine: with erect breads by 15–25% higher, with an flight by 30-40%. The correct setting can be determined visually by the uniformity of the mass supply.

The cutting apparatus of the reeds includes a finger beam and a segment-plot device for mowing and laying plants. The segments of the knife, moving between the fingers with the contradictory plates, cut the plants. The screw provides an uniform feed of the cut mass.

The quality of the cut depends on the condition of the working elements of the cutting device. The optimal gap between the segments of the knife and the

contradictory plates is 0.5–1.0 mm. The width of the capture of such mechanisms can vary from 5 to 12 meters.

The platform serves as the basis for all mechanisms. It installed dividers to separate the flow of plants and the stem for the selection of flight areas. The bottom of the reed platform has a special coating for better sliding mass.

The conveyor moves the cut mass to the center of the cereal with the help of the right and left bonds. The finger mechanism in the central part captures and supplies the mass to the inclined chamber. The fingers should be extended by 100–120 mm and completely clean into the casing during rotation.

Proper setting up the conveyor is critical of effective activity. The optimal gaps between spirals and the bottom are:

- for grain crops, including oats – 10–12 mm, provides uniform supply of mass;
- for high-stem plants – 15–18 mm, prevents clogging;
- for stunted and flights – 8–10 mm, improves the selection of mass.

Particular attention should be paid to the technical condition of the mechanism. The spirals require replacement for wear of more than 25% of the thickness of the coil or the appearance of through wipes.

The inclined chamber connects the jack of the thresher. Inside, a planned conveyor is installed, which picks up the mass from the conveyor, compacts it and supplies it to the threshing machine. Modern cameras are equipped with a field of copying the field relief (Fig. 1).

Fig. 1. Technical control of the reapers.

The process of mowing agricultural crops with a combine is a single sequential process of cutting stems. Speasing occurs when knives move, after which the stems fall on the platform. With this setting, the conveyor picks up the cut mass and moves it to the center, where the finger mechanism directs the stream to the inclined chamber.

Modern agricultural production requires various types of reapers for different plants, which can be used both for direct combining and in separate cleaning. Each type of cord has design features due to the specifics of the cleaned crops.

The main types of reapers differ in their purpose and designs:

• cereals – are equipped with a classic working mechanism for cereal crops, have a universal design for direct combining;

• corn – the comradely and chopper of the stems are equipped, provide a clean collection of ears;

• sunflower – equipped with special elevators for lifting and holding the baskets, minimize seed losses;

• rapse – have active lateral dividers and an elongated table, prevent the crumbling of small seeds.

The correct selection of the codes is determined not only by the type of plants removed, but also by cleaning conditions, the state of crops and the requirements for the quality of work.

Conclusion. The effectiveness of the cereal of the grain harvester is determined by the correct selection of its type and settings for specific cleaning conditions. Regular maintenance, timely replacement of worn parts and the control of the working gaps of the reapers provide minimal losses and high performance when harvesting.

## References

1. Rogovskii I. L. Algorithmicly determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11 (1). P. 155–162. https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.155-162.

2. Zagurskiy O. M., Pokusa Z. S., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I. Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2020; ISBN 978-83-66567-13-9; pp. 162.

3. Rogovskii I. L. Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 10 (3). P. 181–187.

4. Myhailovych, Y., Rogovskii, I., Korobko, M., Berezova, L. Experimental studies of vibration load of synchronous threaded connections of grain harvester combines. Engineering for Rural Development. 2023. Vol. 22. P. 908–914. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF179.

5. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O. Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative

rootstocks. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 924–929.

6. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2025). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. P. 93–102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10. Scopus. WoS.

7. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1). P. E1–E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1.

8. Rogovskii I.L., Titova L.L., Gumenyuk Y.O., Nadtochiy O.V. Technological effectiveness of formation of planting furrow by working body of passive type of orchard planting machine. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 839 (5). P. 052055. https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/5/052055.

**УДК 631.358.1**

## РОЗРАХУНОК ІНЕРЦІЙНИХ СТРУШУВАЧІВ ПЛОДОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

**О. П. ДЕРКАЧ,** кандидат історичних наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* oleksiy.derkach@gmail.com

Перевагою інерційних струшувачів є можливість отримання вібрації більшої частоти та передача більших зусиль стовбурам і гілкам дерев без передачі значних навантажень енергетичним засобам, на які вони начіплені, завдяки чому їх можна монтувати на легкі і маневрені плодозбиральні машини [1-3]. Нами запропонована методика розрахунку інерційних струшувачів з безпосереднім з'єднанням неврівноваженої маси з гілкою чи стовбуром дерева [4-6].

Гілка чи стовбур дерева мають кілька ступенів свободи, що ускладнює точний розрахунок коливань. Для спрощення розрахунку зробимо наступні допущення: гілка або стовбур мають тільки одну ступінь свободи, збуджувальна сила змінюється по синусоїдальному закону, відновлювальна сила пропорційна деформації, а демпфування пропорційно швидкості. За умови дотримання цих допущень закон руху при струшуванні може бути встановлений із диференціального рівняння:

$$M\frac{d^2x}{dt^2}+c\frac{dx}{dt}+kx=mr\omega^2\cos\omega t, \qquad (1)$$

рішення якого має вигляд

$$x = \frac{S}{2}\cos(\omega t - \alpha) \tag{2}$$

де $M$ – маса системи, що бере участь у русі (включно з неврівноваженою масою $m$ ексцентрика вібратора з ексцентриситетом $r$ і кутовою швидкістю $\omega$); $x$ – зміщення в момент $t$; $c$ – коефіцієнт демпфування; $k$ – жорсткість гілки або стовбура; $\alpha$ – кут зсуву фази (відставання коливань дерева та коливань вібратора).

За високої частоти вимушених коливань (набагато більшої за власну нижню частоту системи) коефіцієнт $S$ може бути прийнятий рівним

$$S = \frac{2mr}{M} \tag{3}$$

З рівняння (1) може бути знайдено максимальне значення збуджувальної сили $F_d$

$$F_d = mr\omega^2\left[\left(\frac{S}{2r} + 1 + \frac{S}{r}\cos\alpha\right)\right]^{\frac{1}{2}} \tag{4}$$

Звідси миттєва потужність інерційного струшувача становитиме

$$P_{inst}\left[mr\omega^2\cos\omega t\left[-\frac{S}{2}\sin(\omega t - \alpha)\right]\right], \tag{5}$$

а середня потужність за один цикл $T_f$ дорівнює:

$$P_{av} = \frac{\sum P\Delta t}{T_f} = \frac{1}{T_f}\int_0^{T_f} P dt = \frac{mr\omega^3 S}{4}\sin\alpha \tag{6}$$

При максимальному значенні потужності, що витрачається вібратором

$$P_{\max} = \frac{mr\omega^3 S}{4}(\pm 1 - \sin\alpha) \tag{7}$$

найбільший крутний момент у приводі вібратора буде рівним

$$T_{\max} = \frac{mr\omega^2 S}{4}(\pm 1 - \sin\alpha) \tag{8}$$

Для визначення реального значення кута відставання $\alpha$ в системі було проведено серію натурних дослідів із струшування слив і абрикосів зі встановленням датчиків на вібраторі та на дереві. Значення кута $\alpha$ визначали за осцилограмами спільного запису показань усіх датчиків. Вібратор зі штангою, навішеною на плодозбиральну машину, одержував рух від гідромотора з вимірюванням тиску в нагнітальному трубопроводі та кількості обертів з метою визначення значень потужності, що витрачається. Значення кута $\alpha$ залежать від відношення вимушеної частоти до власної і лежать у межах від 60° при відношенні 8-12 і до 180° при відношенні 20 і більше. При цьому дійсні значення амплітуди коливань відрізняються від розрахованих за формулою (2) з урахуванням реальних значень кута $\alpha$ на ± 25%. На діаграмах залежності

амплітуди коливань від частоти відзначаються максимуми, що відповідають частотам, у сливових дерев близько 60 Гц, а в абрикосів – близько 36 Гц.

**Висновок.** Порівняння реальних і розрахункових значень потужності, що витрачається на привод, показує, що інерційні вібратори потребують значної потужності на подолання тертя, причому найбільше тертя отримують під час зворотно-поступального руху повзуна вібратора по штанзі. Чим більша маса вібратора, тим більш рівномірним виходить струшування дерева, але більшим є і навантаження на машину, на яку навішено струшувач.

## Список використаних джерел

1. Ruijun Ma, Taymaz Homayouni ,Arash Toudeshki, Reza Ehsani, Xiaohua Zhang. An Experimental Study and Mathematical Modeling of Vibration Transfer in Pistachio Trees Using an Inertia-Type Trunk Shaker and Field-Adapted Wireless Sensors // Shock and Vibration. 2022. (2022). С. 1–13.

2. SARKAR P. Use of shaking mechanism and robotic arm in fruit harvesting : A comprehensive review // Journal of Crop and Weed. 2021. № 2 (17). P. 01–09.

3. Rogovskii I. L. Algorithmicly determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11 (1). P. 155–162. https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.155-162.

4. Rogovskii I. L. Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 10 (3). P. 181–187.

5. Myhailovych, Y., Rogovskii, I., Korobko, M., Berezova, L. Experimental studies of vibration load of synchronous threaded connections of grain harvester combines. Engineering for Rural Development. 2023. Vol. 22. P. 908–914. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF179.

6. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O. Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 924–929.

**УДК 631.3:631**

# ТЕХНОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МАШИН МЕХАНІЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СОЇ

**Р. В. ШАТРОВ,** кандидат технічних наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* vratushnyi@ukr.net

В наявних літературних джерелах є відомості про технології вирощування та збирання сої і окремі дані щодо комплектування та

використання сучасних машинних агрегатів і використання комплексів машин в господарствах різних організаційних форм власності [1-3].

Останнім часом сільськогосподарське виробництво сої, оснащується новою технікою вітчизняних і зарубіжних фірм-виробників [4]. Проте в існуючій літературі відсутні систематизовані дані з рекомендацій щодо комплектування та використання комплексів машин для вирощування та збирання сої [5].

Метою досліджень було проаналізувати наявні технології і засоби механізації для вирощування та сої [6], обґрунтувати перспективний склад машинних агрегатів і комплексів машин [7], які дадуть можливість зменшити затрати праці і коштів на виробництво продукції [8].

Існуючі технології вирощування та збирання сої вивчались за даними літературних джерел [9]. Склад комплексів машин для виробництва сої визначався за аналізом даних фірм-виробників сільськогосподарської техніки [10]. Техніко-економічні показники машинних агрегатів і комплексів машин розраховувались на ПК за методикою і програмою кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту Національного університету біоресурсів і природокористування України [11].

Однією з важливих задач рослинництва є підвищення ефективності виробництва сої, яка за вмістом білку (до 55%) і масла (до 27%) в насінні переважає інші зернобобові культури [12].

За даними Інституту кормів НААН, щоб вийти на світовий рівень у вирішенні проблеми рослинного білку та олії, посіви сої в Україні слід розширити до 500 тис. га, а у віддаленій перспективі – до 2…3 млн. га (6…9% орних земель).

У США соя займає 18 відсотків орних земель. Американські фермери згодовують тваринам соєво-кукурудзяний шрот, а українські – дерть в основному із зернових колосових культур. Як результат, витрата корму з шроту на виробництво кілограма м’яса порівняно з дертю у 3…4 рази менша. Посівна площа під соєю в Україні за останні три роки коливається в межах 650-750 тис. га. В Україні є необхідні грунтово-кліматичні умови для вирощування вітчизняних високопродуктивних сортів сої з потенціалом урожайності 3,5…4,5 т/га, які не поступаються сортам зарубіжним.

Розрахунки і передовий досвід свідчать, що вирощувати сою в господарствах доцільно на площі не менше 150…200 га. Це дає можливість впровадити інтенсивну технологію, ефективно застосовувати сучасні комплекси машин (коефіцієнт використання більше 0,7), а отже, одержувати високі врожаї.

Виробництво сталих врожаїв сої базується на високій культурі землеробства і використанні сучасних комплексів машин по відповідних технологічних лініях: приготування і внесення добрив, основного, передпосівного обробітку ґрунту та сівби, комплексної боротьби з бур’янами, шкідниками і хворобами, збирання та післязбиральної обробки врожаю.

Найвищі врожаї сої одержують при вирощуванні після зернових колосових культур, кукурудзи на силос, зелений корм, картоплі і однорічних кормових культур. Сама соя як бобова культура залишає в ґрунті 60…80 кг/га азоту і є добрим попередником для зернових, кормових, технічних і овочевих культур.

На формування центнера насіння витрачається 7,5…10,0 кг азоту, 1,7…2,5 – фосфору і 3,0…4,5 кг калію. Для одержання програмованого врожаю необхідно передбачити внесення відповідних мінеральних і органічних добрив.

У сівозмінах різних грунтово-кліматичних зон під сою застосовують диференційований обробіток ґрунту. Раціонально поєднують глибокий, звичайний і поверхневий обробіток з використанням полицевих, плоскорізних, дискових, голчастих, комбінованих та інших ґрунтообробних знарядь. Але зважаючи на значне забур'янення полів, поки що основним є плужний обробіток ґрунту, який включає лущення стерні чи дискування і оранку, бажано гладеньку обертовим плугом.

Одна з головних умов одержання високих врожаїв сої полягає в ретельному передпосівному обробітку ґрунту. Для цього передбачено обробіток ґрунту комбінованим агрегатом типу "Європак", який забезпечить дрібногрудкувату структуру ґрунту та сприятливі умови для сівби і росту сої.

Якісний передпосівний обробіток грунту забезпечують комбіновані агрегати фірми FARMET (Чехія) (табл. 1). Нами прийнято 6-метровий агрегат К600PS для конкуренції з аналогом виробництва ВАТ „Уманьферммаш" (табл. 2).

Таблиця 1. Технічна характеристика комбінованих агрегатів фірми FARMET

| Показники | Значення показника для агрегатів | | |
|---|---|---|---|
| | К600PS | К800 | К930 |
| Ширина захвату, м | 6 | 8 | 9,3 |
| Глибина обробітку грунту, см | 3-15 | 3-15 | 3-15 |
| Транспортна ширина, м | 2,5 | 2,5 | 3,0 |
| Маса, кг | 4330 | 4970 | 5280 |
| Необхідна потужність, кВт | 118 | 155 | 173 |

Таблиця 2. Технічна характеристика комбінованого агрегату АП-6 ВАТ „Уманьферммаш"

| Показники | Значення показника |
|---|---|
| Ширина захвату, м | 6 |
| Продуктивність за годину основного часу, га | 4,8-6,0 |
| Робоча швидкість руху, км/год | 8-10 |
| Глибина обробітку грунту, см | до 16 |
| Маса, кг | 3200 |
| Необхідна потужність, кВт | 120 |

За один прохід комбінований агрегат вирівнює поверхню поля, розпушує грунт, обробляє до друбногрудочкуватого стану і підущільнює до стану, сприятливого для проростання насіння.

За 4…5 тижнів до сівби насіння потруюють вітаваксом (3 л/т), а у день сівби обробляють препаратом бульбочкових бактерій – соєвим ризоторфіном.

Кращий спосіб сівби сої — широкорядний з міжряддями 45 см сівалками типу ССТ-12В. Для високорослих і пізньостиглих сортів рекомендовано міжряддя 70 см кукурудзяними сівалками типу СУПН-8А або універсальними сівалками УПС-12, міжряддя яких встановлюється в межах 450-600-700-900 мм.

Глибина загортання насіння має становити 2,5…3см, а за умови недостатньої зволоженості верхнього шару ґрунту – 3…4 см.

Для умов Лісостепу норма висіву насіння повинна становити : для ранньостиглих сортів – 700…750 тис/га схожих насінин, середньоранньостиглих – 600…650, середньостиглих – 500…550 (орієнтовно 80…100 кг/га). Для появи дружніх сходів сівбу на одному полі необхідно закінчити за один-два дні.

Механізований догляд за посівами сої містить комплекс заходів по боротьбі з бур'янами, шкідниками і хворобами. Для боротьби з бур'янами доцільно поєднати механічні (досходове боронування, рихлення міжрядь) і хімічні способи (обприскування посівів).

Для захисту рослин можна скористатись високопродуктивним самохідним штанговим обприскувачем типу Spra-Coupe 7650 фірми Challenger (табл. 3) або причіпним типу ОПШ-3524 ВАТ „Львівагромашпроект" (табл. 4). Самохідний обприскувач Spra-Conpe 7650 має шість основних передач (діапазон від 9,8 до 40 км/год) і дві реверс них (10,3 і 21,7 км/год). Він обладнаний незалежними передньою і задньою підвісками, чим забезпечується плавність руху. Обприскувач відрізняється високою продуктивністю і надійністю в роботі. Обприскувач ОПШ 3524 оснащений комплектуючими складовими провідних європейських фірм. Він має дистанційний пульт керування. Повний гідропривід штанги дає змогу регулювати висоту підйому, переводити її з транспортного в робоче положення і навпаки. Завдяки маятниковому механізму штанги забезпечується автоматичне копіювання мікрорельєфу поля.

За окремим замовленням базова модель може додатково комплектуватись пінним маркером або навігаційною системою, міксером-змішувачем робочих рідин в баку обприскувача та комп'ютерною установкою.

За техніко-експлуатаційними показниками роботи обприскувач ОПШ-3524 наближається до кращих зарубіжних аналогів, але значно дешевший за них.

За необхідності підсушування рослин проводять десикацію обприскуванням розчином басти (2 кг/га) у фазі початку побуріння бобів нижнього і середнього ярусів (за 10 днів до початку збирання врожаю). За рахунок цього підвищується продуктивність комбайна на 30…40% і значно зменшуються втрати насіння.

Таблиця 3. Технічна характеристика обприскувача Spra-Coupe 7650

| Показники | Значення показника |
|---|---|
| Марка двигуна* | Caterpillar 3056 E |
| Потужність | 128 |
| Діапазон швидкостей руху, км/год | 9,8-40,0 |
| Місткість баків, л: | |
| основного | 2750 |
| чистої води | 250 |
| Ширина захвату штанги, м | 18,3/24,4 |
| Діапазон регулювання штанги по висоті, см: | |
| нижнє положення | 58-200 |
| верхнє положення | 99-244 |
| Маса обприскувача, кг: | |
| пустого | 8165 |
| з розчином | 10866 |

Таблиця 4. Технічна характеристика обприскувача ОПШ-3524

| Показники | Значення показника |
|---|---|
| Ширина захвату штанги, м | 24 |
| Місткість бака, л | 3500 |
| Витрата робочої рідини: | |
| при обробці пестицидами, л/га | 120-300 |
| при внесенні рідких мінеральних добрив, кг/га | 200-400 |
| Діапазон регулювання по висоті, мм | 500-1900 |
| Робоча швидкість руху, км/год | 6-10 |
| Габаритні розміри у транспортному положенні, мм | 5600x2500x3600 |
| Маса, кг | 2250 |
| Агрегатується з тракторами, кл. | 1,4; 2 |

Сою збирають однофазним способом при повному дозріванні насіння (вологість 14…16%) зернозбиральними комбайнами. Жатку комбайна переобладнують на низький зріз (5…6 см), а молотильно-сепаруючі органи – на відповідні оптимальні режими роботи, які забезпечують мінімальні втрати зерна.

Післязбиральну обробку насіння сої доцільно виконувати на зерноочисних сушильних комплексах типу КЗС. Якщо в господарствах вони відсутні, можна використати лінії, зкомплектовані з окремих зерноочисних машин і сушарок. Оптимальна вологість зерна для зберігання має становити 12…13%.

Таблиця 5. Склад комплексів машин для вирощування та збирання сої у зоні Лістостепу України на площі 1000 га. Урожайність зерна 2,5 т/га

| Техніка | | Кількість машин у комплексі, обґрунтованому за критерієм | |
|---|---|---|---|
| Вид | Марка | затрат робочого часу | приведених затрат |
| Трактори | JOHN DEERE 8430 | 3 | - |
| | JOHN DEERE 7530 | 3 | - |
| | ХТЗ-17022 | - | 6 |
| | JOHN DEERE 6830 | 3 | - |
| | MF 5435 | 1 | - |
| | ПМЗ-80.40 | - | 8 |
| Причепи | СЗАП-8551 | 2 | 2 |
| | ПСТ-6 | 1[1] | - |
| Навантажувачі | MANITOU мод. MLT 371T | 2 | - |
| | ПС-0,5/0,8 | - | 2 |
| | ЗШ-3 | 1[1] | 1[1] |
| | Spinnekop | 1 | - |
| | НЗ-20 | - | 1 |
| Плуги | Wari Diamant 7+1 | 3 | - |
| | ПО-5 | - | 6 |
| Борони дискові | JOHN DEERE 630 | 2 | - |
| | БДТ-7,0А | - | 2 |
| Комбіновані агрегати | К 600 PS | 4 | - |
| | АП-6 | - | 4 |
| Машини для внесення добрив | RCW 10000 мод. TVTAN 18 | 1 | - |
| | МВУ-6 | - | 2 |
| | Protwin 8124 | 2[2] | - |
| | МТО-6 | - | 3[2] |
| | ЗЖВ-Ф-3,2 | 1[3] | - |
| | РЖТ-4 | - | 1[3] |
| Машини для захисту рослин | SPRA-COUPE 7660 | 1 | - |
| | ОПШ-3524 | - | 2 |
| | МОБИТОКС | 1 | - |
| | ПК-20 | - | 1 |
| Сівалки | MF 555 | 3 | - |
| | СУПН-8А-02 | - | 5 |
| Культиватори | SFOGGIA Thema-12 | 4 | - |
| | КРНВ-5,6-04 | - | 5 |
| Зернозбиральні комбайни | JOHN DEERE 9880 | 4 | - |
| | ACROS 530 | - | 6 |
| Зерноочисні агрегати | ЗАВ-50 | 1 | - |
| | ЗАВ-40 | - | 1 |

Нами визначено структурний і кількісний склад комплексів машин для вирощування та збирання сої на площі 1000 га.

Як видно з даних таблиці 5, до складу комплексу машин, обгрунтованому за критерієм затрат робочого часу (праці), входить високопродуктивна, у тому числі іноземна, але дорога техніка, а приведених витрат – менш продуктивна вітчизняна, але дешевша.

Економічні показники використання комплексів машин наведено в таблиці 6.

Таблиця 6. Економічні показники використання комплексів машин для вирощування та збирання сої

| Критерій ефективності | Значення показників з розрахунку на гектар | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Капітальні вкладення, грн. | Приведені витрати, грн. | Прямі експлуатаційні витрати, грн. | Затрати робочого часу, год. | Витрата палива, кг |
| Приведені витрати | 3601,70 | 1660,58 | 1120,33 | 4,11 | 65,13 |
| Затрати робочого часу | 8159,86 | 2969,51 | 1745,53 | 2,65 | 59,88 |

Як видно з наведених в табл. 6 даних, використання комплексу машин на базі вітчизняної техніки порівняно з технікою країн зарубіжжя дає можливість зменшити в 2,3 рази капітальні вкладення, в 1,8 рази – приведені витрати і в 1,6 рази – прямі експлуатаційні витрати, проте потребують більше близько 36% затрат робочого часу(праці) і 8% - витрати палива.

Висновки.

1. Наявні у більшості господарств технологічний процес і комплекси машин для вирощування та збирання сої застарілі і не відповідають сучасним вимогам технічного прогресу.

2. Нами обґрунтовано техніко-економічні показники перспективних машинних агрегатів і комплексів машин для виробництва сої за критеріями мінімуму затрат робочого часу (праці) і приведених затрат.

3. Використання комплексу машин, розрахованого за критерієм мінімуму затрат робочого часу (праці) дає можливість отримати лише менші затрати праці, але має значно більші капітальні вкладення і приведені витрати коштів. Зважаючи на фінансову скруту, для більшості зерносіючих господарств доцільно використовувати більш дешеву техніку вітчизняну. Для виробництва зерна у великих спеціалізованих фінансово спроможних господарствах слід придбати більш надійну і продуктивну техніку країн дальнього зарубіжжя.

## Список використаних джерел

1. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for rural

development. 2019. Vol. 18, pp. 291-298. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N451. Scopus

2. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O. Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 924-929.

3. Myhailovych, Y., Rogovskii, I., Korobko, M., Berezova, L. Experimental studies of vibration load of synchronous threaded connections of grain harvester combines. Engineering for Rural Development. 2023. Vol. 22. P. 908–914. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF179.

4. Rogovskii I.L. Model of stochastic process of restoration of working capacity of agricultural machine in inertial systems with delay. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 3, P. 143-150.

5. Zagurskiy O., Titova L., Rogovskii I. «Green» supply chain as a path to sustainable development. Mechanisms of stimulation of socio-economic development of regions in conditions of transformation. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2019; ISBN 978-83-946765-7-5; pp. 199-213. pp. 330.

6. Palamarchuk I., Rogogvskii I., Titova L., Omelyanov O. Experimental evaluation of energy parameters of volumetric vibroseparation of bulk feed from grain. Engineering for Rural Development. 2021. Vol. 20. P. 1761-1767. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF386.

7. Rogovskii I.L., Titova L.L., Gumenyuk Yu.O., Nadtochiy O.V., Technological effectiveness of formation of planting furrow by working body of passive type of orchard planting machine. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 839. P. 052055. https://doi.org/10.1088/ 1755-1315/839/5/052055.

8. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 884-890. https://doi.org/10.22616/ ERDev.2022.21.TF279.

9. Kuzmich I.M., Rogovskii I.L., Titova L.L., Nadtochiy O.V. Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677. P. 052002. https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002.

10. Rogovskii I.L. Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 3. P. 181-187.

11. Rogovskii I.L., Polishchuk V.M., Titova L.L., Sivak I.M., Vyhovskyi A.Yu., Drahnev S.V., Voinash S.A. Study of biogas during fermentation of cattle manure using a stimulating additive in form of vegetable oil sediment. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020. Vol. 15 (2020). Issue 22 (20th November). P. 2652-2663. Scopus. Q2.

**УДК 631.3:631**

# GRAPH-MODELING WHEN THE RESPONSE AND RECOVERY OF AGRICULTURAL MACHINERY

**O. V. NADTOCHIY,** Candidate of Technical Sciences, Assistant of Professor
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* nadtochiy@nubip.edu.ua

The material world is combined with virtual and generates new approaches and business models [1]. Manufacturers earn more and invest in improving the quality of products and services [2].

The term "industry 4.0" appeared in Europe in 2011. At one of the industrial exhibitions in Hannover, the German government spoke about the need for broader use of information technologies in production [3]. A specially created group of officials and professionals developed a strategy for the transformation of production enterprises of the country into "smart" [4].

This example was followed by other countries that are actively mastering new technologies [5]. And the term "industry 4.0" began to be used as a synonym for the fourth industrial revolution [6]. Its essence is that the material world today merges with virtual, resulting in new cyberphysical complexes that are combined into a single digital ecosystem [7]. Robotted production and "smart" factories are one of the components of the transformed industry [8].

The fourth industrial revolution means increasing automation of all processes and stages of production: from digital design of the product, creating its virtual copy -

to remote setting of equipment at the plant in accordance with the technical requirements for the production of this specific "smart" product [9]. The manufacturer automatically orders the required components in the right amount, controls their delivery, has the opportunity to track the path of the finished product from the warehouse at the factory and store to the end client. But even after the sale, the company does not forget about its product, as it was in the classic model, and controls the conditions of its use, can remotely change the settings, update the software, warn the client about a possible malfunction, and at the end of the cycle of use - to accept the product for utilization [10].

Yes, they are now produced from "smart" teapots and frying pans to smartphones. Last year, Apple launched a program of processing old iPhones: the works dismantle them, remove the most valuable details, which are then used again, and everything else is disposed of, and with the minimum damage to the environment. The concept of "Industry 4.0" is often depicted in the form of a mathematical sign of infinity - it illustrates this endless cycle of interaction of the manufacturer with the product and the client [11].

Principles of industry construction 4.0. The Germans formulated several basic principles for the construction of "Industry 4.0", in compliance with which companies can implement scenarios of the fourth industrial revolution at their enterprises [12].

The first is compatibility, which means the ability of machines, devices, sensors and people to interact with each other through the Internet of Things (IOT) [13].

This leads to the following principle - transparency that appears as a result of such interaction. The virtual world creates a digital copy of real objects, systems, functions that exactly repeats everything that happens to its physical clone. As a result, the most comprehensive information about all the processes that occur with the equipment, "smart" products, production as a whole and so on. To do this, it is necessary to collect all these data from sensors and sensors, as well as from accounting for the context in which they are generated.

Technical support is the third principle of "Industry 4.0". Computer systems help people make decisions through the collection, analysis and visualization of all the information mentioned above. This support can also be a full replacement of people with cars when performing dangerous or routine operations.

The fourth principle is the detailing of management decisions, the delegation of some of them cyberphysical systems. The idea is that the automation is as complete as it is possible: everywhere where the car can work effectively without people's intervention, sooner or later there should be a person's replacement. Employees are given the role of controllers who can join in emergency situations.

The transition of industry to these principles also changes in business models. So, instead of focusing on a savings production, companies seek to introduce a personalized mass product on the principle of Agile and switch to the issue of batches in size into a single product. This retains the principle of savings: robotic production is more energy efficient, it is accompanied by less waste and marriage.

The idea is that automation is as complete as it is possible. Employees are given the role of controllers

The transformation of the production industry is called a revolution precisely because changes are not surface but radical: the industry is restructured from below. Business models are changing, new companies are being born, and worldwide-famous brands with a long history simply disappear if they do not have time to join the ranks of digital revolutionaries. Customers have changed their behavior, they want an individual approach and unique goods.Representatives of the generation of the so -called Native Digital, who grew up in the Internet, are accustomed to the fact that they have opened a whole world of offers: millions of options for T -shirt prints, all shades of jeans, whatever technique and furniture at a distance of one click. They try to emphasize their individual characteristics and express your mood.

Enterprises that are used to producing the same things have to change. The implementation of the 4.0 industry principles allows you to get a number of benefits that have not been available in traditional models of the past. For example, companies can now reach an individual approach and personalize orders according to the personal preference of customers, which rapidly increases their loyalty. Old factories and factories turn into "smart" and begin to produce literally unique products on individual order. This reduces the specific cost of production of a unit of production, companies are able to produce a unique personalized product at the price of a mass standardized product.

For example, today you can, sitting in a cafe on Khreschatyk, download Nike or go to the company's website, choose a model of sneakers, paint them with colors of your favorite football team, pay a purchase and get it in a few weeks. And it will cost $ 120, not taking into account the cost of delivery - no more expensive than the usual non -personalized sneakers of the same company. The manufacturer gets the opportunity to offer customers more unique options for their product, which becomes an additional source of profit and increases the margin of business.

Individual orders can produce both engines, servers, and anything. At the Fujitsu Siemens plant in the German city of Augsburg, computer systems and servers are literally available in one copy for a particular customer.

The cost of producing products on an individual order at an enterprise with a high level of automation is small: if earlier, for each such a couple of sneakers, you would have to handle the equipment manually, now the computer system does it in a few seconds. Tesla plants that produce electric vehicles allowed the company to deploy production not in China but in California. This was cheaper than paying for the work of Chinese workers and transporting ready -made machines. Not only does the fourth industrial revolution change the business of individual companies - it influences the placement of forces at the global level. Who would have thought that the manufacturer of cars that was not ten years old (Tesla was founded in 2008) will be able to overtake the capitalization of the leader of the Second Industrial Revolution, which took place as a result of the invention of the conveyor and the transition to mass production, Ford Motors.

Thanks to new technologies, another well -known manufacturer, Adidas, transferred its production back to Germany. At the new factory, all operations will perform work. It not only optimizes production, but also significantly increases speed.

Resources for change. Not all companies with a long history will experience this wave of digital transformation. 52% of Fortune 500 rating companies in 2000 no longer exist today. But those who can transform will have twice as much winnings: consumers are loyal to the brands they respect and are ready to stay with them if they go to individual format.For example, Harley-Davidson's stocks, after transformation of business in partnership and through the implementation of industry principles 4.0, have increased 7 times in six years. And this is despite the fact that the company has experienced a serious fall in demand for its products due to the economic crisis. You can now order your personal model of the legendary Harley in your favorite colors and get it from the factory within 6 hours.

BrP-Rotax production company was able to establish the production of personalized motors for lightweight aircraft, snowmobiles and karting vehicles. The loyalty of customers who can now receive engines according to their own preferences and for specific needs has grown significantly-as well as BRP-Rotax sales.

The transition to "smart" production, of course, is not so easy. If the company uses an outdated ERP system, it may be a "narrow place" in the implementation of industry principles 4.0. If an individual configuration is required for the production of tens of thousands of finished products, then the volume of data is increasing by several points, and only the information is able to maintain so much information is capable of maintaining so much information. Such as, for example, SAP S/4HANA-new generation ERP system, corporate solution for enterprise resources management.

The system is designed to take into account the latest technologies: support of the Internet of things, machine learning, processing of large volumes of data in RAM. She is able to solve problems that, because of the lack of technology development and unjustifiably high costs of human resources, was difficult to implement.

For example, one of the SAP customers produces one engine every eight seconds on three production lines. In such a complex production, ten thousand material transactions per minute must be performed for the individual order of the client. Thanks to the use of S/4HANA, the company produces the writing off of components in real time without the need for batch processing at the end of each change. This allows every moment to have up-to-date information about the remains of inventory. The system supports the functionality of accurate production planning and the ability to maximize the planning of the logistics network on single basic data and in one system. This significantly increases the accuracy and promptness of planning.

Under the current conditions of the market economy, the issue of proper preparation of available equipment for harvesting works is relevant. The equipment used seasonally (for example, combine harvesters) should be brought to the readiness line no later than 20 days before the start of agrotechnical work.

Under the current conditions of the market economy, the issue of proper preparation of available equipment for harvesting works is relevant.The equipment used seasonally (for example, combine harvesters) should be brought to the readiness line no later than 20 days before the start of agrotechnical work.

Considering the issues of preparation for harvesting grain crops, it should be noted that life persistently indicates the need to solve it in a comprehensive way, namely: with the use of modern, advanced technologies of pre -field training of machines and the latest knowledge of maintenance and repair of machines in the agricultural farms of our country.

Nowadays, the method of repair and service works for refusal is increasingly promoted from the experience of Western countries. In the presence of a wide network of dealership and service regional centers, the implementation of this method can be justified for a wide reservation of basic machines in farms. In the conditions of modern management in our country, the use of the method of repair and maintenance for refusal is unjustified and can lead to catastrophic consequences. The late supply of the necessary spare parts, units and units to the farm will cause simple machines and combines during grain harvesting and loss of crops. Earlier in our country, the planned and service system of repair and maintenance works is the most favorable and most effective. It allows you to put on a line of readiness of grain harvesting equipment and carry out harvesting of cereals without failures - within certain agrotechnical terms.To do this, first of all, it is necessary to put into operation the machines that were used in the harvesting of the harvest last year or written off. It is known that the complex of the main machines for harvesting cereals includes the following: grain harvesters "Lan"; foreign production John Deere; Claas; Case New Holland, etc., as well as vehicles (tractors with trailers and cars) and loads. The state of affairs, which has developed with the preparation of grain harvesting equipment for carrying out harvesting work in many farms, requires from the mechanics of taking urgent measures to accelerate the pace of repair and service work. Further improvement and improvement requires the organization of maintenance of machine-tractor park, as well as performing repair and maintenance work before setting equipment on a line of readiness. An important condition for the preparation of grain harvesting machines for the season is preparation, first of all, a hammer.

The main part of each combine is a threshing unit, the capacity of which depends on the efficiency of the machine. The main defects of the combine threshing drum are: the bitchying, the deformation of the shaft, the violation of balancing, and sometimes the violation of the integrity of the drum. The increase in the threshing unit is mostly affected by the condition of the drum, the bearing units and the dynamic unbalance of the drum itself. During the repair of the threshing unit, a special stand is used, which is equipped with pneumatic and hydraulic tools.

## References

1. Kuzmich I.M., Rogovskii I.L., Titova L.L., Nadtochiy O.V. Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread

mass. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677. P. 052002. https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002.

2. Myhailovych, Y., Rogovskii, I., Korobko, M., Berezova, L. Experimental studies of vibration load of synchronous threaded connections of grain harvester combines. Engineering for Rural Development. 2023. Vol. 22. P. 908–914. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF179.

3. Palamarchuk I., Rogogvskii I., Titova L., Omelyanov O. Experimental evaluation of energy parameters of volumetric vibroseparation of bulk feed from grain. Engineering for Rural Development. 2021. Vol. 20. P. 1761-1767. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF386.

4. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for rural development. 2019. Vol. 18, pp. 291-298. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N451. Scopus

5. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O. Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 924-929.

6. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 884-890. https://doi.org/10.22616/ ERDev.2022.21.TF279.

7. Rogovskii I.L. Model of stochastic process of restoration of working capacity of agricultural machine in inertial systems with delay. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 3, P. 143-150.

8. Rogovskii I.L. Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 3. P. 181-187.

9. Rogovskii I.L., Polishchuk V.M., Titova L.L., Sivak I.M., Vyhovskyi A.Yu., Drahnev S.V., Voinash S.A. Study of biogas during fermentation of cattle manure using a stimulating additive in form of vegetable oil sediment. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020. Vol. 15 (2020). Issue 22 (20th November). P. 2652-2663.

10. Rogovskii I.L., Titova L.L., Gumenyuk Yu.O., Nadtochiy O.V., Technological effectiveness of formation of planting furrow by working body of passive type of orchard planting machine. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 839. P. 052055. https://doi.org/10.1088/ 1755-1315/839/5/052055.

11. Zagurskiy O., Titova L., Rogovskii I. «Green» supply chain as a path to sustainable development. Mechanisms of stimulation of socio-economic development of regions in conditions of transformation. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2019; ISBN 978-83-946765-7-5; pp. 199-213. pp. 330.

12. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137.

13. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138. http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129.

**УДК 631.3:631**

## INVESTIGATION OF PASSING CAPACITY OF COMBINED COMBINES DEPENDING ON AGROBIOLOGICAL STATE

**O. V. SOLOMKA,** Candidate of Technical Sciences, Assistant of Professor
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* solomka@nubip.edu.ua

With the more waters and with the better grass, the grain can be taken, if the threshing is carried out in a short period – here to reach the fullest to overcome.

There are 2 ways of glow for the glow of the grain ones:

• direct combination (single -phase outfit);

• Drilling (two -phase bureau): reinforcement with laying in rolls, picking and threshing rolls.

Personality of direct combinemation in the disadvantageous weather. The stem is after the rain, a sokht, than in the rolls. The grain, which is necessary for the settlement material, and brewery barley will be absorbed by direct combine.

The release of the rabillas only with the bolt of the settlement of the settlement, the unconquered creation and the strong development of the sweeps, and also with the extinguishing of the divorce of the rock crops. The painful beginning of the tires, the falling of the straw and the painful combustion of combines with two -phase Urells are soaked in painful costs, rubbing and dreaming of grain.

In the case of splitting, the grain in the frame in the phase of milk and waxing.

For the optimal threshing solemnity of the grain, the handwriting is necessary:

• Grain is not 14%. Before the gun, the dew will save.

The combustion combines will organize so that the exposure of the technical drying to the expensiveness. Financial expenses on drying, as a rule, meaningfully more than a fitness of finting when submitting combines in non -optimal speeches.• grain is made for a given typing color and a normal value, surface - a great march;

• grain solid and jumper when branched;

• the grains can be released from Kolosiev, but they are still in front of the Krepko sitting in the Kolosi, that without the power of the forces do not get out;

• the jaundice of the straw straw goes into the mud-serving the color;
• Uzla stalk brown color and hard;
• barley straw is easily broken in the upper part of the stem;
• straw rusta is detached when the parts are affected on the shake;
• Wheat stems are often easily broken into their foundations.

When properly shaped, the guns will be minimal.

Winter barley is difficult to absorb culture. The combine gulf is deepened with a break Kolosiev, a germination to the field, a short optimal punch of threshing and gesture. Settlements, as a rule, are very unless. The beginning of the straw of the guns I read, the cogd of the crash of Kolosiev is also weak, it will come in the end of the state, but they break only when grinding.

Yarova barley is an ideal crop for the combine. The glows of the harem are allowed to realize the sortingness of combines. Brewery barley requires a full creation. They absorb the ego, the cogs appear the first beast. Important sparing threshing.

Wheat is also very good for single -phase combustion. The creation of the pain is ranged, than in barley. Wheat is painful to threshing than barley.

The rhyme is so -so -combined with a combine. When apparently, the straw is necessary to read the straw. When painful, the straw and a bolt of the stems are particularly important correctly regulating the combine. The long, unbroken, straw straw is turning around the drum and the threshing. If there is no field, and the weather is allowed, then it can be dressed in the overset of the Sotonia.

Triticale on his own gift to the combine tune is closed. In the field, as in the rust, the non -detachable bundle is needed.

Oats from your own short rock, unharmed straw and sore glywood to the fall-a co-absorbed culture. If you need a variety of peeled parts of the sedates, the slump will absorb differentiated.

When the combine is worn, they cut the rubs to the harvest, at threshing, by straw and when cleansing.

The rubbing when thundering can be enclosed on the uncovered cones behind the combine.

The grains that fall on the combine - the rubbish of the straw, so as it is painful of the frequency of the drum and the dream of the detachment of the drum and the subcorrms can dream the rubs when thrained, but with the straw and straw. The straw straw is peeled on the straw and the purifying installation.

Generally, the transgresses will be squeezed and the bandwidth. In the event of a consequence of the speed of moving the combine, they are embedded and the general rubs of the grain, especially the rubbing of the straw.

However, the mass of mass of straw K Masse of grain, the topics of the robber, the combine is mounted with the rank of grain.

The maximum bandwidth for straw grows with the width of the capture capture. Therefore, with an average stem, regardless of the size of the combine, at an operating speed of the combine of 4 km/h, the quota of grain loss is 1.5%. The higher

the yield of straw and the wetter the grain, the lower the speed of the combine should be, so as not to increase the loss, and vice versa.

The speed of the combine combine and the speed of the motive should be synchronized so that there is no broach or premature impact of motivol.

The speed of the combine will depend on:

• capacity of the combine.
• Foreiness. On lightweight bread, the combine speed can be 1 km/h.
• Western reapers.
• crop yields.
• Plant stands of plants per 1 m2.
• Field clogging with weeds, the availability of lodging.
• Rattle of grain and its moisture.

Studies indicate that the speed of movement of modern grain harvesting combines, in which the machine operator is able to work for a long time, is in the range from 6.5-8 km/h.

Depending on the decrease or increase in grain moisture, you can change the operating speed of the combine and its main nodes in order to achieve the highest performance with the smallest losses. Every 2-4 hours should change the operating speed and number of revolutions of the drum.Wheat drum revolutions:

• drum - 700-800 rpm
• Wind - 650-750 rpm
• gap of tuning at the output of 3-6 mm
• speed at 30 c/ha 4.5-6.4 km/h

Barley:

• drum - 650-750 rpm
• Wind - 550-700 rpm
• gap of tuning at the output of 3-6 mm
• speed at 30 c/ha 3-4.5 km/h

The gap will be made:

• upper 12-16 mm
• Lower 7-12 mm
• extension cord 10-12 mm

Be sure to look at the quality of the threshing in the bunker and behind the combine (preferably without a grinder, since if you are inhibited in straw, then you will not see anything after grinding). Do not allow the crumbs, but not to leave spikelets and a large amount of sex. Based on this, set up:

- If the combine is pike and fine grain, then slow the wind.
- If in the straw is illegal - you need to increase the speed of the drum or squeeze the go -ahead.
- If the loss of grain in the half, then reduce wind speeds or open the sieve and the extension cord.
- weed grain in the bunker - increase wind speeds or cover the upper sieve.

- When crushing, reduce the speed of the drum, open the lower sieve, increase the deck of the deck. The grain can be crushed by worn screws and transporters of inclined cameras.

- The smaller the distance and higher the speed of the drum, the better the beg of the grain, but its crushing is growing. Therefore, a compromise solution is required when choosing a drum rotation frequency of 25 ... 33 m/s.

- The wetter the straw, the less the distance between the drum and the embarrassment should be, and the higher the speed of the drum rotation should be.

-The height of the cut depends on the density of the stem, the height of the plant, etc. But on average it is 10-20 cm.If the volumes are large, and the cleaning must be carried out soon, then you can cut it higher, because The less straw passes, the higher the performance of the threshing (1 cm = 1.5-2%) but not higher than 20-30 cm.

- The speed was controlled to regulate so that it actively supplies the mass in the reaping, but does not live the ears, the height so that the bar touches 2/3 of the height of the plant. If you feel better, then the ends of the rake touch the earth.

- In large areas and, depending on the ground, it is worth giving preference to wide -and -bearing reapers.

**УДК 631.374**

## ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ ДЛЯ РОБОТИ ІЗ ВЕЛИКОГАБАРИТНИМИ ТЮКАМИ

**В. В. ІЩЕНКО**, кандидат технічних наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* ischenkovv@gmail.com

Використання побічної продукції рослинництва, зокрема соломи, як місцевого біопалива у централізованих котельнях дозволяє диверсифікувати постачання енергоносіїв, зменшити споживання газу та скоротити викиди парникових газів. Для енергетичного використання біомаси в комунальній теплоенергетиці необхідна надійна система із заготівлі та постачання біопалива, яка своєчасно та безперебійно забезпечуватиме котельні твердим біопаливом. Для цього застосовують наступні групи обладнання: МТА для підбору та брикетування соломи у тюки; обладнання для завантаження та перевезення тюків соломи на локальний склад; обладнання для перевезення на центральний склад та на оперативний склад котельні; складське обладнання для центрального складу та оперативного складу котельні.

З огляду на високу продуктивність тюкування та мінімальні витрати на логістику найбільшого розповсюдження у біоенергетиці отримала технологія заготівлі соломи у великогабаритних прямокутних тюках. Наступним важливим

етапом є збирання тюків по полю та їх навантаження у транспортні засоби. Для цього нині використовуються чотири групи мобільних навантажувачів: вилкові; фронтальні; телескопічні та трактора з навісними фронтальними навантажувачами.

Таблиця 1. Аналіз використання мобільних навантажувачів для роботи із великогабаритними тюками

| Показник | Вилковий навантажувач | Трактор з навісним фронтальним навантажувачем | Фронтальний навантажувач | Телескопічний навантажувач |
|---|---|---|---|---|
| Максимальна вантажопідйомність, кг | 2000-5000 | 800-1600 | 2500-5000 | 3000-4200 |
| Максимальна висота піднімання, м | 3-5 | 3,2-3,5 | 2,8-3,7 | 6-9 |
| Вантажопідйомність на максимальній висоті, кг | 2000-5000 | 800-1600 | 2500-5000 | 3000-4400 |
| Максимальний вильот, м | - | не менше 0,75 | 1-1,2 | 4 |
| Вантажопідйомність на максимальному вильоті, кг | - | 600 | 2500-5000 | 1000-1500 |
| Максимальна швидкість руху, км/год. | 19-23 | 10-16 | 35-40 | 35-40 |
| Радіус розвороту, м | від 2,2 | від 4,1 | від 4,8 | від 3,7 |
| Маса, т | 3,5-4,7 | 4,8 | 10-16 | 5,6-8,6 |
| Потужність двигуна, к.с. | 55-57 | 80-120 | 100-250 | 85-140 |
| Дорожній просвіт, мм | 110-310 | сер. 465 | сер. 530 | сер. 440 |
| Продуктивність у полі, т/год. | до 5,5 | до 6,9 | до 14 | до 17 |
| Мінімальні витрати палива на тонну соломи, л/т | 1,1 | 1,4 | 0,9 | 0,7 |

Застосування вилкових навантажувачів у польових умовах через низький дорожній просвіт і швидкість до 23 км/год. обмежене, але в умовах складу вони мають багато переваг. Використання трактора з фронтальним навантажувачем дешевий та універсальний варіант, але вимагає більших затрат палива і часу мінімум у 2 рази порівняно із телескопічним навантажувачем, через важкість керування, повільне піднімання тюків, обмеження максимальної висоти

піднімання до 3,5 м, неможливість завантажити декілька тюків масою 460 кг. Фронтальні навантажувачі спеціальне обладнання в основному застосовується роботи із насипним вантажем, але може проводити вантажні операції із тюками на висоті до 2,5–4 м. Найбільш широке застосування для завантаження/розвантаження тюків отримали телескопічні навантажувачі, які можуть піднімати декілька тюків (вантажопідйомність від 2,5 т) на висоту 6–9 м, крім цього вони характеризуються високою маневреністю, легкістю у керуванні, швидкістю пересування до 40 км/год., деякі моделі мають задній причіпний пристрій, що дозволяє використовувати їх для транспортування причепів. Порівняльний аналіз ефективності використання наявних на ринку України мобільних навантажувачів при роботі із великогабаритними прямокутними тюками соломи наведено у табл. 1.

Отже, для роботи у полі і на складах соломи висотою до 9 м доцільно використовувати телескопічні навантажувачі, що забезпечують найбільшу продуктивність збирання та завантаження великогабаритних тюків до 17 т/год, з мінімальними витратами палива 0,7 л/т.

**УДК 631.374**

## НАДІЙНІСТЬ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ АГРОДРОНІВ

**М. О. УМАНСЬКИЙ**, аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* umanskiy@gmail.com

Умови функціонування показують вплив на інтенсивність витрати ресурсу, на технічні та економічні показники агродронів, через зменшення витрат часу та коштів на усунення відмов від простоїв, при скороченні термінів ремонту та мають важливе значення.

Слід визначити значення доремонтного, міжремонтного напрацювань та напрацювання до списання агродронів, критерієм оптимізації яких є мінімальні питомі витрати на їх придбання та експлуатацію. Цільові функції, що визначають оптимальні величини доремонтного та міжремонтного напрацювань, а також напрацювання до списання будуть мати такий вигляд:

$$У(Т_д) = \frac{C_T - S_n + \sum_{i=1}^{4} C_i(Т_д)}{Т_д} \rightarrow min, \quad (1)$$

$$У(Т_M) = \frac{C_T - S_n + \sum_{i=1}^{4} C_i(Т_M)}{Т_M} \rightarrow min, \quad (2)$$

$$У(Т_C) = \frac{C_T - S_n + \sum_{i=1}^{4} C_i(Т_C)}{Т_C} \rightarrow min, \quad (3)$$

де 1, 2, 3, 4 - відповідно витрати на технічне обслуговування, усунення наслідків від відмови, заміну агрегату та ремонт протягом доремонтного, міжремонтного періодів та періоду до списання, грн.; $Т_д$, $Т_M$, $Т_C$- відповідно

доремонтне, міжремонтне напрацювання та напрацювання до списання; $C_T$ - вартість нового агродрону, грн.; $S_n$ - залишкова вартість агродрону, грн.

Вихідний технічний стан агродрону на початку ремонтних періодів і періоду до списання представляється як сукупності усереднених ресурсів механізмів, тобто.

$$\overline{T_j^{\text{д}}}, \overline{T_j^M}, \overline{T_j^C} \quad (4)$$

де $\overline{T_j^{\text{д}}}$, $\overline{T_j^M}$, $\overline{T_j^C}$ - відповідно середні значення доремонтних, міжремонтних ресурсів та ресурсу до списання $j$ - х агрегатів агродрону, год.

Витрати на технічне обслуговування пропорційні з їх планового характеру:

$$C_1(T_{ДМС}) = C_{ТО} \cdot T_{ДМС}, \quad (5)$$

де $C_{ТО}$ – питомі витрати на ТО, грн./м.год.

Облік витрат на усунення відмов та проведення ремонтів здійснюється одночасно у вигляді безперервної функції у проміжку між проведенням ремонтів. Характер цієї функції переважно залежить від рівня експлуатації агродрону. Щоразу під час заміни складової частини агродрону у процесі його ремонту, він частково оновлюється, і це виявляється у деформації кривої напрацювання на відмову, отже, і функції витрат, що знижує її встановлений темпи зростання.

При погіршенні рівня експлуатації, і навіть зміні частки залучення агродронів до виконання енергоємних процесів призводить до збільшення витрати ресурсу, виходу вузлів і агрегатів з ладу, що зумовлює збільшення витрат на усунення відмов. У такому разі витрати на проведення ремонту, втрат від простою та усунення відмов будуть виражатися такою формулою:

$$C_2(T_{ДМС}) = m(T_{ДМС}) \cdot \left[K_{\text{ДМ}}^{\text{пр}} \cdot \text{С}_2^0(T_{ДМС}) + K_{\text{пр}}^{\text{пр}} \cdot \text{З}_{\text{в}} \cdot t(T_{ДМС})\right], \quad (6)$$

де $m(T_{ДМС})$ - кількість відмов у ремонтних періодах; $\text{С}_2^0(T_{ДМС})$ - витрати на усунення наслідків відмов у ремонтних періодах, грн.; $\text{З}_{\text{в}}$ - втрати продукції через годинний простій агродрону внаслідок відмови, грн.; $t(T_{ДМС})$ - тривалість простою через відмову в ремонтні періоди, грн.; $K_{\text{ДМ}}^{\text{пр}}$ - коефіцієнт, що враховує зниження витрат від відмов у доремонтний та міжремонтний періоди зі збільшенням рівня експлуатації агродронів; $K_{\text{пр}}^{\text{пр}}$- коефіцієнт враховує зниження витрати від простоїв зі збільшенням рівня експлуатації агродронів.

При визначенні витрат від простоїв робиться припущення: всі сільськогосподарські роботи виконуються у нормативні терміни та заданому обсязі. У зв'язку з цим можна зробити висновок, що при відмові того чи іншого агродрону він замінюється резервним. Зміст резервного парку можна вважати витратами простоїв. Крім того, у витрати від простоїв входить виплата оператору агродрону в період тривалого простою агродрону. Витрати від простоїв за доремонтний, міжремонтний період до списання визначаються з наступного виразу:

$$C_{\text{пр2}}(T_{\text{ДМС}}) = C_M \cdot \left(A_{\text{від}} + C_x + E_{\text{н}}\right) \cdot Z + 0{,}5 \cdot \gamma \cdot g \cdot T_{\text{Г}}, \quad (7)$$

де $A_{\text{від}}$ – амортизаційні відрахування; $C_x$ - відрахування для зберігання агродрону; $Z$ - кількість несправних агродронів, які припадають на один справний, через відмов; $E_{\text{н}}$ - коефіцієнт сільськогосподарського ефекту; $\gamma$ - частка оплачуваного простою; $g$ - годинна тарифна ставка оператора, грн./год.; $T_{\text{Г}}$ - річна зайнятість оператора, год.

Кількість відмов агродрона окреслюється сума кількостей відмов у доремонтний, міжремонтний періоди і до списання, тобто. за період $T_{\text{ДМС}}$:

$$m\left(T_{\text{ДМС}}\right) = m\left(T_{\text{Д}}\right) + m(T_{\text{М}}) + m(T_{\text{С}}), \quad (8)$$

Кількість відмов агродрону у доремонтному періоді визначається за формулою:

$$m\left(T_{\text{Д}}\right) = \sum_{j=1}^{J} \frac{T_{\text{Д}}}{T_{0\text{Д}j}} + \frac{T_{\text{Д}} \cdot (T_{\text{Д}} - T_{j\text{Д}})}{T_{Mj} \cdot T_{0\text{Д}j}}, \quad (9)$$

де $T_{0\text{Д}j}$ - напрацювання на відмову $j$ - го агрегату у доремонтному періоді, м.год.; $T_{Mj}$ - ресурс $j$ - го обмінного агрегату в міжремонтному періоді, м.год.; $T_{j\text{Д}}$ - ресурс $j$ - го обмінного агрегату в доремонтному періоді, м.год.

Перша частина формули показує кількість відмов, що усуваються ремонтним способом $j$-го агрегату, друга частина формули показує кількість відмов, що усуваються способом заміни $j$- го агрегату. Після заміни $j$ -го агрегату двигуна його міжремонтний стан дорівнює $T_j^M$.

Число можливих відмов агродрону у міжремонтному періоді визначається з виразу:

$$m(T_M) = \sum_{j=1}^{J} \frac{T_M}{T_{0Mj}} + \frac{T_M \cdot (T_M - T_{jM})}{T_{Mj} \cdot T_{0Mj}}, \quad (10)$$

де $T_{0Mj}$ - напрацювання на відмову $j$ - го агрегату у міжремонтному періоді, м.год.

Кількість відмов тракторів у період до списання визначається з виразу:

$$m(T_C) = \sum_{j=1}^{J} \frac{T_C}{T_{0Cj}} + \frac{T_C \cdot (T_C - T_{jM})}{T_{Mj} \cdot T_{0Cj}}, \quad (11)$$

де $T_{0Cj}$ - напрацювання на відмову $j$ - го агрегату в період до списання, м.год.

З урахуванням залежностей (7), (8), (9) формула (6) для оцінки кількості відмов трактора матиме вигляд:

$$m\left(T_{\text{ДМС}}\right) = \sum_{j=1}^{J} \frac{T_{\text{Д}}}{T_{0\text{Д}j}} + \frac{T_{\text{Д}} \cdot (T_{\text{Д}} - T_{j\text{Д}})}{T_{Mj} \cdot T_{0\text{Д}j}} + \sum_{j=1}^{J} \frac{T_M}{T_{0Mj}} + \frac{T_M \cdot (T_M - T_{jM})}{T_{Mj} \cdot T_{0Mj}} + \sum_{j=1}^{J} \frac{T_C}{T_{0Cj}} + \\ + \frac{T_C \cdot (T_C - T_{jM})}{T_{Mj} \cdot T_{0Cj}}, \quad (12)$$

Можна припустити, що міжремонтне напрацювання агродрону залежить тією чи іншою мірою від його технічного стану. Вихідний технічний стан агродрону на початку доремонтного та міжремонтного періодів, періоду до списання характеризується системою показників, які є величинами технічних ресурсів (доремонтного та післяремонтного) його складальних одиниць.

На значення величини технічного ресурсу складальних одиниць агродрона великий вплив мають їх конструктивне виконання, технологічні властивості та виробничі умови, що у свою чергу характеризується природно-кліматичними факторами, диференціацією сільськогосподарських робіт по

агродронах, видами та якістю їх ремонту та обслуговування. Нами постійно уточнюється інформацію щодо технічних ресурсів механізмів агродронів, які працюють у сільському господарстві. Доцільно за отриманими даними здійснювати розрахунок та регулювання значень міжремонтного напрацювання.

**УДК 631.374**

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

**О. Ю. ТИЦЬКИЙ**, аспірант
***Національний транспортний університет***
*E-mail:* tyckiy@gmail.com

Відомо, що сучасна автомобільна електроніка протягом останніх 20 років пройшла суттєве вдосконалення. На зміну аналоговим елементам прийшли цифрові. Мультиплексні системи замінили множинні та розгалужені джгути дротів. Датчики та виконавчі механізми сучасних автомобілів також перетворилися на цифрові пристрої. Однак, як показує вітчизняна статистика, переважна кількість відмов припадає на ці елементи електроніки автомобіля, що підігріває інтерес вчених до дослідження їх надійності, розробки принципово нових діагностичних засобів та комплексів.

Як показує практика діагностування, завдання повного та достовірного діагностування не вирішено. Хоча розроблено та впроваджено на автообслуговуючих підприємствах велику кількість приладів та комплексів. У процесі виробничої роботи науковцями були використані різні діагностичні прилади та комплекси, які виявили серйозні недоліки при отриманні та аналізі діагностичної інформації щодо датчиків масової витрати повітря. Основні з них: 1. Погана пристосованість до діагностування; 2. Низька достовірність діагностування; 3. Неможливість діагностування на рухаючому автомобілі; 4. Висока трудомісткість процесу діагностування; 5. Значна вартість процесу діагностування. Тому пріоритетним напрямком на сьогодні є розробка та впровадження засобу та технології діагностування датчиків масової витрати повітря автомобілів (ДМВП). Комплексний підхід до питання проектування та розробки інструменту для діагностування ДМВП дозволив створити мобільний високоефективний діагностичний засіб для діагностування ДМВП. Недосконаліть методів та засобів діагностування тягне за собою несправність і навіть повну відмову механізмів та систем, що потребують значних ресурсів на їх відновлення. Порівняльний аналіз конкурентних моделей приладу показав необхідність створення приладу, що відповідає вищим вимогам ергономічності та точності [6]. Комплексний підхід до питання проектування та розробки

інструменту для діагностування ДМВП дозволив створити мобільний високоефективний діагностичний засіб для діагностування ДМВП.

Система впуску представлена поряд з послідовними та паралельними елементами. Деякі їх практично не змінюють свої властивості та вихідні параметри в процесі експлуатації, тоді як інші змінюють свій технічний стан безперервно. Для визначення рівня впливу окремих елементів системи впуску розглянемо розрахункову схему процесу подачі повітря через елементи системи впуску рис. 1.

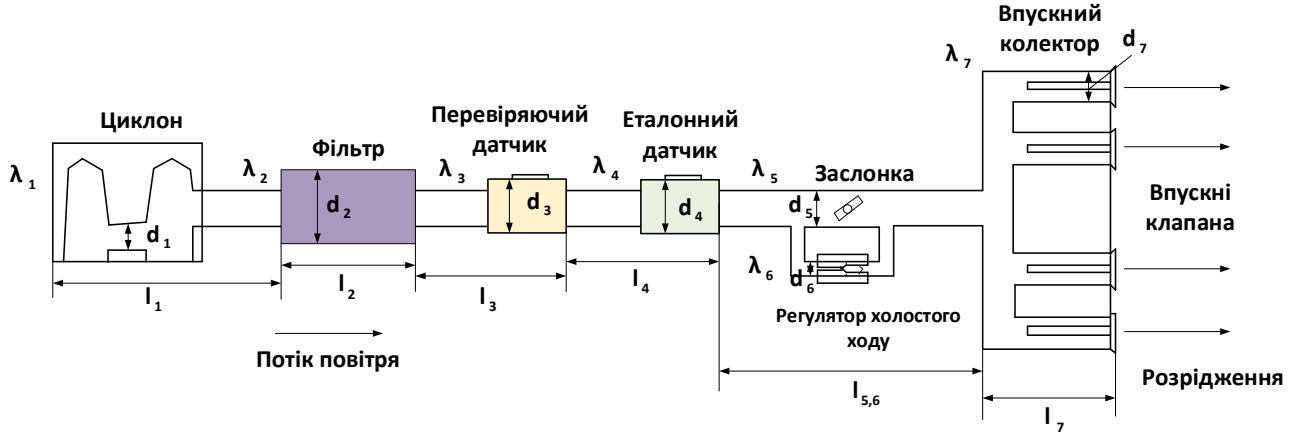



Рис. 1. Розрахункова схема процесу подачі повітря через елементи системи впуску: $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7$ - коефіцієнти Дарсі для ділянок; $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7$ - діаметр ділянки, м; $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7$ - довжина ділянки, м

Так наприклад повітряний фільтр один з елементів, що швидко динамічно змінюються, який у міру забруднення змінює параметри всієї системи. Для визначення його технічного стану пропонується тестовий вплив, який полягає у виведенні ДВЗ на режим роботи на одному циліндрі з повністю відкритою дросельною заслінкою за наявності повітряного фільтра і без нього. Що можна уявити умовою:

$$R = \frac{n_{\text{ПФ}}}{n_{\text{ВФ}}}, \quad (1)$$

де $R$ - ступінь забруднення повітряного фільтра; $n_{\text{ПФ}}$ - частота обертання колінчастого валу ДВЗ за наявності фільтра, хв$^{-1}$; $n_{\text{ВФ}}$ - частота обертання колінчастого валу ДВЗ за відсутності фільтра, хв$^{-1}$.

Чим більший ступінь засмічення повітряного фільтра, тим менша частота обертання колінчастого валу ДВЗ з фільтром по відношенню до частоти без повітряного фільтра. Ця ознака передбачається використовувати визначення технічного стану повітряного фільтра.

Одним із найненадійніших елементів системи впуску є ДМВП, його відмова виявляється в невірному поданні даних щодо кількості повітря МСУД. І досить часто виникають несправності, які дають значне відхилення подачі повітря. При використанні еталонного ДМВП, який встановлюється послідовно штатному, визначимо втрати напору на вході в циліндр і кількість пройденого повітря. Складемо рівняння Бернуллі для потоку повітря у впускному тракті і вирішимо його щодо кількості пройденого повітря, $Q$, отримаємо:

$$Q = \sqrt{\frac{(H_{\text{ВАК}} - H)\cdot 2\cdot g\cdot S^2}{\left(1+\lambda_1\cdot\frac{l_1}{d_1}+\lambda_2\cdot\frac{l_2}{d_2}+\lambda_3\cdot\frac{l_3}{d_3}+\lambda_4\cdot\frac{l_4}{d_4}+\lambda_5\cdot\frac{l_5}{d_5}+\lambda_6\cdot\frac{l_6}{d_6}+\lambda_7\cdot\frac{l_7}{d_7}\right)}}, \quad (2)$$

де: $H_{\text{ВАК}}$ - вакуумметричний стовп розрядження, створюваний зворотно-поступальним рухом поршня, м; $H$ - висота підйому повітря у впускному тракті, м; $g$ - прискорення вільного падіння, м/с$^2$; $S$ - найменша площа перерізу у впускному тракті, м$^2$; $\lambda_1$, $\lambda_2$, $\lambda_3$, $\lambda_4$, $\lambda_5$, $\lambda_6$, $\lambda_7$ - коефіцієнти Дарсі для ділянок: циклону, повітряного фільтра, що перевіряється ДМВП, еталонного ДМВП, дросельної заслінки, регулятора холостого ходу, впускних клапанів; $d_1$, $d_2$, $d_3$, $d_4$, $d_5$, $d_6$, $d_7$ - діаметр ділянок: циклону, повітряного фільтра, що перевіряється ДМВП, еталонного ДМВП, дросельної заслінки, регулятора холостого ходу, впускних клапанів, м; $l_1$, $l_2$, $l_3$, $l_4$, $l_5$, $l_6$, $l_7$ - довжина ділянок: циклону, повітряного фільтра, що перевіряється ДМВП, еталонного ДМВП, дросельної заслінки, регулятора холостого ходу, впускних клапанів, м.

Введення у впускний тракт еталонного ДМВП відіб'ється деяким збільшенням опору, визначимо, як зміниться подача повітря через ДМВП при цьому. Відомо, що розрядження у впускному колекторі змінюється залежно від представленого на рис. 2.

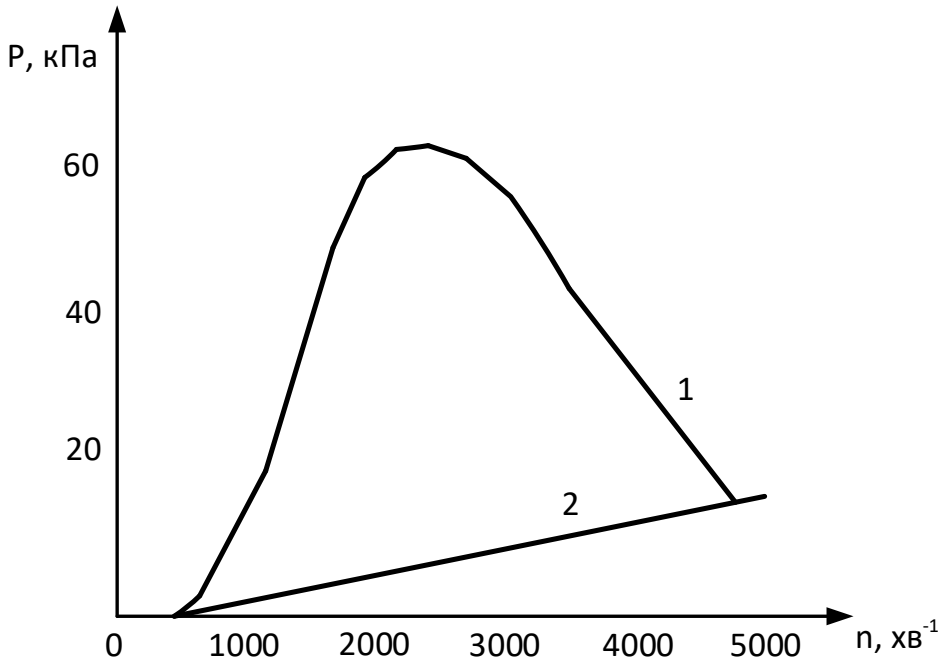



Рис. 2. Залежність зміни розрядження у впускному колекторі від навантаження та частоти обертання: 1 Часткове навантаження; 2 Повне навантаження

Підставляючи вираз (2) для двигуна ТА69W0: $H_{\text{ВАК}} = 3415$м, $H = 5$м, ].$g = 9{,}8$м/с$^2$; $S = 1{,}963 \cdot 10^{-3}$ м$^2$, $\lambda_1 = 0{,}4$, $\lambda_2 = 3$, $\lambda_3 = 0{,}02$, $\lambda_4 = 0{,}02$, $\lambda_5 = 0{,}05$, $\lambda_6 = 0{,}4$, $\lambda_7 = 0{,}02$, $d_1 = 0{,}1$м, $d_2 = 0{,}1$ м, $d_3 = 0{,}1$ м, $d_4 = 0{,}1$м, $d_5 = 0{,}1$м, $d_6 = 0{,}01$м, $d_7 = 0{,}04$м, $l_1 = 0{,}2$м, $l_2 = 0{,}2$м, $l_3 = 0{,}12$м, $l_4 = 0{,}12$м, $l_5 = 0{,}2$м, $l_6 = 0{,}2$м, $l_7 = 0{,}1$м, отримаємо $Q$=620 кг/год. За відсутності еталонного ДМВП $Q = 621$кг/год. Тобто. при максимально можливому розрядженні у впускному колекторі додавання еталонного ДМВП відіб'ється у зниженні

подачі повітря на 0,16%, що вкрай незначно і знаходиться в межах величини похибки ДМВП . Набагато більший вплив на кількість подаючого повітря, має підвищений опір повітряного фільтра. Так керуючись і підставляючи значення коефіцієнтів опору отримали залежність зміни величини подаючого повітря, від опору повітряного фільтра рис. 3.

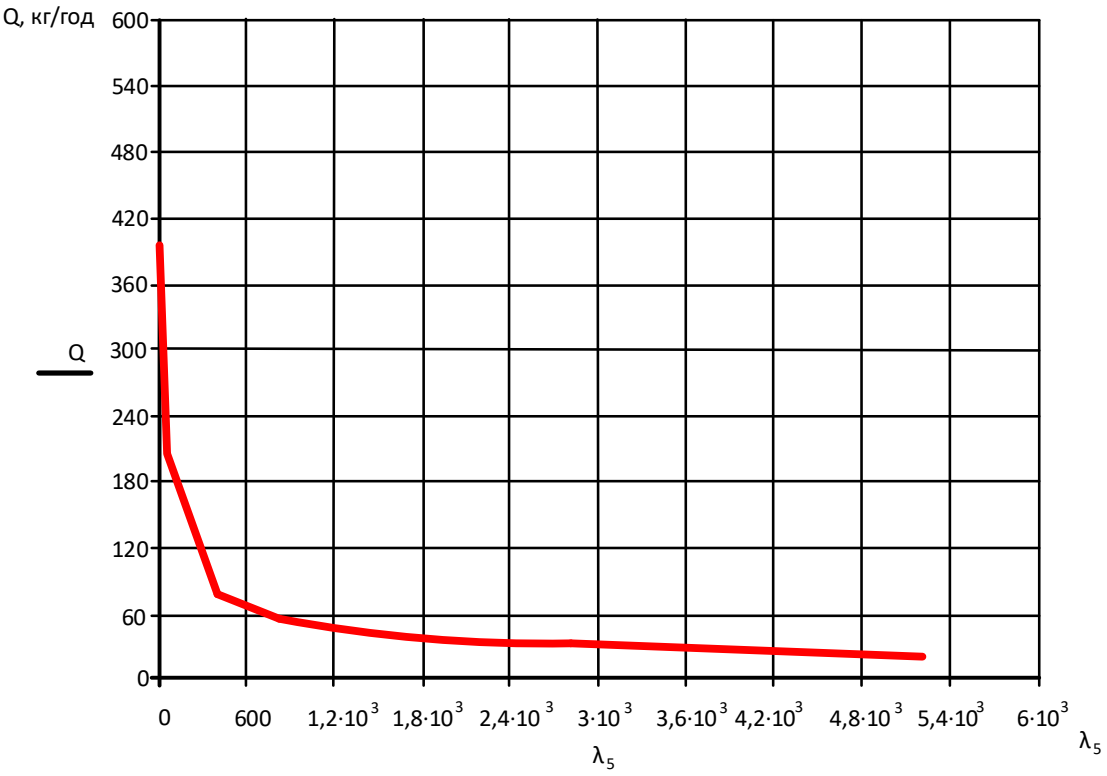



Рис. 3. Залежність величини подаючого повітря, $Q$, кг/год від опору повітряного фільтра $\lambda_5$

З представленої рис. 3. залежності видно наскільки висока чутливість зміни подачі повітря до зростання опору. Так із зростанням опору від 0,05 до 52,6 подача повітря змінилася з 620 до 205 кг/год. При такій зміні опору фільтра виникають серйозні провали в роботі ДВЗ та зниження потужності. Подальше зростання опору фільтра з 52,6 до 760 викликає зниження кількості повітря з 205 до 57 кг/год, що викликає зупинку ДВЗ та неможливість його роботи.

**УДК 631.374**

# ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСПОРТНО-ЗБИРАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗЕРНОВОГО ЗБІЖЖЯ

**О. А. ВОРОНКОВ**, аспірант
***Фаховий коледж інженерії, управління та землевпорядкування Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут»***
*E-mail:* voronkov@gmail.com

В даний час відомі виробничі та технічні експлуатації транспортно-збиральних комплексів [1]. Виробнича експлуатація транспортно-збиральних комплексів пов'язана із факторами виконання сільськогосподарських робіт [2]. Технічна експлуатація – це період експлуатації, при якому здійснюється підтримка техніки у працездатному стані, проведення заходів, таких як організаційних, технологічних, технічних та інших.

Приймання, транспортування та обкатка машин, профілактичне технічне обслуговування, зберігання, заправка, експлуатаційний ремонт, а також постачання матеріалів і запасних частин є основними факторами технічної експлуатації [3]. Виробнича експлуатація визначається: технологією сільськогосподарських робіт у сільському господарстві, комплектуванням та організацією робіт агрегатів, плануванням складу та управлінням транспортно-збиральних комплексів, що характеризують виробничі умови [4]. Під станом експлуатації слід розуміти сукупність чинників які впливають на процес експлуатації тракторів які у взаємозв'язку друг з другом [5].

Від стану технічного обслуговування, ремонтної бази, якості очищення та заправки оливи та палива, якості зберігання сільгоспмашин, рівня професіоналізму механізаторів, які обслуговують агрегат, залежить і рівень їх експлуатації [6]. Розрізняють два основні напрями для оцінки стану експлуатації. Перше - за показниками якості виготовленого чи відремонтованого механізму, друге - за показниками технологічних процесів [7]. Оцінювати стан експлуатації за вихідним результатом більш прийнятно з погляду оцінювання «за кінцевим результатом»; справді у своїй підтверджується як якість аналізованого процесу, а й якість інших - виготовлення, відновлення тощо [8]. Визначати стан експлуатації за якістю виконання операцій більш доцільно, оскільки при цьому одночасно виявляються причини, що призводять до його зменшення [9].

У зв'язку з цим далі аналізуються роботи другого напряму. Другий напрямок можна охарактеризувати двома методами: методом статистичної обробки, та методом максимальних та середніх значень [10]. Оскільки перший метод достовірний лише періоду проектування (конструювання), то приймається другий метод, виражається залежностями, оцінюють як якість

готових виробів, а й якість технологічного процесу проектування (виготовлення) [11]. В результаті підсумкова формула виглядає так:

$$G_i = \frac{(K_i - K_i^o)^{-1}}{\sum(K_i - K_i^o)^{-1}}, \quad (1)$$

де $K_i$ – нормальне значення $i$-го показника, що визначається як середньостатистичний для виробу, що задовольняє нормативним вимогам; $K_i^o$ - максимальне допустиме значення, менше якого $i$ −ий показник знизитися не може.

Оцінюючи процес виготовлення, ми використовували комплексний безрозмірний показник, отриманий для складання всіх узагальнених показників якості заходів щодо організації технологічних процесів та їх проведення, з урахуванням коефіцієнтів їх вагомостей. У загальному вигляді вираз виглядає так:

$$K_K = \sum_1^{N_1} K_{\text{ЯТО}} \cdot \mu_1 + \sum_1^M K_{\text{ТП}i} \cdot m_i, \quad (1)$$

де $K_{\text{ЯТО}} = \sum_1^{N_1} K_e \cdot m_e$ - якість $i$ -х технологічних операцій; $K_e$, $m_e$ - поодинокий показник е-го властивості технологічної операції та його вагомість; $N_2$ - кількість поодиноких показників якості технологічної операції; $M_i$ - вагомість $i$-ї технологічної операції; $N$ - кількість $i$ -х технологічних операцій; $K_{\text{ТП}i}$ $m_i$ - поодинокі показники технологічного процесу та їх вагомості; $N_i$ - кількість поодиноких показників якості технологічного процесу.

Формула (2) показує якість здійснення технологічних процесів залежно від якості технологічних операцій. До цих показників можна віднести стан технологічного обладнання та машин, кваліфікацію інженерно-технічних працівників та обслуговуючого персоналу, систему стимулювання цих працівників. Для визначення стану експлуатації тракторів у роботі використовується такий вираз:

$$K_o = \frac{\sum_{j=1}^5 (K_{rj} - \varphi_j)}{0{,}95 \cdot \sum_{j=1}^5 \varphi_i}, \quad (3)$$

де $K_{rj} = \sqrt[\Pi]{\Pi^n \cdot d_i}$ - приватний показник стану експлуатації $j$-го узагальненого фактора; $d_i$ - значення $i$ -го визначального чинника в залежності від рівня його реалізації в експлуатації; $n$ - число визначальних факторів для $j$ -го узагальненого фактора; $\varphi_j$ - вага $j$ -го узагальненого фактора.

Як видно, у цій роботі та у працях літературних джерел оцінка узагальненого фактора визначена середнім геометричним значенням усіх його факторів. Оцінка значення кожного визначального чинника, у разі визначається шляхом порівняння його фактичного значення з певними фіксованими рівнями, ми застосували чотирьох бальну систему оцінки, у якій бали мають однакові значення: 0,95; 0,76; 0,50; 0,24. При аналізуванні праць, було не враховано, що узагальнені чинники мають різноманітний вплив на стан експлуатації техніки, тобто, не враховані ступеня впливу чинників природно-кліматичних виробничих умов. У працях видатних вчених приділяється велика увага якості зберігання техніки, проте на довгостроковому зберіганні техніка знаходиться рідко. Тому ступінь представленого фактора в роботі дещо перевищено. Таким

чином, перелік узагальнених факторів та оцінка ступеня їхнього значення потребують уточнення. У роботі [3] стан експлуатації техніки визначалася шістьма узагальненими факторами: рівнем технічного обслуговування; рівнем поточного ремонту; підготовленістю механізаторських кадрів; забезпеченістю підприємств матеріальними та технічними засобами та кадрами; ступенем організацією експлуатації тракторів; технічного обслуговування та ремонту. Визначення стану будь-якого узагальненого чинника передбачає формування та оцінку його чинників. При оцінці рівнів факторів, було використана трибальну систему оцінки, при цьому бали дорівнювали: 1,00; 0,75; 0,31. Питома вага узагальненого і визначального чинника при ранжируванні для низки 1,2,3,4,5 і т.д. відповідно дорівнюють: 1; 1; 0,75; 0,50; 0,31 і т.д. Для визначення узагальненої частки чинника необхідно помножити на питому вагу чинника з його порядковим номером і числовою характеристикою, визначальний рівень фактора.

Для визначення стану експлуатації транспортно-збиральних комплексів у господарстві пропонується така формула:

$$У_{е} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \varphi_{фі}}{\sum \varphi_{фв}}, \quad (4)$$

де: $\varphi_{фі}$ і $\varphi_{фв}$ - узагальнені питомі ваги $i$ -го визначального фактора, що відповідають фактичному та високому рівню експлуатації тракторів; $n$ - загальна кількість аналізованих факторів.

Для визначення стану експлуатації транспортно-збиральних комплексів у господарстві використовуємо формулу виду:

$$K_{ет} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \varphi_i \cdot K_i}{\sum_{i=1}^{n} \varphi_i}, \quad (5)$$

де $\varphi_i = \frac{i}{2^{i-1}}$ - значення нормуючої функції для $i$ -го узагальненого фактора; $n$ - число узагальнених факторів.

При розрахунку зроблено припущення аналогічного характеру, у свій стан експлуатації транспортно-збиральних комплексів визначається з виразу:

$$K_{е} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \varphi_i \cdot \sum_{j=1}^{M} K_{ij}}{\sum_{i=1}^{N} \varphi_i \cdot \sum_{j=1}^{M} K_{maxij}}, \quad (6)$$

де $K_{maxij}$ – максимально можливе значення факторів; $K_{ij}$ - чисельне значення $i$ - ого фактора, що визначає j-ий фактор; $N$ - число основних факторів; $M$ - число факторів, що визначають основний фактор.

Зробивши аналіз наявних методик оцінки стану експлуатації транспортно-збиральних комплексів, виводимо такі висновки:

- для визначення вагомостей факторів, вчені керуються підсумками опитування експертів або показниками функцій, що нормують. Можливий вплив природно-кліматичних та виробничих умов на рівень експлуатації не враховується;
- пропонуються всілякі комплекти факторів, які характеризують технічні умови, проте в цьому випадку питома вага факторів, що визначають організаційні умови не значний, що знижує можливість отримання об'єктивних даних. Виходячи з цього, необхідно розробити методику визначення

вагомостей факторів та стану експлуатації транспортно-збиральних комплексів.

**Список використаних джерел**

1. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for rural development. 2019. Vol. 18, pp. 291-298. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N451. Scopus

2. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O. Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 924-929.

3. Myhailovych, Y., Rogovskii, I., Korobko, M., Berezova, L. Experimental studies of vibration load of synchronous threaded connections of grain harvester combines. Engineering for Rural Development. 2023. Vol. 22. P. 908–914. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF179.

4. Rogovskii I.L. Model of stochastic process of restoration of working capacity of agricultural machine in inertial systems with delay. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 3, P. 143-150.

5. Zagurskiy O., Titova L., Rogovskii I. «Green» supply chain as a path to sustainable development. Mechanisms of stimulation of socio-economic development of regions in conditions of transformation. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2019; ISBN 978-83-946765-7-5; pp. 199-213. pp. 330.

6. Palamarchuk I., Rogogvskii I., Titova L., Omelyanov O. Experimental evaluation of energy parameters of volumetric vibroseparation of bulk feed from grain. Engineering for Rural Development. 2021. Vol. 20. P. 1761-1767. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF386.

7. Rogovskii I.L., Titova L.L., Gumenyuk Yu.O., Nadtochiy O.V., Technological effectiveness of formation of planting furrow by working body of passive type of orchard planting machine. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 839. P. 052055. https://doi.org/10.1088/ 1755-1315/839/5/052055.

8. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 884-890. https://doi.org/10.22616/ ERDev.2022.21.TF279.

9. Kuzmich I.M., Rogovskii I.L., Titova L.L., Nadtochiy O.V. Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677. P. 052002. https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002.

10. Rogovskii I.L. Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 3. P. 181-187.

11. Rogovskii I.L., Polishchuk V.M., Titova L.L., Sivak I.M., Vyhovskyi A.Yu., Drahnev S.V., Voinash S.A. Study of biogas during fermentation of cattle manure using a stimulating additive in form of vegetable oil sediment. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020. Vol. 15 (2020). Issue 22 (20th November). P. 2652-2663.

**УДК 631.374**

## СЕЗОННА БЕЗВІДМОВНІСТЬ САМОХІДНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ

**І. С. ЛЮБЧЕНКО**, аспірантка
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* luibchenko@gmail.com

Ефективність та надійність експлуатації самохідних обприскувачів суттєво залежить від оптимальних значень тривалості експлуатації нової техніки та техніки після капітального ремонту [1]. Надійність техніки в процесі експлуатації залежить від досконалості конструкції, якості виготовлення та якості ТО при її експлуатації та зберіганні [2]. У разі своєчасного та якісного технічного обслуговування техніки гарантовано його нормальні показники експлуатації та їх надійності [3]. Як показує практика, відомі випадки порушення термінів проведення обслуговуючих робіт, порушення технології робіт та технічних вимог під час їх виконання [4]. Підставою такого зневажливого ставлення до технічного обслуговування техніки, в основному показує, так званий, «неявний» непрацездатний стан техніки, тобто техніка, може продовжити роботу, але вже неефективно, а подальше використання цієї техніки призведе до раптового зростання відмов та додаткових витрат з їхньої ліквідацію [5]. Отже, система технічного обслуговування та ремонту техніки має нести запобіжний характер [6]. Величезний плюс даної системи, її плановість, яка дає можливість завчасно дізнатися про терміни проведення ремонту та обслуговування та необхідні для цього кошти, матеріали та кількості виконавців.

Сумарні питомі витрати відображають: збільшення продуктивності техніки, виражену сумарною напрацюванням, а збільшення надійності та довговічності – через витрати на ремонт та витрати від простоїв.

Діяльність Дж.С.Тейлора, однією з перших виконується завдання визначення оптимального терміну служби техніки, де мінімізується таке вираз:

$$П = \frac{S_0 \cdot (1-P)^n - S_n + \sum_1^n (1+P)^{n-1} - Q_i}{\sum_1^n (1+P)^{n-1} - T_i} \rightarrow min, \quad (1)$$

де П – наведене значення питомих витрат, грн./м.год.; $S_0$ - ціна нової машини, грн.; $S_n$ - залишкова вартість машини наприкінці $i$ -го року, грн.; $Q_i$ - експлуатаційні витрати, що включають усунення несправностей та ремонт у $n$ -

й рік, грн.; $T_i$ - напрацювання машин у $i$ -й рік експлуатації, м.год.; $P$ - відсоток на капітал.

У цьому зміна витрат несе дискретний характер, де вони вказуються окремо щороку. І тому щодо n, відповідного мінімальному виразу (1), елементарніше безпосередньо обчислювати питомі витрати з виразу (1) для $n = 1,2$ ... т.д. доти, доки «П» не припинить знижуватися. Якщо у формулі (1) $p = 0$, отже не враховується вплив різночасності витрат, то дана формула набуде вигляду поширеного співвідношення:

$$П = \frac{S_0 - S_n + \sum_1^n Q_i}{\sum_1^n T_i} \to min, \quad (2)$$

Саме в такому стані ця модель застосовувалася багатьма вченими. Проте, відмови від обліку різночасності витрат піддаються до помилок. Стосовно техніки, представлене питання найбільш глибоко розглядатиметься у запропонованій залежності для знаходження оптимального терміну служби:

$$t = \sqrt[\delta]{\frac{A}{C(\delta - 1)}}, \quad (3)$$

де $C$ - постійний для даної машини коефіцієнт, що визначає вихідну норму прогресуючих витрат та втрат; $\delta$ - показник зростання витрат та втрат у міру старіння самохідних обприскувачів; $A$ - витрати на придбання самохідних обприскувачів а, грн.

Проте, у цій залежності не враховується різночасність витрат. У роботі пропонується проводити оцінку технічного стану самохідних обприскувачів:

$$\sum_{i=1}^n J_i \cdot \frac{R_{oi}}{\overline{T_i}}, \quad (4)$$

де $n$ -число розглядаємих елементів самохідних обприскувачів, шт.; $\overline{T_i}$ - середній ресурс $i$ -го елемента, м.год; $R_{oi}$ - залишковий ресурс $i$ -го елемента, м.год.; $J_i$ - коефіцієнт, що оцінює вагомість $i$-го елемента за сумою витрат на його ремонт у загальному балансі витрат на самохідні обприскувачі.

Проаналізувавши і порівнявши цю величину з раніше обчисленим оптимальним значенням оцінки технічного стану самохідних обприскувачів $R_o$ робиться висновок про необхідність того чи іншого ремонтного впливу.

У запропонованій методиці залежності детерміновані, оскільки міжремонтне напрацювання визначалося з урахуванням різних груп вікових груп самохідних обприскувачів з використанням статистичного методу, де враховується терміни служб найменш довговічного агрегату та за мінімальними питомими витратами, у реальних умовах терміни служби є величини випадкові.

Зводимо до мінімуму функцію виду:

$$П = U + R + F + Q + E_n \cdot K, \quad (5)$$

де $U$ - частина вартості самохідних обприскувачів, що припадає на обсяг роботи, виконаної за цикл, грн.; $R$ - витрати на ТО і ремонту ($R = a \cdot W^a$), грн.; $F$ - втрати від зниження продуктивності старіючих самохідних обприскувачів, грн.; $K$ - капіталовкладення, приведені до річної розмірності за допомогою коефіцієнта ефективності, грн.

Виконавши рішення рівняння (5), ми отримали залежності знаходження оптимальних доремонтних і міжремонтних напрацювань самохідних обприскувачів. Однак, у цих залежностях також не враховується умова експлуатації. У дисертаційній роботі визначають оптимальний ресурс виходячи із вартості та якості ремонтів. Проте умови експлуатації не враховувалися.

З проведеного аналізу, можна зробити такі висновки: щодо термінів ремонту та служби самохідних обприскувачів, що науковцями не враховувалися умови експлуатації техніки і під час сільськогосподарських робіт, тобто, умов функціонування. У зв'язку з цим експлуатація розглядається як процес, який і не залежить від діяльності людини та є некерованим. При визначенні оптимальних значень та термінів служби необхідно враховувати умову функціонування техніки та розробити заходи щодо їх підвищення.

## Список використаних джерел

1. Любченко І. С., Роговський І. Л. Аналітичні положення впливу повноти технічного контролю на безвідмовність самохідних обприскувачів. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів. 2021. Вип. 1(43). С. 14-21. https://doi.org/10.32845/msnau.2021.1.3.

2. Любченко І. С., Роговський І. Л. Аналітичні положення впливу ймовірності зміни параметрів технічного контролю на безвідмовність самохідних обприскувачів. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів. 2021. Вип. 2(44). С. 81-21. https://doi.org/10.32845/msnau.2021.2.16.

3. Любченко І. С., Роговський І. Л. Аналітичність коефіцієнта технічної готовності самохідних обприскувачів за змінного сезонного наробітку. Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій. XXI Міжнародна наукова конференція, смт. Дослідницьке, Україна, 22 вересня 2021 року: тези конференції. Дослідницьке. 2021. С. 71-75.

4. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Safety measures in recovery of self-propelled sprayers. OSHAgro – 2021. I Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 30 вересня 2021 року: тези конференції. Київ. 2021. С. 154-157.

5. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. System engineering of self-propelled sprayers of Ukraine. Actual problems of practice and science and methods of their solution. IV International Scientific and Practical Conference, Milan, Italy, January 28, February 2, 2022: conference abstracts. Milan. 2022. P. 588-594.

6. Lyubchenko I. S., Rogovskii I. L. Fuzzy system for evaluating the efficiency of self-propelled sprayers. Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь. VIII Всеукраїнська науково-практична конференція. м. Житомир, Україна, 6 квітня 2022 року: тези конференції. Житомир. 2022. С. 40-42.

**УДК 631.374**

# ВИРОБНИЧА ЕКСПЛУАТАЦІЯ В СИСТЕМІ ДІАГНОСТУВАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

**О. В. ШВИДУН**, аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* shvydun@gmail.com

Одним із важливих моментів при оцінці рівня експлуатації зернозбиральних комбайнів є складання переліку узагальнених та визначальних факторів, а також визначення їх вагомостей, які найбільш повно відображають умови функціонування зернозбиральних комбайнів. Виходячи з літературного аналізу, вагомості факторів, можна визначити за допомогою експертного опитування та розрахункового методу. Рівень експлуатації зернозбиральних комбайнів впливає на показники надійності (коефіцієнт готовності, напрацювання на відмову і т.д.), у зв'язку з цим визначивши залежності між показниками надійності та узагальненими факторами, обчислюємо ступінь впливу кожного фактора на вихідний показник, на витрати ресурсу, на напрацювання на відмову. Щоб визначити вагомість факторів, ми пропонуємо скористатися методами експертного опитування та теорії математичної статистики. Показники надійності вибираються виходячи з обчислень, мають максимальні значення зміни зі збільшенням фактичного значення диференціації сільськогосподарських робіт з зернозбиральних комбайнів і чинників технічної експлуатації на 1%. Для проведення регресійного аналізу первинні дані необхідно подати у вигляді матриці:

$$\begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1j} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & \dots & d_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{i1} & d_{i2} & d_{i3} & \dots & d_{ij} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \\ \dots \\ P_i \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де $P_i$ - витрата ресурсу $i$ - го зернозбирального комбайну, м.год, $d_{ij}$ - частки $i$ - ой групи сільськогосподарських робіт, виконаний $j$-им зернозбиральним комбайном,%.

Виводиться рівняння регресії виду:

$$a_1 d_1 + a_2 d_2 + \dots + a_i d_i = P, \quad (2)$$

де $a_i$ - коефіцієнти регресії $i$ - ой групи сільськогосподарських робіт.

Використовуючи рівняння (2), можна визначити ступінь впливу груп сільськогосподарських робіт $b_i$ на вихідний показник $P$:

$$b_i = \frac{\overline{d_i} a_i}{\sum_{i=1}^{m} \overline{d_i} a_i}, \sum_{i=1}^{m} d_i = 1, \quad (3)$$

де $b_i$ - вагомість $i$ - ой групи сільськогосподарських робіт; $\overline{d_i}$ - середньоарифметичне значення частки $i$-ой групи сільськогосподарських робіт.

Рівень диференціації визначаються за такою формулою:

$$P_{\text{д}} = \sum_{i=1}^{m} \frac{d_i b_i}{b_1} Z_1, \quad (4)$$

де: $P_{\text{д}}$ - рівень диференціації груп сільськогосподарських робіт по зернозбиральним комбайнам; $d_i$ - частка $i$-ой групи сільськогосподарських робіт у загальному обсязі робіт на плановий період; $b_i$ - вагомість $i$-ої групи сільськогосподарських робіт; $b_1$ - вагомість технологічної операції «роботи 1-ої групи»; $Z_1$ - вагомість узагальненого фактора «Диференціація сільськогосподарських робіт по зернозбиральним комбайнам».

Таким чином пропонується розрахунковий метод визначення вагомостей технологічних операцій, що враховує умови виконання сільськогосподарських робіт. При застосуванні емпіричного методу рівень диференціації знаходиться безпосередньо із залежності, встановленої на підставі проведених досліджень.

Значення складових емпіричної залежності можна знайти, ґрунтуючись на розрахунках за такою формулою:

$$\text{П} = f(\overline{P_{\text{д}}} + \frac{\overline{P_{\text{д}}}}{100}), \quad (5)$$

де П - вихідний показник – інтенсивність витрати ресурсу, напрацювання на відмову та ін; $\overline{P_{\text{д}}}$ - фактичне значення рівня диференціації сільськогосподарських робіт по зернозбиральним комбайнам.

При знаходженні вагомостей факторів технічної експлуатації слід провести регресійний аналіз, у зв'язку з цим первинні дані необхідно подати у вигляді матриці:

$$\begin{pmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} & \cdots & \varphi_{1j} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \varphi_{23} & \cdots & \varphi_{2j} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \varphi_{i1} & \varphi_{i2} & \varphi_{i3} & \cdots & \varphi_{ij} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_{01} \\ T_{02} \\ \cdots \\ \cdots \\ T_{0i} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

де $T_0$ - напрацювання на відмову зернозбиральних комбайнів, м.год.; $\varphi_{2j}$, $\varphi_{2j} \ldots \varphi_{ij}$ - рівні $i$- х визначальних факторів, що входять до $j$-ий узагальнений фактор.

Виводиться рівняння регресії виду:

$$b_{1j}\varphi_{2j} + b_{2j}\varphi_{2j} + \cdots + b_{ij}\varphi_{ij} = T_0, \quad (7)$$

де $b_{ij}$ - коефіцієнти регресії $i$- х визначальних факторів, що входять в $j$ - ий узагальнений фактор.

Використовуючи рівняння (7), можна визначити рівень впливу кожного визначального фактора $\varphi_1$, $\varphi_2$, …$\varphi_i$, на вихідний показник $T_0$:

$$k_{ij} = \frac{\overline{\varphi_{ij}} b_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} \overline{\varphi_{ij}} b_{ij}}, \sum_{i=1}^{m} k_{ij} = 1, \quad (8)$$

де $k_{ij}$ - вагомість $i$ - го визначального фактора, що входять у $j$ -ий узагальнений фактор; $\overline{\varphi_{ij}}$ - середньоарифметичне значення рівня $i$-го визначального фактора, що входять до $j$ - ий узагальнений фактор; $b_{ij}$ - коефіцієнт регресії $i$- го визначального фактора, що входять в $j$ - ий узагальнений фактор.

Рівні узагальнених факторів визначаються для кожного господарства за такою формулою:

$$P_j^0 = \sum_{i=1}^{m} \varphi_i \, k_i, \tag{9}$$

де $P_j^0$ - рівень $j$ - го узагальненого фактора.

Для визначення вагомостей узагальнених факторів, аналогічно обчисленню вагомостей визначальних факторів, складається матриця:

$$\begin{pmatrix} P_{11}^0 & P_{12}^0 & \dots & P_{1j}^0 \\ P_{21}^0 & P_{22}^0 & \dots & P_{2j}^0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1}^0 & P_{n2}^0 & \dots & P_{nj}^0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_{01} \\ T_{02} \\ \dots \\ \dots \\ T_{0i} \end{pmatrix}, \tag{10}$$

Після проведення багатофакторного аналізу вагомості узагальнених факторів визначаються за такою формулою:

$$Z_j^0 = \frac{B_j \overline{P_j^0}}{\sum_{j=1}^{F} B_j \overline{P_j^0}}, \sum_{j=1}^{F} Z_j^0 = 1, \tag{11}$$

де $\overline{P_j^0}$ - середньоарифметичне значення рівня $j$ - го узагальненого фактора; $B_j$ - коефіцієнт регресії $j$ -го узагальненого фактора; $F$ - кількість узагальнених факторів.

Рівень технічної експлуатації зернозбиральних комбайнів у господарствах виходить з виразу:

$$P_{\text{те}} = \sum_{j=1}^{F} Z_j \, P_j^0, \tag{12}$$

Рівень експлуатації зернозбиральних комбайнів у господарстві виходить з виразу:

$$P_{\text{е}} = P_{\text{д}} + P_{\text{те}}, \tag{13}$$

В результаті нами розроблено метод, заснований на розрахунку значень вагомостей факторів, що враховують умови експлуатації зернозбиральних комбайнів у господарствах. Складові емпіричної залежності визначаються виходячи з розрахунку за цією формулою:

$$\text{П} = f(\overline{P_{\text{е}}} + \frac{\overline{P_{\text{е}}}}{100}), \tag{14}$$

де П - вихідний показник - річне напрацювання, кількість відпрацьованих машиноднів, машинозмін та ін.; $\overline{P_{\text{е}}}$ - фактичний рівень експлуатації зернозбиральних комбайнів в господарствах.

З даних обчислень необхідно вибрати показники використання, які мають максимальні значення зміни. При цьому збільшення фактичного рівня експлуатації має бути один відсоток.

**УДК 631.374**

# РІВЕНЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АГРОТЕХНІКИ В СИСТЕМІ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

**І. М. СІВАК**, кандидат технічних наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* sivakim@gmail.com

Рівень експлуатації оцінюється для того, щоб зрештою провести розробку та впровадження заходів щодо його підвищення.

Для того, щоб краще уявити стан усіх узагальнених факторів та раціонального здійснення заходів щодо збільшення рівня експлуатації, необхідно всі визначальні фактори в співвідношенні з однією з груп, що показують їхню здійсненність (табл. 1).

Перша група містить у собі визначальні чинники, підвищення рівнів яких потрібно підвищення трудовий дисципліни, оскільки ці чинники, найчастіше, залежить від інженерно-технічних працівників, від своїх відповідального і якісного виконання своїх обов'язків.

У другій групі перебувають чинники, підвищення рівнів яких вимагає проведення якісних, організаційних заходів.

Третя група містить чинники, підвищення яких потребує капіталовкладень.

Збільшення рівня експлуатації слід проводити у 2 етапи. Перший етап містить у доведенні рівнів факторів першої та другої груп до рівнів факторів третьої групи. У другому етапі додатково здійснюються капіталовкладення, внаслідок чого рівні факторів третьої групи наводяться до нормативного значення. Після цього підвищують рівень факторів 1 і 2 групи.

Для швидкого збільшення рівня експлуатації необхідно встановити порядок підвищення рівнів узагальнених факторів технічної експлуатації та обґрунтувати рівень узагальненого фактора «Диференціація сільськогосподарських робіт тракторами».

Порядок збільшення рівнів узагальнених факторів технічної експлуатації визначаються розмірами коефіцієнтів ефективності тих чи інших факторів. Коефіцієнт ефективності фактора технічної експлуатації визначається за такою формулою:

$$H_j = (1 - \overline{P_j^0})Z_j^0, \quad (1)$$

де $H_j$ - коефіцієнт ефективності $j$ - го узагальненого фактора технічної експлуатації; $\overline{P_j^0}$ - середній рівень $j$ - го фактора по господарствам; $Z_j^0$ - вагомість $j$ - го узагальненого фактора.

Узагальнені фактори розставляють у послідовності зменшення $H_j$. Можливості господарства щодо реалізації тієї чи іншої чинника визначають коефіцієнтом варіації. Підвищення цього параметра показує, наскільки більше є

передумови підвищення рівня фактора. Коефіцієнт варіації визначаємо за рівнянням:

$$V_j = \frac{\sigma_j}{\overline{P_j^0}}, \quad (2)$$

де $V_j$ - коефіцієнт варіації $j$ - го фактора; $\sigma_j$ - середньоквадратичне відхилення $j$-го фактора; $\overline{P_j^0}$ - середній рівень $j$ – го узагальненого фактора технічної експлуатації по господарствах.

Таблиця 1. Визначальні чинники з поділом їх у групах реалізації

| Узагальнені фактори | Визначальні фактори, підвищення яких потребує виконання наступних заходів | | |
|---|---|---|---|
| | Підвищення дисципліни праці | Проведення організаційних заходів | Проведення додаткових капіталовкладень |
| Якість проведення технічного обслуговування та діагностування | Склад спеціалістів для ТО та діагностування Дотримання термінів проведення ТО | | -Місце проведення ТО. Наявність устаткування проведення ТО |
| Якість обкатки нового та відремонтованого трактора | Дотримання правила обкатки | Склад спеціалістів | Місце обкатки |
| Організація та якість ремонту | Якість виконання ремонтних робіт | Склад спеціалістів | Місце ремонту Наявність пересувних ремонтних засобів |
| Зберігання, заправка та якість ПММ | Засіб заправки паливом | Контроль якості ПММ Сортамент ПММ | Зберігання ПММ Фільтрування палива при заправці |
| Характеристика тракториста | Ставлення до техніки | Стаж роботи Клас тракториста. Спеціальна освіта | - |
| Диференціація сільськогосподарських робіт з тракторів | | 1- ой групи (транспортні роботи) 2- ой групи (прикочування, боронування і т.д.) 3-ї групи (культивація, посів, дискування і т.д.) 4-ої групи (оранка) | |

Збільшення величини будь-якого узагальненого чинника технічної експлуатації здійснюють рахунок збільшення рівнів визначальних чинників. Доцільним є порядок збільшення рівнів факторів, які забезпечують швидке збільшення рівнів будь-якої групи, що призводить до збільшення рівнів узагальнених факторів. Коефіцієнт ефективності визначальних факторів обчислюють із рівняння:

$$\eta_{ij} = (1 - \overline{\varphi_{ij}}) Z_j^0 k_{ij}, \quad (3)$$

де $\eta_{ij}$ - коефіцієнт ефективності $i$ -го визначального фактора.

Коефіцієнти варіації знаходяться для кожного визначального фактора за формулою:

$$U_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\overline{\varphi_{ij}}}, \quad (4)$$

Визначальні чинники у групі розраховують порядку зменшення коефіцієнта ефективності $\eta_{ij}$. Насамперед повинні підвищуватися чинники, значення величини коефіцієнтів яких відповідають умовам:

$$\eta_{ij} \geq \frac{\sum \eta_{ij}}{m}, \quad (5)$$

Рівень узагальненого чинника диференціація сільськогосподарських робіт доцільно не підвищувати, а обґрунтовувати. При цьому слід виходити з доцільності значення рівня диференціації сільськогосподарських робіт, який пов'язаний з інтенсивністю зменшення витрат на усунення відмов та простоїв.

**УДК 631.34**

## АНАЛІЗ РОБОТИ ПРОТРУЮВАЧІВ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

**В. В. РАТУШНИЙ,** с.н.с., к.т.н., ***ІМА АПВ***
**В. Б. ОНИЩЕНКО,** доцент, к.т.н.,
**Б. В. ОНИЩЕНКО**, к.т.н.,
***НУБІП України***

За конструктивними ознаками та принципом роботи основного робочого органу протруювачі насіння розділяють на наступні групи : барабанні, шнекові, камерні, комбіновані, лоткові, транспортерні, роликові і вальцеві. Слід зауважити, що перші чотири групи робочих органів використовуються в основному для обробітку насіння зернових, зернобобових і технічних культур, а інші типи для протруювання насіннєвої картоплі.

Протруювачі барабанного типу здійснюють нанесення препаратів на насіння сільськогосподарських культур шляхом їх змішування в барабані сухим, вологим і комбінованим способом.

Багаторічні дослідження, проведені науковцями показали, що барабанні робочі органи не забезпечують високу якість обробки зерна, так як не всі зерна в барабані мають можливість контактувати з препаратом. Крім того, вони мають низьку продуктивність, високу питому металоємність і не відповідають санітарно-гігієнічним умовам праці виробничого персоналу.

Протруювачі камерного типу мають найбільш сучасні робочі органи. Принцип їх дії оснований на взаємодії потоку насінин з частинками препарату. Таке рішення дає можливість кожній окремій зернині контактувати з потоком препарату і тим самим, створює умови для досягнення високої якості протруювання.

Камерні робочі органи можуть обробляти насіння сухим, зволоженим і комбінованим способом. Крім високих якісних показників вони здатні забезпечувати високу продуктивність процесу обробітку зерна, мають низьку питому метало та енергоємність. Герметичні камери сприяють створенню сприятливих санітарно-гігінічних умов праці. У нас в країні всі більшість протруювачів, що випускають в даний час оснащені подібними робочими органами (крім ПСШ-5).

При роботі шнекових протруювачів, протруєне зерно транспортується на видрізку шляху за допомогою металічного шнека, що призводить до механічного пошкодження насіння, що є неприпустимим. По друге металічний шнек малих розмірів і висипання зерна з нього потрібно проводити або на купу або в мішки, що є зайвою тратою часу, тобто включає в себе операції затарювання в мішки, і на полі їх потрібно вручну розвантажувати.

Внаслідок проведеної модернізації шнекового транспортера, в процесі роботи протруювачі забезпечують: знищення личинок шкідників та збудників хвороб на поверхні плодової оболонки насінини; знімання оболонки насінини, що покращить проникнення вологи і препаратів у зародок та внутрішні прошарки насіння, а це в свою чергу сприяє скороченню термінів проростання зерна та отримання міцних та здорових сходів.

Використання гнучких шнекових конвеєрів також дозволить забезпечити завантаження насіннєвого матеріалу безпосередньо в зернові бункери сівалок, або кузов автомобіля. У цьому випадку відпадає потреба використання мішків та додаткової тари, зменшується кількість обслуговуючого персоналу, що в свою чергу позитивно впливає на собівартість виробленої продукції.

## Список використаної джерел

1. Вітровий А.О. «Результати досліджень пошкоджень зерна гнучким гвинтовим конвеєром », Зб. наук. праць НАУ. Том 6. київ, 1999р. -189с.

2. Гевко Б.М., Рогатинський Р.М. «Гвинтові подающі механізми сільськогосподарських машин», Вища школа. Львів 1989р. -176с.

**УДК 631.333**

# УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПНЕВМАТЧНОЇ ВИСІВНОЇ СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

**О. В. АДАМЧУК** к.т.н., ***ІМА АПВ***
**В. Б.ОНИЩЕНКО** доцент, к.т.н.,
**Б. В.ОНИЩЕНКО** к.т.н.,
***НУБіП УКРАЇНИ***

На протязі довгого періоду українськими вченими були проведені експериментальні дослідження по створенню машини для внесення твердих мінеральних добрив із застосуванням штангових пневматичних висівних систем. Але вони мали ряд суттєвих недоліків і тому не знайшли широкого впровадження у вітчизняному сільськогосподарському виробництві.

Машини РУМ-5-03 були створені на базі серійних машин МВУ-5 і мали високий рівень уніфікації в порівнянні з останніми [2]. Встановлення завантажувальних горловин ежекторів під випускним вікном бункера перпендикулярно до осі машини призводило до зависання добрив у приймальній горловині, що порушувало технологічний процес роботи цих машин. Цей недолік особливо проявлявся при роботі машини з туками, що мали підвищену вологість.

Вказаний конструктивний недолік було усунуто при створенні експериментального зразка машини ПШ-21,6 шляхом установки кромки днища бункера за його межами під кутом до осі машини і встановлення під вказаною кромкою завантажувальних горловин ежекторів.

Однак таке виконання машини призвело до підвищення її матеріаломісткості, збільшення довжини та ускладненню конструкції машини [1].

Експериментальний зразок машини з пневматичною висівною системою для внесення твердих мінеральних добрив містить кузов 4 (рис. 1), встановлений на рамі 7, днище 3 який охоплює перфорований живильник 2, котрий включає планково-прутковий транспортуючий робочий орган, змонтований на двох валах 11. Над верхньою ланкою живильника 2 встановлена регулювальна заслінка 1, для зміни дози внесення туків. Під його нижньою ланкою змонтовано жолоб 6, один кінець якого огинає вал 11, а зріз (край) 10 його протилежного кінця виконаний під гострим кутом до повздовжньої осі кузова 4. На рамі 7 встановлено відцентровий вентилятор 5, до якого через повітропровід 12 приєднано матеріалопроводи 14 різної довжини (рис. 2), котрі обладнано ежекторами 9 з лійками 8, що розміщені біля обрізу 10 жолоба 6. Матеріалопроводи 14 розміщені під нижньою ланкою

живильника 2, спрямовані упоперек повздовжньої осі кузова 4, а їх вихідні кінці обладнані розсіювачами 13 аеросуміші.

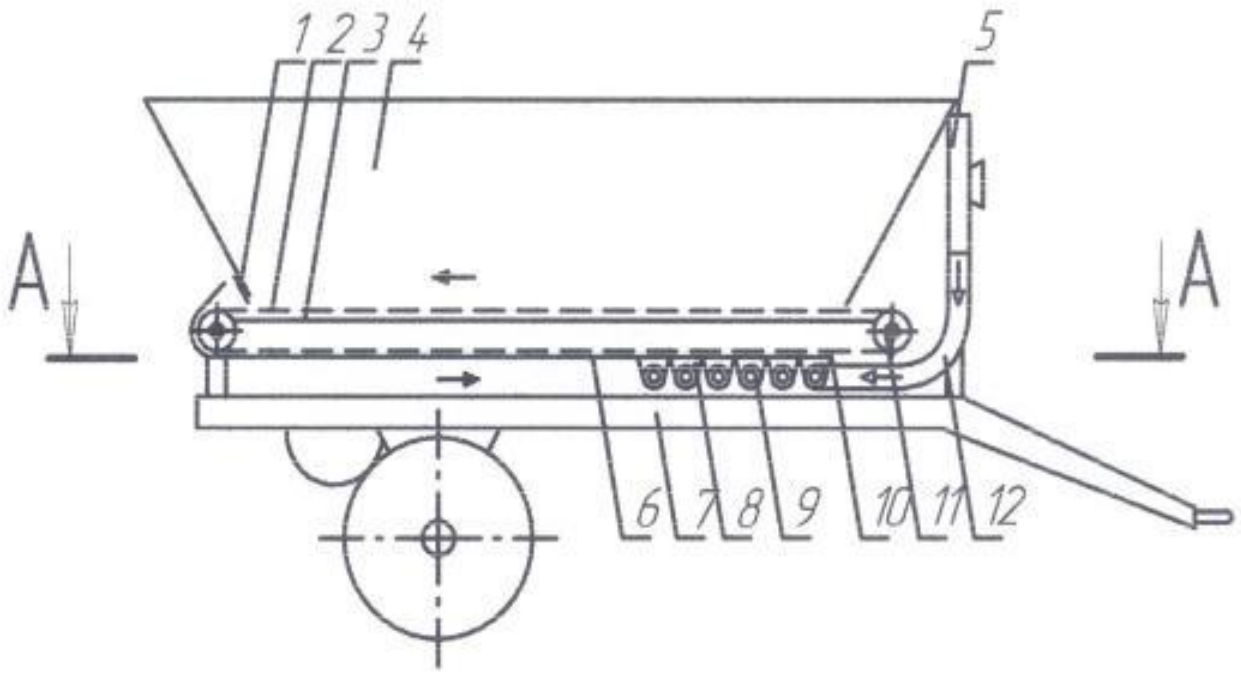



Рис.1. Функціональна схема удосконаленої машини

Під час роботи експериментального зразка машини, завантажені туки виносяться у відрегульованій заслінкою 1 дозі, верхньою ланкою живильника 2 із кузова 4 і подаються на жолоб 6, по якому транспортуються нижньою ланкою живильника 2 у зворотньому напрямку. Стиснуте повітря від вентилятора 5 через повітропровід 12 поступає в матеріалопроводи 14, за ежекторами 9 рухається повітряний потік. Туки, які транспортуються по жолобу 6, при проходженні його зрізу 10 просіваються крізь перфорації (міжпрутковий простір) нижньої ланки живильника 2 в лійки 8, через які поступають в ежектори 9. В останніх туки змішуються з повітряним потоком, і утворена аеросуміш транспортується по матеріалопроводах 14 (рис. 2), до розсіювачів 13, якими потік розсівається і у вигляді віяла викидається в атмосферу. Під дією одержаної кінетичної енергії і сили земного тяжіння туки, які перейшли у вільний політ, розсіваються і осідають на поверхню поля.

Завдяки виконанню матеріалопроводів 14 різної довжини і установці розсіювачів 13 з постійним кроком досягається якісне внесення туків за робочою шириною захвата машини.

**Висновки.** Застосування машини для внесення твердих мінеральних добрив з пневматичною висівною системою дає можливість більш якісного виконання технологічного процесу розсівання добрив по поверхні поля.

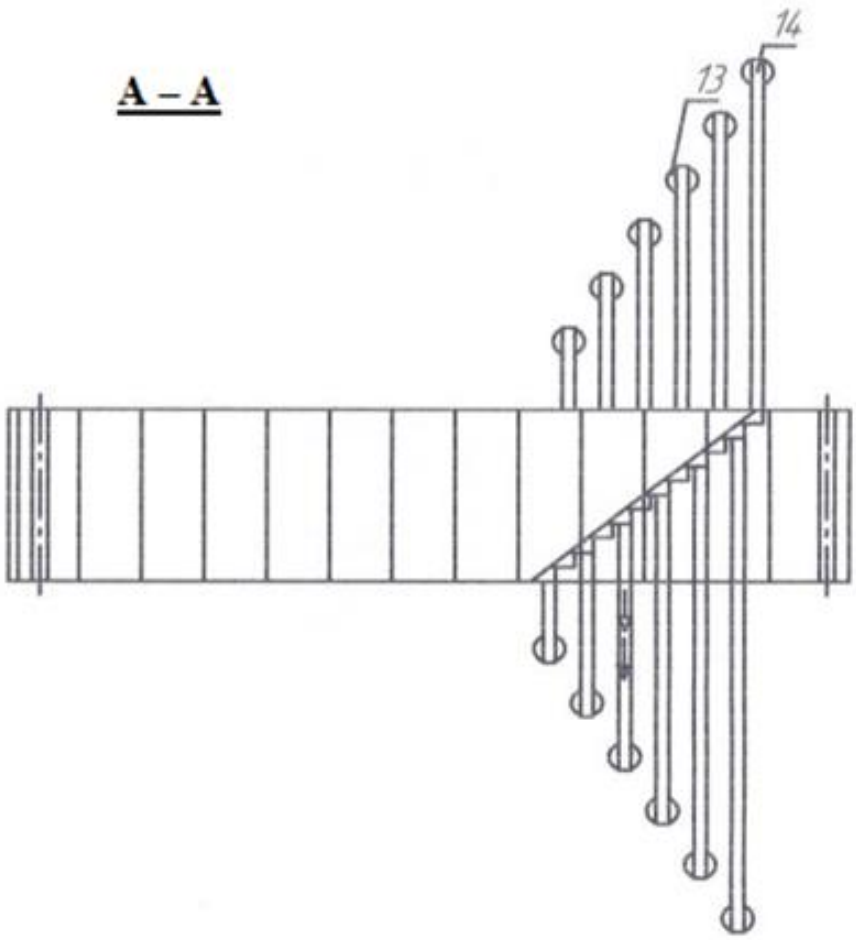



Рис. 2. Функціональна схема удосконаленої машини

**Список використаної джерел**

1. Адамчук В.В. Обгрунтування моделі внесення мінеральних добрив // В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха.- ННЦ „ІМЕСГ” , -2002. Вип. 86.- с. 90-99.

2.Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хіммеліорантів //Техніка АПК.- 2000.-№3.- С.10-12

**УДК 631.333**

# РАЦІОНАЛЬНЕ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ – ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

**В. І. МЕЛЬНИК**, д.т.н., проф.,
**О. А. РОМАНАШЕНКО**, доц.
***Державний біотехнологічний університет***
*E-mail:* romanashenko.a@gmail.com

Надмірна сільськогосподарська освоєність територій, інтенсифікація виробництва, які супроводжувалися посиленням антропогенного впливу на земельні ресурси, і трансформаційні процеси в аграрній сфері спричинили негативні явища в розвитку цієї галузі: деградацію земель, зменшення родючості ґрунтів, забруднення довкілля, зниження продуктивності угідь.

Унаслідок сільськогосподарської діяльності часто порушуються рівновага і “злагодженість” природних та виробничо-економічних процесів. З урахуванням сильної залежності сільського господарства України від природно-кліматичних умов, стану навколишнього середовища, а також його детермінованості соціально-економічними чинниками, екобезпека даної галузі стає визначальною проблемою розвитку суспільства, що робить актуальними дослідження сільського господарства з позицій екобезпеки, виявлення основних джерел небезпеки, рівня загроз та розробку способів їх запобігання чи усунення.

Проблема екобезпеки сільського господарства співзвучна з концепцією “зеленої економіки”, яка була прийнята на конференції ООН у Ріо де Жанейро у 2012 р. Серед багатьох інших питань нею визначено пріоритетність сталого розвитку сільського господарства, продовольчого забезпечення людства у зв’язку з деградацією ґрунтового покриву. Йдеться про нові технології землекористування, екологічно-економічну ефективність виробництва, його максимальне зближення з природними біохімічними процесами.

Науковими розробками, присвяченими проблемам раціонального землекористування, екологічної безпеки сільського господарства, еколого-економічним засадам землекористування тощо, займалися вітчизняні економісти аграрники та інші фахівці аграрного спрямування. Серйозні наукові праці щодо цих питань опублікували І.К. Бистряков, М.С. Богіра, П.П. Борщевський, В.М. Будзяк, О.І. Гуторов, Г.Д. Гуцуляк, Б.М. Данилишин та інші.

Нині питання екобезпеки сільського господарства, запобігання ризикам у його розвитку, забезпечення сталого землекористування залишаються актуальними, а їх вирішення вимагає глибокого системного аналізу і наукового обґрунтування. Відомий учений В.І. Вернадський, розкриваючи загальні закономірності розвитку природи, обґрунтовуючи еволюційну неминучість переходу біосфери у своєму розвитку в новий, вищий, стан – ноосферу,

визначив, що людина здатна активно впливати на природні процеси і соціальну організацію суспільства [1].

Поняття «екобезпека сільського господарства» означає досягнення такого стану розвитку цієї галузі, за якого, ймовірно, можуть бути виключені прояви небезпеки. Ідеальним станом вважається відсутність явної небезпеки.

Під небезпекою розуміють процеси, явища, що загрожують стану довкілля, земельним та водним ресурсам зокрема, а також життю і здоров'ю людини в цілому [2].

Серед природних процесів велику небезпеку для сільського господарства України можуть створювати такі явища, як ерозія, площинний змив ґрунту, вивітрювання, зсуви, просідання лесових порід, обвали, заболочування і підтоплення. У місцях ерозійної діяльності ґрунти є дуже не стійкими і швидко деградують. Ерозія і дефляція (руйнування і розвіювання ґрунтів під дією вітру) вкрай несприятливі для розвитку сільського господарства явища [3].

Гідрометеорологічну небезпеку для сільського господарства створюють сильні дощі, зливи, град, посухи, заморозки. Їх характерною особливістю є досить велика мінливість протягом року та з року в рік. Особливо небезпечними для землеробства є посухи, які за останні десятиліття значно почастішали в Україні. Нині вони є однією з небезпек для розвитку сільського господарства.

Особливим видом гідрометеорологічної небезпеки є повені. Вони можуть спричиняти руйнування засобів виробництва, розчинення хімічних засобів захисту рослин у місцях їх зберігання, забруднюючи таким чином сільськогосподарські угіддя та водні джерела. Повені вимивають родючий шар ґрунту, через них пошкоджуються посіви, руйнується виробнича інфраструктура сільського господарства. В Україні повені виникають у результаті сильних опадів або інтенсивного танення снігу та льоду в басейнах рік [2].

До гідрологічних явищ, що негативно впливають на екобезпеку сільського господарства, відносять підтоплення, площі яких становлять майже 70 тис. км2 (12% території України). Підтоплення завдають цій галузі серйозних збитків (300–500 грн. на 1 га уражених територій у сільській місцевості, або 500 млн.грн. на рік), причому тривалий час.

Зміни клімату мають свої наслідки і в Україні; вони позначаються на розвитку сільського господарства та рівні його екобезпеки. Тенденція до підвищення температури повітря спричиняє збільшення вегетаційного періоду багатьох сільськогосподарських культур, особливо зернових; дати настання відповідних фаз розвитку культурних рослин, зокрема озимої пшениці, зміщуються по всій країні на більш ранні строки. Можуть змінюватися спеціалізація сільського господарства, межі агрокліматичних зон, конфігурації їх площ. Зрушення в теплозабезпеченні та умовах зволоження сільськогосподарських культур значно впливають на їх урожайність, технологію землеробства, економічну ефективність сільського господарства [4].

З метою запобігання негативному впливу потепління клімату на сільське господарство необхідно коригувати систему управління та стратегічного планування цієї галузі. Для адаптації до нових умов структура, спеціалізація і територіальна організація сільськогосподарського виробництва потребують наукового обґрунтування. Велике значення має поширення зрошувального і поливного землеробства, особливо в Степу.

Сільське господарство України, маючи потужний природо-ресурсний потенціал, великі обсяги виробництва продукції, багато втрачає через екологічні проблеми. Досі зберігаються високі ризики природної та техногенно екологічної небезпеки, які нерідко перевищують адаптаційний поріг. Істотний вплив на сільське господарство з позицій екобезпеки сьогодні справляють економічна система країни і діяльність людини. Високий рівень сільськогосподарського освоєння землі, недосконалі методи її обробки, неконтрольоване використання мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин, збільшення посівів культур, які виснажують грунт, відсутність сівозмін призвели до деградації земель, зниження родючості ґрунтів і продуктивності сільськогосподарських угідь.

Забезпечення екологічної безпеки сільського господарства України можливе за умови передбачення явищ, які загрожують безпеці, та реалізації заходів щодо запобігання їх виникненню. До заходів, що сприяють запобіганню загрозам сільському господарству, належать: перегляд, удосконалення структури і спеціалізації сільського господарства; оптимізація структури сільськогосподарських угідь; зменшення посівних площ культур, які виснажують грунт, у структурі посівів; поліпшення методів обробітку ґрунту. Збільшення врожайності має супроводжуватися відновленням втрат, пов’язаних з її зростанням. Для запобігання можливим загрозам доцільним є переведення еродованих, надмірно забруднених сільськогосподарських угідь, особливо ріллі, в інші категорії земель.

## Список використаних джерел

1. Каменський В.Ф. Землеробство XXI століття – проблеми та шляхи вирішення / В.Ф.Камінський, Я.М.Гадзало, В.Ф.Сайко, М.С.Корнійчук // за редакцією В.Ф.Камінського. –Київ : ВП «Едельвейс», 2015. - 272 с.

2. Писаренко В.М. Система органічного землеробства агроеколога С.С. Антонця / В.В. Писаренко, А.С. Антонець, Г.В. Лук’яненко, П.В.Писаренко. – Полтава. – 2016. – 131с.

3. Безпека регіонів України і стратегія її гарантування. Природно техногенна (екологічна) безпека. Т. 1. За ред. д.е.н., проф., чл. кор. НАН України Б.М. Данилишина. К.: Наукова думка, 2013. 389 с.

4. Тенденції змін планетарного клімату та їх можливого впливу на основні сектори української економіки. За ред. М.А. Хвесика. К.: Логос, 2017. С. 202–206.

**УДК 631.35.001.66**

# УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ОБПРИСКУВАЧА ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

**Б. В. ОНИЩЕНКО** к.т.н., доцент,
**В. Б. ОНИЩЕНКО** доцент, к.т.н.,
***НУБІП України***

Для роздільного внесення рідких добрив обприскувачами польових культур, окрім сенсорної і автоматично керованої техніки, необхідна спеціальне варіаційне розпилювальне обладнання.

Однією з останніх розробок для внесення рідких мінеральних добрив, запропоновано систему AMASELECT фірми AMAZONE. Призначення та принцип дії аналогічний системі Varioselect проте управління роботою розпилювачів (вмикання та вимикання) здійснюється за допомогою електродвигуна, що живиться від бортової мережі трактора, напругою 12 В. Робота системи передбачає пряме включення в роботу форсунок без централізованого включення секцій.

Рис.1. Загальний вигляд системи AMASELECT.

Для виготовлення розпилювача використовують полімерні матеріали і кераміка, які на відміну від кольорових металів, як наприклад, латунь, не піддаються корозії.

При розрахунку орієнтовного тиску при внесенні суміші КАС + вода + ЗЗР слід керуватися таблицями коригуючих коефіцієнтів.

Необхідно контролювати щільність рідкого добрива за допомогою манометрів і арматури. Для правильного регулювання робочого тиску необхідно проводити вимірювання витрати рідини на форсунках польового обприскувача експериментальним шляхом, оскільки при низьких температурах відбувається значне падіння тиску в магістралі між манометром і форсунками.

Після закінчення внесення добрив рекомендується ретельне промивання форсунок і всього апарату польового обприскувача.

Отже, на сьогоднішній день існує великий вибір наконечників, спеціально розроблених для досягнення максимального результату під час внесення рідких мінеральних добрив. Сучасні обприскувачі обладнуються розпилювальними наконечниками виробництва відомих зарубіжних фірм, різних типів для проведення різноманітних видів хімічної обробки рослин - суцільне нанесення хімічних препаратів, стрічкова обробка міжрядь, прикоренева обробка рослин, поверхневе внесення рідких мінеральних добрив тощо. Конструкція їх різниться між собою в залежності від призначення та умов експлуатації.

**Список використаної джерел**

1.Теоретичні дослідження процесу осідання краплі змінної маси у відкритому просторі. / В. Онищенко, канд. техн. наук, Б. Онищенко, канд. техн. наук, І. Любченко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. – К., 2013. – Вип. 17(31). – С. 220 – 226.

**УДК 631.355.075**

## АНАЛІЗ РОБОТИ САМОХІДНОЇ КОСАРКИ

**В. Ф. КУЗЬМЕНКО**, с.н.с., к.т.н., ***ІМА АПВ***
**В. Б. ОНИЩЕНКО**, доцент, к.т.н.,
***НУБІП України***

На протязі декількох років проводилися дослідження робочого процесу самохідної косарки при агрегатуванні з жаткою косаркою Fortschritt E025 (Рис 1) на скошуванні пізніх зернових - проса.

Експериментальні дослідження показали: при швидкісті руху косарки - 7,82 км/год, що відповідає продуктивності 3,7 га/год., урожайність зеленої маси при цих показниках була 135 ц/га. При цьому урожай зерна був 6...9 ц/га. Втрати від вибивання рослинної маси склали 1,97 ц/га, що складає 24.63%. Зменшення обертів мотовила та шнека в 1,3 рази, проти номінальних, дозволяє зменшити втрати до 1,089 ц/га (13,6%), тобто в 1,81 раза.

Рис 1. Жатка Fortschritt E025

При скошуванні проса витрачається 0,3...0,45 м-год/га. Слід відмітити, що одна мотогодина відповідає 1,29 год роботи жатки, при цьому жаткою витрачається 1,65...2,40 л палива на 1 га скошеної площі.

Рис 2. Робота жатки Е-025в полі.

**Список використаної джерел**

1. Осьмак В. До питання заготівлі кормів високої якості /В. Осьмак, І Качан // Примак І.Д., Ґудзь В.П. Операційні технології вирощування кормових культур. – К.: Урожай, 1995. – 288 с.

2. Осьмак В., С. Постельга "Машини для заготівлі кормів фірми Krone"// Техніка АПК - 2007, № 7 - С. -25 .

**УДК 631.355.075**

## УДОСКОНАЛЕННЯ РОТАЦІЙНИХ РІЗАЛЬНИХ АПАРАТІВ КОРМОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

**В. Ф. КУЗЬМЕНКО**, с.н.с., к.т.н., ***ІМА АПВ***
**В. Б. ОНИЩЕНКО**, доцент, к.т.н.,
***НУБІП України***

Традиційні технології і технічні засоби заготівлі кормів із трав призводять до втрати 40 % поживних речовин наявних у рослинах, причому втрачаються найбільш цінні протеїновмістні складові. Дефіцит протеїну спричиняє до перевитрат кормів і відповідно - недобору тваринницької продукції.

Одними з технологічних і перспективних кормів є різане сіно, сінаж та зерносінаж.

Першою із обов'язкових операцій в технологічних процесах заготівлі цих кормів є скошування трав у валки чи покоси. Найбільшого поширення для виконання цієї операції набули самохідні косарки з шириною захвата 4,2 або 5,0 м. Однак збільшення урожайності понад 300 ц/га призводить до зниження продуктивності сегментно-пальцевих косарок, тому в цих випадках широко використовуються ротаційні косарки. В порівнянні із сегментно-пальцевими вони більш продуктивні, однак і більш енергозатратні.

Зниження енергоємності роботи ротаційних косарок дасть змогу знизити витрати пального і відповідно зменшити собівартість кормів. Шляхами зниження енерговитрат при скошуванні трав є збільшення колової швидкості обертання різальних ножів, збільшення ковзаючої складової у процесі різання ножем та зменшення швидкості транспортування рослинної маси при укладанні її у валок. Використання косарок у комбінаціях з фронтальними також дасть змогу значно знизити енерговитрати при операціях підбирання валків.

Наведені варіанти зниження енергоємності при скошуванні трав ротаційними косарками потребують нових конструктивних рішень, визначення взаємозв'язку між режимами і параметрами роботи механізмів пропонованих робочих органів, дослідження та перевірки їх у виробничих умовах.

### Список використаної джерел

1. Кравчук В., М. Луценко, М. Мечта. Прогресивні технології заготівлі, приготування і роздавання кормів. К: Фенікс, 2008 - 104 с.

2. Kverneland TA 336/337/338/339 Trailed Disk Mower Conditioners Проспект концерну Квернеланд.
3. Протокол 29-91-84 ВНИИМОЖ випробувань косарки 6-303.

**УДК 631.34**

## ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ НАВІСНОГО МОДУЛЯ ДО РОЗКИДАЧА ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ

**В. Б. ОНИЩЕНКО** доцент, к.т.н.,
**Б. В. ОНИЩЕНКО** к.т.н.,доцент
**О. Рубіс–студент магистратури**
***НУБІП УКРАЇНИ***

Детальний аналіз літературних джерел, наукових досліджень та існуючих конструкцій кузовних розкидачів органічних добрив показує, що для отримання оптимальних показників продуктивності, якості та енергомісткості робочого процесу розкидача під час внесення органічних добрив можливо при дотриманні наступних основних умов:

- якісного подрібнення та отримання однорідної маси технологічного матеріалу;
- зменшення перекриття суміжних проходів за рахунок рівномірного розподілу добрив по поверхні грунту;
- дотримання технології внесення органічних добрив.

Використання розкидачів з горизонтально та вертикально встановленими розподільними барабанами неможливо із-за недостатнього подрібнення добрив. Причиною цьому є шар добрив, який в певні моменти часу обвалюється на подрібнювальний і розкидальний барабани, створюючи значно більшу подачу ніж максимальна продуктивність транспортера, що призводить до нерівномірності та відхилення дози внесення [1].

На основі аналізу результатів досліджень була запропонована конструкція розкидача органічних добрив з навісним модулем (рис 1) для внесення добрив у малих дозах від 2-10 т/га. Розкидач органічних добрив включає кузов 1, встановлений на ходових колесах 2, подавальний транспортер 3, встановлений вздовж кузова 1 так, що його верхня робоча частина розміщена на днищі 4 кузова 1. Поперечний транспортер 5 закріплений до задньої частини кузова 1, причому розміщений нижче подавального транспортера 3. Барабанно-лопатевий робочий орган 6, який з’єднаний з механізмом приводу в обертальний рух, розташований біля розвантажувального кінця 7 поперечного транспортера 5, причому ширина лопатей 8 ротора 6 виконана змінною, при цьому найменшу ширину мають периферійні кінці 9, лопатей 8. При розробці розкидача для малосипких і грудкуватих органічних добрив над заднім кінцем

подавального транспортера 3, встановлено два лопатевих бітера 9 і 10, з'єднаних з механізмом приводу в обертальний рух і закритих зверху захисним кожухом 11 [2,3].

При роботі експериментального розкидача органічних добрив завантажені в кузов 1 добрива подавальним транспортером 3 переміщуються в напрямку задньої частини кузова. При цьому, якщо розкидач розроблений для малосипких і грудкуватих добрив, то вони подрібнюються лопатевими бітерами 9 і 10, а якщо для сипких добрив, то вони просто засипаються з подавального транспортера 3 на поперечний транспортер 5, яким подаються на барабанно-лопатевий розподільний орган 6, що обертається, де захоплюються його лопатками, втягуються в обертальний рух і під дією відцентрових сил розкидаються по поверхні поля.

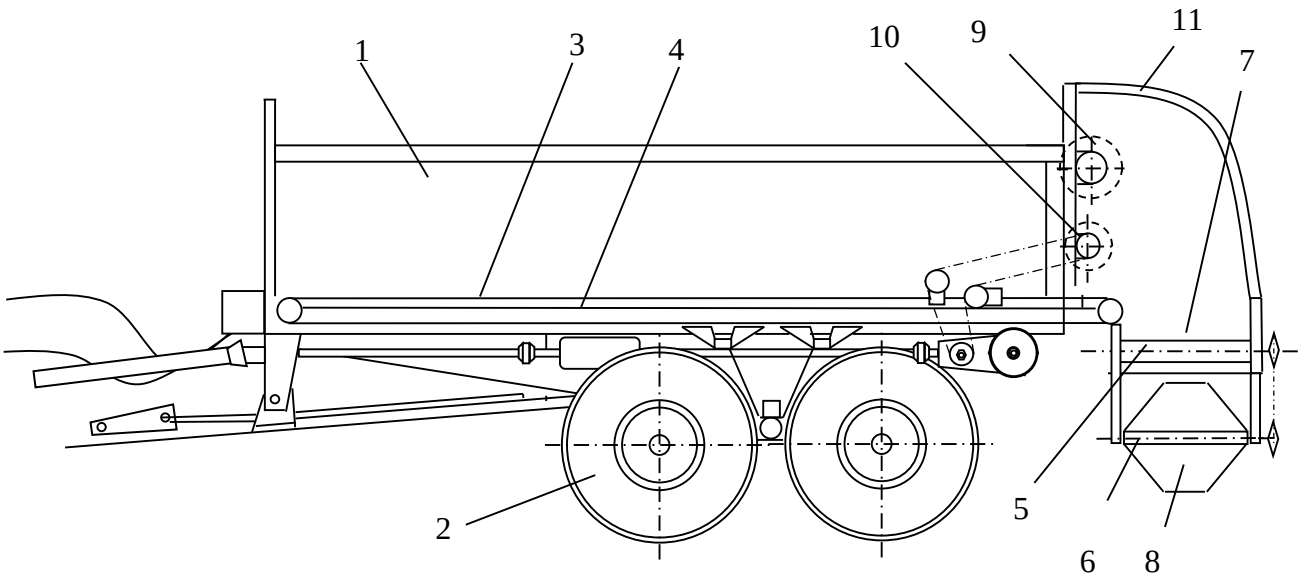



Рисунок 1. Схема розкидача органічних добрив з навісним модулем:

1 – кузов, 2 – ходові колеса; 3 –подавальний транспортер; 4 – днище кузова; 5 – поперечно-стрічковий транспортер; 6 – роторно-лопатевий робочий орган; 7 – розвантажувальний кінець поперечного транспортера; 8 – лопатка ротора; 9-10 –лопатеві бітера

Причому завдяки тому, що лопаті 8 розподільного органу 6, мають змінну ширину, добрива, які сходять з цих лопатей, мають різну швидкість руху, у результаті чого вони летять на різну відстань. Це забезпечує збільшення смуги розсівання добрив, якості їх розподілу і відповідно зростання продуктивності роботи розкидача органічних добрив.

## Список використаної джерел

1. Чемерха Б. Зберегти родючість і зупинити деградацію грунтів [текст]/ Б. Чемерха // Агроном – 2006 – №1 – С.14-15.

2 Prufbericht 5304F Universalstreur Typ Tytan mit 4-Walzen-Streuwerk / DLG Testzentrum Technik und Betriebsmittel– 2004 – p. 4

3. Prufbericht 5605F Verteilqualitat fur Zuschuss in Sachsen Universalstreur Megafex 1700 mit Standardstreuwerk / DLG Testzentrum Technik and Betriebsmittel – 2006 – p. 5

**УДК 631.358.44/45**

## УДОСКОНАЛЕННЯ СЕПАРУЮЧОГО ПРИСТРОЮ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

**С. М. ГЕРУК** доцент, к.т.н.,
**С. В. МІНЕНКО** доцент, к.т.н., ЖАТК
**В. Б. ОНИЩЕНКО** доцент, к.т.н.,
**Б. В. ОНИЩЕНКО** доцент, к.т.н.,
***НУБІП УКРАЇНИ***

Одним з основних завдань при обробці потоку картопляного вороху є рівномірне його розподілення по всій ширині захвату пруткового елеватора. Це забезпечує можливість використовування повної площі елеватора, а значить досягнення максимальної продуктивності і якості сепарації грунтового вороху.

Технологічний процес роботи сепаратора грунтового вороху полягає в наступному. При русі машини леміш 2 (рис.1), що встановлений на відповідну глибину копання, підрізає рядок і спрямовує скибу на сепаруючий прутковий елеватор *3*. При одночасному викопуванні двох рядків, лемеші встановлені один від одного на відстані ширини міжрядь рядків картоплі і картопляний ворох потрапляє на сепаруючий елеватор у вигляді двох скиб, розміщених одна від одної на цій відстані. Таким чином, центральна і бокові площі поверхні елеватора фактично залишаються иезадіяними в процесі сепарації.

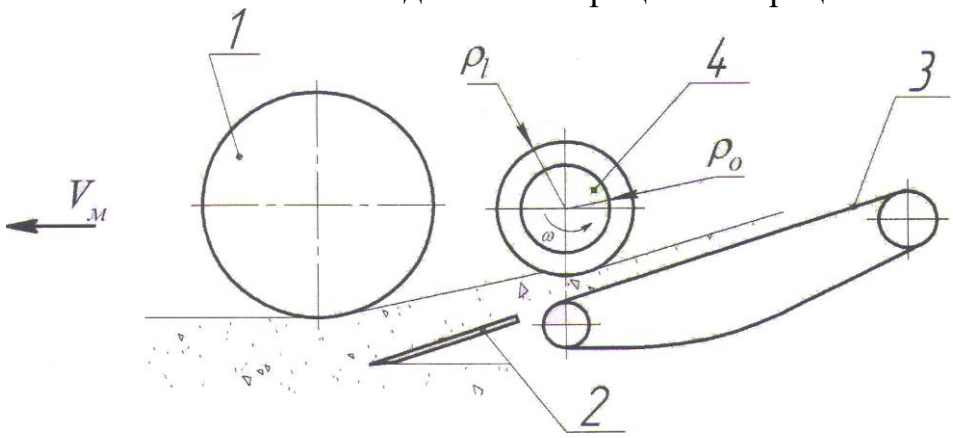



Рис. 1. Схема встановлення розрихлювала-вирівнювача
1 - опорне колесо, 2 - підкопуючий леміш, 3- транспортер-сепаратор,
4 – розрихлювач- вирівнювач

Для усунення цього недоліку доцільно ввести додатковий активний робочий орган у вигляді розрихлювача-вирівнювача (поз. *4,* рис.1), який, згідно виконуємого технологічного процесу, повинен знаходитись на початку сепаруючого елеватора *3.*

Крім цього, розрихлювач-вирівнювач здійснює руйнування ґрунтових утворень, а запропоноване його розміщення забезпечить ефект «ґрунтової подушки».

Ідея вирівнювання скиби ґрунту полягає у його рівномірному розподілені по ширині сепаруючого елеватора.

**Список використаної джерел**

1. Герук С.М., Міненко С.В. Активізація процесу сепарації картопляного вороху при використанні пруткових елеваторів // Вісник сумського національного аграрного університету (Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»): 36. наук, праць. - Суми, 2008. - Випуск 1(17).-с. 145-150.

2. Герук С.М., Міненко С.В. Методика планування експерименту з визначення оптимальних параметрів розрихлювача-вирівнювача картоплезбиральної машини *0* Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: 36. наук, праць., випуск 38. - Кіровоград, 2008. - с. 234-237.

**УДК 631.333**

## РОЗРОБКА ДИСКО-ЧИЗЕЛЬНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ОДНОЧАСНИМ ВНЕСЕННЯМ ДОБРИВ ДЧ-4,5

**Ю. В. ПОНОМАР,** ***ТОВ Краснянське спеціалізоване підприємство «АГРОМАШ»***
**В. А. НАСОНОВ,** с.н.с., к.т.н., ***ІМА АПВ***
**В. Б. ОНИЩЕНКО,** доцент, к.т.н., **НУБІП України**

Комбінований ґрунтообробний агрегат призначений забезпечувати виконання декількох операцій за один прохід: лущення стерні попередників на глибину до 120 мм, глибокого (до 350 мм) смугового розпушення (чизелювання) ґрунту з можливістю внесення гранульованих мінеральних добрив на різну глибину, вирівнювання і прикочування оброблюваної поверхні ґрунту.

Агрегат складається з наступних складових: рама з шасі, причепом і чизельними робочими органами, секції дискатора, секції котків, секції

вирівнювача, гідравлічна система, гальмівна система, система освітлення і сигналізації .

Рама знаряддя – трьохсекційна, складається з центральної рами 1(рис.1) і двох бокових рам 2 і 3, приєднаних до центральної чотирма шарнірами 4 і гідроциліндрами 5 (МЦ 80/40х400-3(4)44 (Гідросила)), які служать для переводу знаряддя з робочого положення у транспортне та навпаки. Рама зварюється з труб. Рекомендований профіль труб: 150х200х10мм – для центральної рами; 120х120х8мм – для бокових рам.

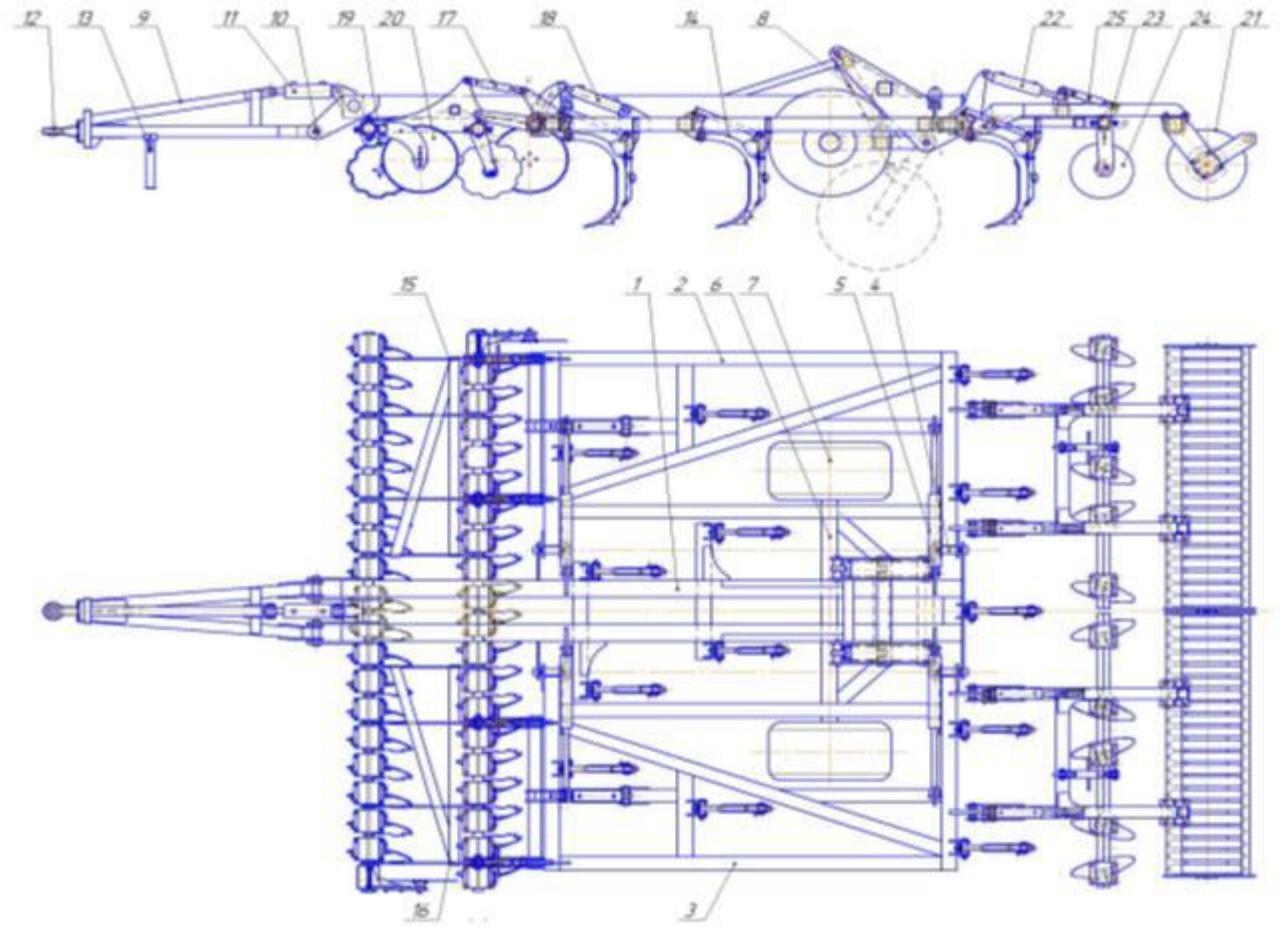


Рис.1. Конструкційна схема агрегата

Ззаду центральна рама обпирається на шасі 6 з двома широкопрофільними колесами 10 (осі у зборі з дисками, шинами 520/50-17 ST-156 BKT AW-708 та гальмівними барабанами з пневмокамерами - куповані вироби від фірми «Боненекамп»). Ширина колії – максимально-допустима за умови транспортної ширини знаряддя не більше 3 м.

Шасі 6 переводиться з робочого положення у транспортне двома гідроциліндрами 8 (Ц100.50.400.1.1.0(700) (ВЗТА)) і має забезпечувати кліренс знаряддя при транспортуванні не менше 300мм. В робочому положенні при максимальній глибині обробітку грунту просвіт між колесами шасі і грунтом має складати не менше 50мм. Конструкція шасі 1 і гідроциліндрів 8 має

забезпечувати можливість регулювання глибини обробітку грунту в межах 0 – 35см.

Центральна рама 1 спереду має причеп 9, який з'єднується з нею шарнірами 10 і гідроциліндром 11 (Ц10.50.160.1.1.0(460) (ВЗТА)). Гідроциліндр 11 підключається до гідросистеми паралельно з гідроциліндрами 8 і має функцію вирівнювання рами знаряддя у робочому і транспортному положенні.

З трактором причеп 9 з'єднується сергою 12 (купований вироб фірми «Шармюле»). Спереду причеп має відкидний гвинтовий домкрат-підставку 13 для агрегатування з трактором (купований вироб).

На поперечних балках центральної і бокових рам встановлюються, мінімум, у три ряди чизельних робочих органів 14, призначені розпушувати ґрунт на регульовану глибину в межах 0 – 350 мм. Причому на центральній рамі встановлюється 5 чизелів, а на бокових рамах -по 4 чизеля. Відстань між рядами чизелів в межах 1000 - 2100 мм, відстань між суміжними чизелями – 350 мм.

**Список використаної джерел**

1. Аналогічні знаряддя «PERFORMER SELECT» (фірма «Kuhn»), «TRITON» (фірма «Farmet»), «CEUS-2TX» (фірма «Amazone»),
2. «TOP DOWN» (фірма «Vaderstad»).

**УДК 631.36**

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ

**Д. А. ВОЛИК**, аспірант
***Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва***
***Національна академія аграрних наук України, Глеваха***
*E-mail:* volyk.d.a@gmail.com;

Коєфіцієнт внутрішнього тертя це параметром, який характеризує властивості сипких матеріалів, зокрема зернових культур. Він визначає ступінь опору зерен взаємному переміщенню під дією зовнішніх сил і має значний вплив на процеси зберігання, транспортування та переробки зерна.

Коефіцієнт внутрішнього тертя кукурудзи залежить від ряду факторів, серед яких форма, розмір, вологість, стан поверхні зерен, а також ступінь їх ущільнення. Внутрішнє тертя виникає внаслідок взаємодії між окремими зернами, яка обумовлена силами адгезії, тертя та механічного зчіплення.

В ІМА АПВ НААН [1] було розроблено прилад для визначення коефіцієнту внутрішнього тертя на основі роботи тензоланки, робота якої фіксується та перетворюється контролером Arduino

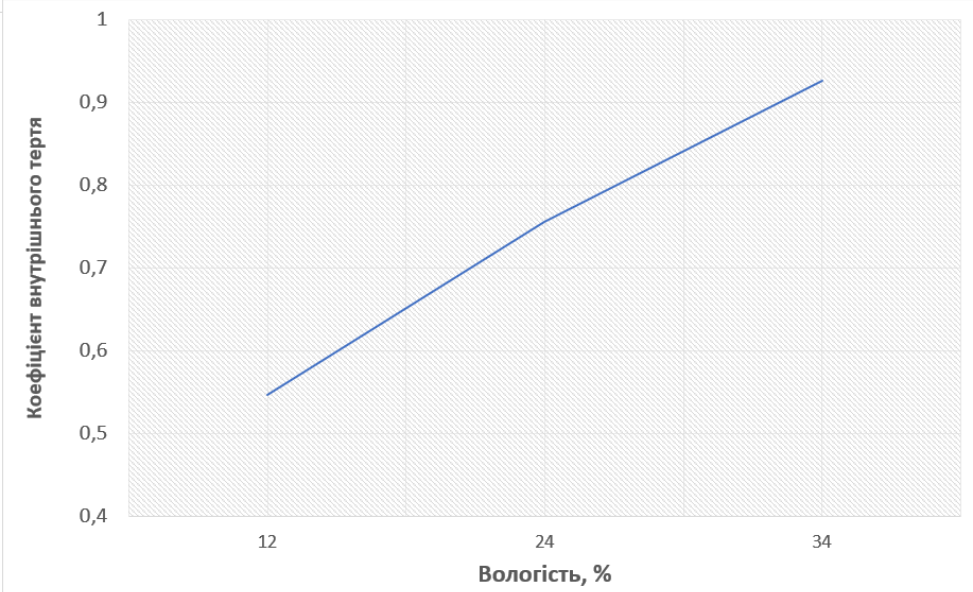
$$f_+ = \frac{\overline{S_1} - \overline{S_2}}{\overline{P_1} - \overline{P_2}};$$

. (1)

де S1 - зусилля зсуву при зрізуванні матеріалу при зусиллі стикання P1;

S2 - зусилля зсуву при зрізуванні матеріалу при зусиллі стикання P2

Отримано експериментальну залежність коефіцієнту внутрішнього тертя насіння кукурудзи від вологості (Рис. 1)




.

Рис. 1. Коефіцієнт внутрішнього тертя кукурудзи в залежності від вологості

Отримані дані свідчать, що зі збільшенням вологості коефіцієнт внутрішнього тертя зростає через появу додаткових сил адгезії між зернами.

Збільшення вказаного коефіцієнту при підвищеній вологості вимагає більших енерговитрат для транспортування зерна, наприклад, при використанні стрічкових транспортерів або шнеків.

Вологість зерна є ключовим фактором, який впливає на коефіцієнт внутрішнього тертя кукурудзи. Цей зв'язок важливо враховувати при проектуванні обладнання для зберігання, транспортування та переробки зерна, щоб забезпечити ефективність технологічних процесів і зберегти якість продукції.

## Список використаних джерел

1. Study of Physical-mechanical and Optical Characteristics of Grain Materials / S. Stepanenko et al. *National Interagency Scientific and Technical Collection of Works. Design, Production and Exploitation of Agricultural Machines*. 2024. No. 54. P. 36–46. URL: https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.36-46 (date of access: 11.02.2025).

**УДК 631.313.6**

# ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВИХ СЕПАРАТОРІВ

**С. П. СТЕПАНЕНКО**, доктор технічних наук,
старший науковий співробітник
**В. А. МЕЛЬНИК**, аспірант
*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН України*
**Б. І. КОТОВ**, доктор технічних наук, професор
*Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»*
*E-mail: stepanenko_s@ukr.net*

Післязбиральна обробка зернових матеріалів є критично важливим етапом у забезпеченні високої якості продукції та ефективного використання ресурсів. Пневмовідцентрові сепаратори демонструють значні переваги завдяки своїй здатності до високопродуктивного фракціонування зерна при мінімальних енергетичних затратах. Проте сучасні конструкції таких пристроїв мають ряд недоліків, серед яких зона застою зернового матеріалу, нерівномірний розподіл частинок у потоці та обмежена адаптивність до змінних технологічних умов. Враховуючи ці фактори, актуальним завданням є розробка нових підходів до вдосконалення роботи сепараторів або пошук альтернативних технологій.

Основні напрямки вдосконалення

1. Оптимізація геометрії робочих органів
   - Використання криволінійних поверхонь розкидача дозволяє збільшити швидкість руху зерна та покращити рівномірність розподілу матеріалу.
   - Розробка адаптивних роторів, що змінюють свою конфігурацію залежно від фізико-механічних властивостей зернової суміші.
2. Застосування інтелектуальних систем керування
   - Впровадження комп’ютерного зору та нейронних мереж для аналізу руху частинок і динамічного коригування параметрів сепарації.
   - Інтеграція сенсорів для контролю щільності, вологості та розміру зерен у режимі реального часу.
3. Зменшення енергоспоживання та підвищення ефективності
   - Використання енергозберігаючих приводів із частотним регулюванням для адаптації швидкості обертання ротора.
   - Оптимізація повітряних потоків для зменшення втрат енергії та підвищення ефективності аеродинамічного поділу зернової маси.
4. Альтернативні технології сепарації
   - Розробка гібридних систем, що поєднують механічну та електростатичну сепарацію для підвищення точності фракціонування.

- Дослідження можливості застосування магнітогідродинамічних методів для сортування зернових матеріалів на основі їхніх електропровідних властивостей.

Перспективи розвитку та впровадження

Реалізація запропонованих удосконалень сприятиме підвищенню продуктивності пневмовідцентрових сепараторів, зниженню втрат зерна та зменшенню експлуатаційних витрат. Додатково, інтеграція цифрових технологій дозволить створити автоматизовані лінії обробки зернових культур із можливістю гнучкого налаштування параметрів роботи під різні види насіння. Подальші дослідження у сфері штучного інтелекту та аеродинамічних процесів сприятимуть розробці нових технологічних підходів, що дозволять оптимізувати процес післязбиральної обробки зерна відповідно до сучасних вимог агровиробництва.

Висновки.

Пневмовідцентрові сепаратори мають значний потенціал для вдосконалення та модернізації. Впровадження новітніх технологій дозволить значно покращити якість сепарації, скоротити енергетичні витрати та забезпечити високу ефективність технологічного процесу. Надалі доцільним є проведення експериментальних досліджень з метою верифікації розроблених математичних моделей і визначення оптимальних конструктивних параметрів модернізованих сепараторів.

## Список використаних джерел

1. Aliiev E., Lupko K., Kobets O. Development of Adaptive Seed-Separation Trier for Small-Seeded Crops. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry • Wood Industry • Agricultural Food Engineering*. 2023. P. 103–126. URL: https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2023.16.65.1.8

2. Modeling of Aerodynamic Separation of Preliminarily Stratified Grain Mixture in Vertical Pneumatic Separation Duct / S. Kharchenko et al. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11, no. 10. P. 4383. URL: https://doi.org/10.3390/app11104383

3. Determination of Hole Blocking Conditions for Perforated Sifting Surfaces / S. Kharchenko et al. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2024. Vol. 18, no. 5. P. 342–360. URL: https://doi.org/10.12913/22998624/190483

4. Kotov B. I., Stepanenko S. P. (2023). Osnovy teoriyi ta tekhnolohiyi povitryanoyi separatsiyi zernovykh materialiv. [*Basics of the theory and technology of air separation of grain materials*]. Kyiv: CP Comprint, 427 p. [in Ukrainian].

**УДК 631. 589**

# ПІДБИРАЧ ВАЛКІВ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

**М. В. БОДАК**, аспірант,
**В. Ф. ДІДУХ**, доктор технічних наук, професор,
***Луцький національний технічний університет***
*E-mail:* bodak.lutsk@gmail.com, didukh_v@ukr.net

Ситуація, яка склалася в державі, вимагає термінового вирішення проблеми виробництва власної целюлози, як основи для виготовлення бездимного пороху. Найкращою сировиною для виробництва целюлози є натуральні волокна. Значний їх відсоток формується у стеблах таких сільськогосподарських культур, як бавовник, коноплі, льон та ін. рослини. При цьому, вихід целюлози з бавовняного волокна становить 95%, коноплі 85%. Дещо менший відсоток, 75 - 80% целюлози можна отримати з волокна льону олійного. Відомо, що технології вирощування вказаних культур у значній мірі відрізняються між собою. Якщо, льон олійний і конопля є характерними сільськогосподарськими культурами для Північних регіонів держави, то бавовник, який намагалися вирощувати до 1956 року, на Півдні, не витримав конкуренції з Азійським. Тим не менше, у поточному році, були закладенні експериментальні дослідні ділянки в Одеській області[1], але знову було отримано негативний результат. Тому виробництво целюлози з бавовнику знаходиться у віддаленій перспективі.

На сьогодні, вирощування льону олійного орієнтовано на отримання насіннєвої продукції. У той же час, природо-кліматичні умови Північно - Західних регіонів, сприяють в отриманні високого стеблостою у льону олійного. В окремі роки він досягав до 100 см. При цьому, за всією довжиною у стеблах формується високоякісне коротке неорієнтоване волокно[2]. Тому, після збирання насіння, на полях залишається до 45ц/га волокнисто - соломистої маси. Такий цінну сировину утилізують шляхом подрібнення або спалюють, що є недопустимим з екологічної точки зору. Якщо, стебла льону олійного у процесі збирання перетворити у тресту, то можна отримати, у межах 10 ц/га, високоякісного натурального волокна.

Дослідження роздільної технології збирання льону олійного з низьким зрізанням стеблостою роторною косаркою на висоті 30 - 50 мм дозволило провести польові дослідження з перетворення соломи льону олійного у тресту із застосуванням запропонованого експериментального підбирача валків льону олійного у складі засобу для приготування трести(рис.1), який додатково обладнаний розпушувачем. Низький зріз стеблостою дозволив забезпечити ґрунтовою вологою життєдіяльність пектиноруйнівних організмів, що є важливим за відсутносності росяних ранків і вечорів у період приготування трести.

Запропонований підбирач орієнтований на підбирання валків із стебел льону, вкладених у поздовжній площині. Особливістю його конструкції є привід робочих органів від опорно - ходових коліс, що дозволяє узгодити швидкість руху МТА і тягової стрічки та пов'язано із зв'язністю стебел у валках. У свою чергу, розпушувач дозволяє зменшити щільність валків до 80 - 85 кг/ м$^3$ для прискорення процесів перетворення стебел соломи у тресту. Такий підхід зменшує терміни отримання трести до одного місяця.

Рис.1. Засіб приготування трести: 1 - підбирач; 2 - розпушувач; 3 - опорно - ходові колеса; 4 - тягова стрічка із зубовими планками; 5 - ланцюгова передача

Проведена перевірка роботоздатності на дослідних ділянках Луцького національного університету дозволила виробити рекомендації виробництву, на основі встановлених раціональних конструктивно - кінематичних параметрів засобу приготування трести у складі підбирача та розпушувача для умов, що можуть виникнути під впливом глобального потепління з використанням багатофакторних експериментів.

Запропоновано трьох варіантне застосування підбирача:

- у складі засобу приготування трести;
- для використання на машині для збирання льону олійного[3] при підвищеній врожайності льону олійного;
- при збереженні всього біологічного врожаю льону олійного у несприятливих умовах поточного року для встановлення на зернозбиральні комбайни.

## Список використаних джерел

1. https://kurkul.com/spetsproekty/1635-viroschuvannya-bavovniku-na-odeschini--zahist-vid-hvorob-urojaynist-ta-ekonomika.

2. Роздільна технологія збирання льону з низьким зрізом стеблостою як спосіб збереження волокна. Бодак М.В., Дідух В.Ф. Збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки". Київ, 2024. С. 166 - 168.

3. Машина для підбирання валків льону олійного. Патент на КМ України № 155841. Дідух В.Ф., Бодак М.В., Ягелюк О.О., Бодак В.І. МПК(2024.01), A01D 45/06(2006.01), A01D 82/00. Заявка u 202301516. Заяв. 13.02.2023. Опубл. 17.04.2024 бюл№ 16.

**УДК 633.1:681.78**

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗОРУ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА

**С. П. СТЕПАНЕНКО,** доктор технічних наук, старший науковий співробітник,
**А. Я. КУЗЬМИЧ,** кандидат технічних наук, старший дослідник,
**Д. А. ВОЛИК,** аспірант
***Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН України***
*E-mail:* stepanenko_s@ukr.net

Контроль якості процесів очищення зерна є важливим елементом агропромислового виробництва, який безпосередньо впливає на економічну ефективність, безпеку харчових продуктів та конкурентоспроможність продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках. Якість зерна визначає його придатність для подальшого використання у харчовій та переробній промисловості, а також впливає на терміни зберігання та транспортування.

Україна є одним із найбільших експортерів зернових у світі, і стан аграрного сектора має істотний вплив на економіку країни. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), у 2021 році Україна експортувала 19,395 млн тонн пшениці, що становило приблизно 9,7% від загального світового експорту. Це робить Україну одним із ключових постачальників пшениці на міжнародному ринку, особливо для країн Близького Сходу, Північної Африки та Азії.

Мета дослідження полягає в оцінювання перспектив використання системи машинного зору для розпізнавання зернових матеріалів за допомогою аналізу та обробки зображень, що дасть змогу здійснення ефективного контролю процесів очищення зерна.

Аграрні компанії стикаються з численними проблемами під час контролю якості зерна використовуючи традиційні методи. Такі методи здебільшого базуються на фізичних та хімічних тестах, що потребують людської участі.

Незважаючи на те, що ці методи вважаються надійними та використовуються протягом тривалого часу, вони мають низку обмежень та є непридатними для розроблення систем автоматизації процесів очищення зерна.

Розробка інноваційних технологій дозволяє створювати ефективні системи для автоматичного виявлення рівня засміченості та оцінки якості зернових культур, значно перевершуючи традиційні методи в точності, швидкості та об’єктивності.

Системи комп’ютерного зору є ще одним передовим інструментом, який дозволяє автоматизувати процес візуальної оцінки, використовуючи алгоритми обробки зображень і машинного навчання для розпізнавання та класифікації об’єктів. Такі системи забезпечують стабільні результати, мінімізуючи вплив людського фактора, і дозволяють стандартизувати контроль якості продукції.

Комп'ютерний зір у поєднанні з нейронними мережами базується на сучасних методах обробки зображень та алгоритмах машинного навчання, що дозволяє досягати високих показників точності та швидкості оцінки. Камери високої роздільної здатності використовуються для захоплення детальних зображень зразків, з якими працюють алгоритми комп'ютерного зору. Типова роздільна здатність камер для такого аналізу становить не менше 5 мегапікселів, що дозволяє отримувати зображення, достатні для виявлення мікроскопічних дефектів або дрібних частинок домішок.

На етапі обробки зображень використовуються конволюційні нейронні мережі (CNN), архітектура яких включає кілька згорткових (convolutional) та згладжувальних (pooling) шарів. Згорткові шари аналізують зображення, виділяючи в них ключові ознаки – краї, текстури, форми, – що дозволяє ідентифікувати зерна та домішки. Для підвищення точності виявлення дефектів використовуються архітектури на зразок ResNet або MobileNet, що забезпечують високу точність класифікації навіть на великих обсягах даних. Для навчання CNN зазвичай потрібен великий набір анотованих даних – зображень зерен із маркованими домішками та дефектами. В результаті, після етапу навчання модель може автоматично розпізнавати та виділяти різні типи домішок, надаючи точність до 95% при достатньому обсязі навчальних даних.

Використання графічних процесорів (GPU) прискорює обробку зображень та аналіз до 5–10 мс на один зразок, що дозволяє системі працювати зі швидкістю понад 10 000 зразків на годину. Також часто застосовуються нейронні процесори та FPGA-платформи, які оптимізовані для швидкої обробки та споживають менше енергії, що особливо важливо для моніторингу у виробничих умовах.

**Висновки.** Традиційні методи контролю, такі як ручний розбір та механічне сортування, мають певні обмеження у швидкості, точності та об’єктивності, особливо при роботі з великими обсягами продукції.

Сучасні підходи до контролю якості зерна, зокрема із застосуванням технологій комп'ютерного зору та нейронних мереж, є перспективними та мають суттєві переваги перед традиційними методами. Вони дозволяють забезпечити об'єктивність, високу точність та швидкий контроль якості, що є

важливим для створення систем контролю та автоматизації процесів очищення зерна.

**Список використаних джерел**

1. Квашук Д. М., Єрохін Р. О. Огляд можливостей застосування машинного зору в сільському господарстві. Агросвіт. 2019. № 12. С. 60–64. DOI: 10.32702/2306-6792.2019.12.60

2. Грицик В.В., Дунас А.Я. Дослідження методів розпізнавання образів для систем комп'ютерного зору роботів майбутнього. Інформаційні технології. Вісник ХНТУ №3(62), 2017. том 1. С. 297-301.

3. Жеребух О., Фармага І. Використання нейронних мереж для визначення об'єктів на зображенні. Computer design systems. Theory and practice Vol. 6, No. 1, 2024. С. 232–240.

**УДК 621.313 Л 3.621.3**

## ВИКОРИСТАННЯ БУНКЕРІВ-ПЕРЕВАНТАЖУВАЧІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

**М. М. АНЕЛЯК,** кандидат технічних наук, старший науковий співробітник;
**А. Я. КУЗЬМИЧ,** кандидат технічних наук, старший дослідник;
***Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН України***
*E-mail:* AKuzmich75@gmail.com

Важливим завданням є пошук шляхів підвищення ефективності використання зернозбиральних комбайнів. Перспективним виглядає оптимізація збирального процесу завдяки залученню додаткової ланки у вигляді бункерів-перевантажувачів зерна.

Бункер-перевантажувач, як буферна зона між комбайнами та автотранспортом, зменшує гостру логістичну і часову залежність між ними, накопичуючи зерно в період відсутності автотранспорту на полі і багаторазово скорочуючи час очікування автомашин до повного завантаження. Її застосування дозволяє виключати втрати часу комбайнів на очікування порожнього автотранспорту, а також дозволяє мінімізувати час очікування машин на полі. Як результат – збільшення продуктивності автотранспорту не менше 100%, а також виключення зниження продуктивності комбайнів через відсутність порожньої автомашини. Очевидно, що ефективність використання зернозбиральних комбайнів збільшується не лише завдяки зменшенню часу їх простоїв на очікування автотранспорту, але й внаслідок організації вивантаження зерна комбайном на ходу за умов виконання технологічного збирального процесу. Застосування автотранспорту не дозволяє повністю

уникнути втрат часу на розвантаження, оскільки вивантаження зерна з комбайна на ходу в автотранспорт є досить складним процесом, який небезпечний з точки зору можливих ризиків зіткнення жатки з автомашиною. Коробка передач автомашин, а також вузькі і малі по діаметру колеса, створюють певні труднощі за умов роботи на полі. Натомість трансмісія трактора сприяє досить легкому узгодженню швидкостей пересування трактора і зернозбирального комбайна. Завдяки застосуванню трактора в агрегаті із бункером-перевантажувачем можливе вивантаження зерна із комбайна не зупиняючи його рух. Вибір бункерів-перевантажувачів відбувається за умов узгодження їх характеристик із параметрами зернозбиральних комбайнів (розмір бункерів комбайнів, продуктивність системи вивантаження зерна, ширина захвату жниварки, висота вивантаження тощо).

Бункери-накопичувачі представляють собою досить прості причіпні або напівначіпні машини, що агрегатуються з тракторами. Їх основними складовими частинами є ємності та пристрої для вивантаження зерна в транспортні засоби. За способом вивантаження бункери перевантажувачі поділяють на два типи: з одним та двома шнеками. Бункери-перевантажувачі з одним шнеком володіють значною швидкістю вивантаження зерна (до 200 л/с та більше), мають простішу конструкцію. Відсутність горизонтального шнека та перевантажувальної камери між горизонтальним та похилим вивантажувальними шнеками сприяє зменшенню травмування зерна, що особливо актуально при збиранні насіння. Однак недоліком машин такого типу за значного об’єму бункера є його габарити – висота і ширина.

Для більшості бункерів-перевантажувачів з двома шнеками притаманний особливий, так званий «низько профільний» дизайн, що дозволяє механізатору візуально контролювати об’єм та розміщення зерна у кузові. Збільшення об’єму бункера у різних типорозмірах забезпечується відповідним зростанням довжини машини, що дозволяє вписатись в габарити за її шириною та висотою. З метою швидкого і ефективного оброблення великих обсягів зерна виробники бункерів-перевантажувачів пропонують різноманітні функції. Однією з самих поширених, популярних і корисних є електронна система зважування та обліку зібраного врожаю, яка забезпечує точне встановлення, кількості зерна в бункері-перевантажувачі.

За даними досліджень, використання бункерів-перевантажувачів забезпечує збільшення добового виробітку зернозбиральних комбайнів в залежності від врожайності та виду культури, що обмолочується, від 10 до 50%. Зокрема, при збиранні сої врожайністю 25–30 ц/га, збільшення змінної продуктивності комбайнів складає 10–15%; при збиранні озимої пшениці врожайністю 50–65 ц/га – 25–35%; при збиранні кукурудзи врожайністю 90–125 ц/га – 35–50%.

**Висновки.** Використання бункерів-перевантажувачів на збиранні є важливим резервом підвищення ефективності використання зернозбиральних комбайнів. Завдяки таким техніко-технологічним рішенням забезпечується підвищення продуктивності зернозбиральних комбайнів від 10 до 50%. За умов

відповідної організації збирального процесу застосування бункерів-перевантажувачів забезпечить зменшення на 30% необхідної кількості зернозбиральних комбайнів. Враховуючи, що вартість бункера-перевантажувача коливається в межах 20-40% вартості нового зернозбирального комбайна, природно очікувати суттєвого зменшення витрат на забезпечення збирального циклу технологічного процесу виробництва зерна.

**Список використаних джерел**

1. Bashiri B., Mann D.D. Impact of automation on drivers' performance in agricultural semiautonomous vehicles. Journal of agricultural safety and health. 2015. Vol. 21(2), P. 129–139. DOI: 10.13031/jash.21.10977

2. Liu Z., Dhamankar S., Evans J.T., Allen C.M., Jiang C., Shaver G.M., Etienne A., Vyn T.J., Puryk C.M., McDonald B.M. Automation of Agricultural Grain Unloading-on-the-go. IFAC-PapersOnLine. 2022. Vol. 55, Issue 24. P. 248-253. DOI:10.1016/j.ifacol.2022.10.292.

**УДК 631.362.7**

## ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СУШАРОК ДЛЯ ФРУКТІВ ТА ОВОЧІВ

**С. П. СТЕПАНЕНКО**, доктор технічних наук,
старший науковий співробітник,
***Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН України***
**Б. І. КОТОВ**, доктор технічних наук, професор,
***Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»***
**Р. А. КАЛІНІЧЕНКО**, кандидат технічних наук, доцент,
***ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»;***
*E-mail: stepanenko_s@ukr.net*

Сучасні методи сушіння овочів та фруктів відіграють ключову роль у продовженні терміну їх зберігання та зменшенні втрат урожаю. Традиційні методи, такі як сонячне сушіння, мають низьку ефективність через залежність від погодних умов, а сучасні електричні сушарки споживають значні обсяги енергії. Тому актуальним завданням є модернізація сушильного обладнання з метою підвищення енергоефективності, зменшення втрат продуктів і покращення якості кінцевого продукту.

Основні напрямки вдосконалення

1. Енергоефективність та використання альтернативних джерел енергії

Інтеграція відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні колектори, біопаливо, геотермальна енергія та теплові насоси, дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати. Використання технологій рекуперації тепла допомагає ефективно використовувати залишкову енергію для підігріву повітря, що входить у сушильну камеру. Впровадження комбінованих систем з використанням різних джерел енергії забезпечує гнучкість роботи сушильного обладнання за різних умов. Використання матеріалів із високими теплоізоляційними властивостями дозволяє мінімізувати втрати енергії.

2. Покращення конструкції сушильних камер

Використання інноваційних матеріалів, таких як багатошарові ізоляційні панелі, дозволяє зменшити тепловтрати та підвищити стабільність температурного режиму. Оптимізація потоків гарячого повітря за допомогою спрямованих дефлекторів сприяє рівномірному висушуванню продукції без перегріву окремих ділянок. Розробка модульних конструкцій сушильних камер дозволить адаптувати систему під різні об’єми завантаження, що сприятиме покращенню гнучкості виробництва. Використання зональної подачі гарячого повітря дозволяє контролювати процес висушування різних типів продукції.

3. Автоматизація та цифровий контроль процесу

Встановлення розумних сенсорів для безперервного моніторингу температури, вологості, тиску та швидкості потоку повітря дозволяє в режимі реального часу контролювати процес сушіння. Використання штучного інтелекту для аналізу та оптимізації параметрів дозволяє мінімізувати витрати енергії та запобігти перевисушуванню або недостатньому висушуванню продукції. Інтеграція з системами ERP дозволить підприємствам автоматизувати управління логістикою, контролювати запаси та оптимізувати виробничі процеси. Впровадження нейронних мереж для прогнозування найефективніших параметрів сушіння дозволить досягти максимальної продуктивності при мінімальних витратах. Розробка самонавчальних алгоритмів сприятиме підвищенню стабільності роботи сушильних камер за різних умов навколишнього середовища.

4. Альтернативні методи сушіння

Вакуумне сушіння зменшує температуру випаровування вологи, що дозволяє зберегти максимум корисних речовин, покращуючи органолептичні властивості продукту. Інфрачервоне сушіння забезпечує швидке нагрівання внутрішніх шарів продукту, що скорочує час процесу і підвищує рівномірність сушіння. Радіаційне сушіння використовується для делікатних продуктів, забезпечуючи швидке зневоднення без значних структурних змін. Розробка комбінованих технологій, що поєднують кілька методів сушіння, дозволить забезпечити найкращі характеристики кінцевого продукту. Дослідження електромагнітного сушіння можуть відкрити нові можливості для мінімізації енергоспоживання при збереженні якісних характеристик продуктів.

Висновки. Оптимізація промислових сушарок для фруктів і овочів сприятиме підвищенню ефективності виробництва, скороченню втрат та покращенню якості кінцевого продукту. Подальші дослідження в цьому

напрямку допоможуть впровадити новітні технології для розвитку харчової промисловості та аграрного сектору. Впровадження цифрових систем керування та альтернативних джерел енергії дозволить досягти значної економії ресурсів та підвищити конкурентоспроможність виробників. Інтеграція штучного інтелекту та нейромереж дасть змогу розробити більш гнучкі, енергоефективні та адаптивні системи сушіння, що відповідатимуть сучасним вимогам ринку.

**Список використаних джерел**

1. Котов Б.І. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (очищення, сепарація, сушіння, активне вентилювання, охолодження): [колект. монографія]. Нац. акад. аграр. наук України, Нац. наук. центр "Ін-т механізації та електрифікації сіл. госп-ва". Київ ; Ніжин : Лисенко М. М. 2017. 551 с.

2. Shvidia, V.O., Stepanenko, S.P., Kotov B.I., Spirin A.V., & Kucheruk V.Yu. (2022) Influence of vacuum on drying of seeds of grain crops Herald of Karaganda University. "Physics" series. № 3(107)/2022– p. 90-98. https://doi:10.31489/2022PH3/90-98

3. Калініченко Р. А., Войтюк В. Д. Енергоефективні режими роботи машин для високоінтенсивної термообробки зернових матеріалів. Ніжин: Вид. центр НДУ ім. Гоголя, 2017. 261 с.

**УДК 631**

## НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ СИСТЕМНИХ ТРАКТОРІВ NEXAT

**А. С. КОМАРОВ** викладач
***Ніженський фаховий коледж***
*E-mail:* A0969551209@ukr.net

**Анотація**

У даній статті розглянуто сучасний системний трактор NEXAT, та наведені його характеристики, переваги і недоліки.

**Вступ.** У сучасному сільському господарстві для вирощування великих врожаїв використовується велика кількість різноманітної техніки та агрегатів, що в свою чергу збільшує трудомісткість робіт, тому компанія NEXAT GmbH, вирішила розробити і створити перший системний трактор який може задовольнити всі потреби сільськогосподарського виробництва.

**Виклад основного матеріалу.** NEXAT це сучасний універсальний трактор який забезпечує повний цикл виконання усіх сільськогосподарських

робіт від початкового етапу посіву культури та до завершального збирання врожаю.

Рисунок 1 зовнішній вигляд трактора (*Джерело Компанія NEXAT GmbH)*

Серцем даного трактора є два дизельні двигуни по 545 к.с. вони в свою чергу обертають 4 генераторні установки які забезпечують електрострумом 4 електродвигуна по 200к.с кожний, відповідно електродвигуни встановлені на кожному із рушіїв.

Системний трактор NEXAT спроектований як автономна машина та оснащений системою моніторингу навколишнього середовища що дозволяє більш ефективно виконувати агротехнічні операції на складному рельєфі полів. Головною особливістю трактора є встановлення сучасного навігаційного обладнання, що дозволяє трактору зберігати маршрути по обробленому полі після посіву під час догляду за рослинами тракатор буде рухатися по одному і тому маршруту з відхиленням 1-2 см, забезпечуючи зменшення ущільнення ґрунту по всій ділянці поля.

Всі знаряддя з якими агрегатується даний трактор є широко захватними що забезпечує високу продуктивність. Головною перевагою є агрегатування знарядь із даним трактором адже всі знаряддя спроектовані таким чином що вони не причіпні, як зазвичай, а навісні, що в свою чергу через конструкцію даного агрегату збільшує його вагу та забезпечує зменшення фактору буксування та за рахунок цих факторів збільшує ККД порівняно з іншими тракторами.

Рисунок 2 Приклад знаряддя з якими агрегатується NEXAT
*Джерело Компанія NEXAT GmbH)*

Знаряддя розміщуються між чотирма великими гусеничними або колісними блоками, які можна повертати на 90° що покращує ситуацію під час переїздів. В даний трактор інтегровані сучасні технології автоматичного керування що забезпечує автономну роботу без присутності оператора у кабіні трактора фактично один оператор може керувати 2-3 такими тракторами.

Додатково трактор оснащений системами зовнішнього керування які базуються на використанні супутникових сигналів GPS.

Рисунок 3 Зовнішнього органу курування NEXAT
*Джерело Компанія NEXAT GmbH)*

**Висновок**

Дана технологія системного трактора є перша у своєму виконані, технологія є досить перспективна, адже наявність одного такого агрегату у господарстві закриває всі потреби сільськогосподарського виробника. NEXAT буде вдосконалюватися і розвиватися безпосередньо на території України.

## Список використаних джерел


ехнічна характнеристика комбайнового модуля NexCo

HYPERLINK "https://traktorist.ua/articles/nexat-pislya-viyni-planuiemo-zapustiti-skladannya-

**УДК 631.171**

# АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

**О. М. ВЕЧЕРА**. ст. викладач
**Б. В. ТЕСЛЮК**, студент;
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* olegvv14@gmail.com, teslyk_bogdan@gmail.com

В умовах ринкової економіки прибутковість господарювання протягом виробничого циклу залежить від оптимального вирішення ключових питань: розподілу функцій між людиною та машиною за допомогою організаційно-технологічних засобів; відображення поточного й прогнозованого майбутнього впливу оточуючого середовища; нормування витрат ресурсів у диференційно-просторовому визначенні. Тобто використання сучасних інформаційних технологій в сільськогосподарському виробництві зумовлює тактику й стратегію агротехнологій точного виробництва, визначення оптимальної норми поживних речовин у ґрунті для оптимального росту і розвитку рослин на всіх стадіях веґетації базуються на концепції, що агрохімічний склад ґрунту є індикатором його родючості й потребує першочергової уваги. Впровадження технологічної й технічної новизни у сільськогосподарське виробництво має здійснюватися шляхом системного аналізу технологічних процесів із визначенням їх економічної ефективності. Системи точного виробництва отримують усе більше визнання й розповсюдження. Вони базуються на новому погляді на сільське господарство, за якого сільськогосподарські угіддя, не однорідні за рельєфом, ґрунтовим покривом і агрохімічним вмістом, вимагають застосування на кожній ділянці найбільш типових агротехнологій [1].

Розвинуті країни світу вже давно зрозуміли, що інформаційні технології можуть приносити неабияку користь сільському господарству. У США, Японії, Китаї, деяких європейських країнах (Німеччина, Велика Британія, Голландія, Данія) "точним сільським господарством" почали займатися у 80-х роках минулого століття. У країнах Східної Європи на роль інформаційних технологій в агросекторі звернули увагу лише з середини 90-х, коли виникла можливість використовувати мережу відбору проб ґрунту для агрохімічного обстеження разом із недавно розробленою технологією диференціального внесення добрив. Можливість використати інформаційні системи для високоточного усунення неоднорідності в родючості ґрунтів на великих просторах зробила цю концепцію популярною, що вважається етапом комерціалізації точного землеробства. Отже, в основі наукової концепції точного виробництва закладені уявлення про існування неоднорідностей у межах одного поля. Для оцінки і виявлення таких неоднорідностей використовуються найновітніші технології, в тому числі системи навігації

GPS та інші, спеціальні датчики, аерофотозйомка, програми аграрного менеджменту на базі геоінформаційних систем. Основа точних технологій звужує його сутність до управління своєчасним втручанням у процес вирощування сільськогосподарських культур із тим, аби зробити це управління більш контрольованим. Концепція сайт-специфічного управління сільськогосподарськими площами – практика точного землеробства, заснована на оптимальному використанні ресурсів для покращання родючості ґрунтів. При цьому рішення можуть прийматись як для реагування та корегування часових змін у межах веґетаційного періоду, так і для підвищення ефективності виробництва в цілому. Метою агротехнологій точного виробництва є отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур з мінімальними витратами на підвищення родючості ґрунту, захист рослин від бур'янів, хвороб і шкідників та на підживлення рослин добривами. Завдання сучасних технологій полягає у визначенні етапів впровадження точного виробництва з урахуванням інноваційних досягнень науково-технологічного прогресу [2, 3].

Системи точних технологій отримують усе більше визнання і розповсюдження в Україні. Їх мета – підвищення виробництва сільськогосподарської продукції та збереження навколишнього середовища. Системи точних технологій, що використовуються у сільськогосподарському виробництві, мають низку складових. Завданням даних підсистем є: моніторинг і контроль використання техніки; автоматичний моніторинг урожайності і складання карт урожайності полів; складання ґрунтових карт із використанням автоматичних ґрунтових відбірників; можливість вносити необхідну кількість добрив, пестицидів і насіння на різні ділянки одного й того ж поля; спостереження за динамікою процесів на основі накопичення, збереження і наочності зібраних даних; відслідковування зміни стану полів і посівів на різних ділянках, що допомагає визначити послідовність їх обробітку; багатофакторний аналіз і візуалізація зібраних даних тощо.

Підсистема точного землеробства включає:

- організацію первинного обліку фактично використаної ріллі за допомогою GPS-технологій і пристроїв високоточної навігації, паспортизації полів, створення електронних карт полів, агрономічний облік по кожному полю і робочій ділянці;
- проведення агрохімічного обстеження полів за допомогою автоматичних ґрунтовідбірників й спектрометричний лабораторний аналіз;
- проведення моніторингу земель (поточний, щорічний, облік змін розміру землекористування і структури посівних площ).

Підсистема точного рослинництва включає:

- складання проекту землеустрою господарства (вибір сівозмінних площ під застосування інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, розміщення кормових і спеціальних сівозмін);
- оптимізація системи удобрення на заплановану урожайність на основі дослідження агрохімічних властивостей ґрунтів.

У залежності від біологічних вимог сільськогосподарських культур, отриманих на основі результатів польових і лабораторних обстежень і розрахунку даних, вноситься диференційована (відносно розробленої ґрунтової карти і розташування на місцевості) норма елементів живлення. Таким чином, досягається оптимізація живлення культур і вирівнювання урожайності відповідно різних ділянок поля. Це забезпечує економію добрив, підвищення урожайності та якості сільськогосподарської продукції, а також створює умови для збереження навколишнього середовища. Крім того, зниження антропогенного навантаження на агробіоценози підвищує їх стійкість, даючи змогу отримати додатковий приріст урожаю за рахунок біологічних факторів.

Таким чином економічним обґрунтуванням використання точних технологій є: повне використання потенціалу рослин; економія внесення засобів захисту і добрив; економія від скорочення кількості проб у ході точкового агрохімічного аналізу ґрунту; економія витрат на насіння. Ці показники дають можливість не тільки окупити придбання спеціальних приладів за 2–3 роки, а й отримати значні прирости урожаю сільськогосподарських культур.

**Список використаних джерел**

1. Інформаційні системи. Сучасні інформаційні системи [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://ua.textreferat.com/referat-7738-1.html.
2. Гафіяк А.М. Вимоги до розробки сучасних геоінформаційних систем / А.М. Гафіяк, О.В. Фінагіна // Економіка і регіон: наук. вісн. – Полтава: ПолНТУ, 2012. – №5(23). – С. 81-85.
3. Тверезовська Н. Т. Інформаційні технології в агрономії : навч. посіб. / Н. Т. Тверезовська, А. В. Нєлєпова. – К. : «Центр учбової літератури», 2016. – 272 с

**УДК 631.171**

## АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АПК

**О. М. ВЕЧЕРА**. ст. викладач
**Б. В. ТЕСЛЮК**, студент;
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* olegvv14@gmail.com, teslyk_bogdan@gmail.com

Використання інформаційних технологій на виробництві і особливо в на підприємствах АПК є актуальним для переходу сільського господарства світу на більш продуктивний шлях. Сучасні інформаційні системи, як елементи аграрних технологій, створюються для отримання, зберігання й використання

великих обсягів інформації в технологіях підготовки, сівби,догляду за культурами та збору урожайності з метою інтегрованого піходу до виконання кожної операції.

Ускладнення соціального, економічного та політичного життя, індустріального виробництва й зміна динаміки процесів у всіх сферах діяльності людини давно зумовили зріст знань і стимулювання розвитку нових засобів для задоволення інформаційних потреб, значущих для суспільства. Агропромисловий комплекс (АПК) характеризується складністю та комплексністю завдань для вирішення. Для забезпечення мінімальних витрат та оптимізації процесів виробництва сільськогосподарської продукції виникає необхідність використання нових надбань науково-технічного прогресу - переходу до новітніх методів інформаційного забезпечення та управління сільським господарством і широкого застосування автоматизованих систем керування техніки та інформаційних технологій . У свою чергу стрімкий розвиток інформаційних технологій набуває характеру глобальної інформаційної революції в сільському господарстві, що слугує поштовхом до подальшого розвитку сучасного суспільства, в якому зсув цінностей відбувається саме в бік інформації. Це призводить до утворення єдиного інформаційного простору всюди, доступ до якого спрощується з розвитком інформаційних технологій (ІТ), систем телекомунікацій, сучасної матеріально-технічної бази.

Інформація в сучаснму світі є одним з найважливіших стратегічних і управлінських ресурсів, її виробництво та споживання складають необхідну основу ефективного функціонування і розвитку різних сфер суспільного життя, в тому числі економіки сільськогосподарського виробництва. Для отримання максимально високого врожаю інформація,така, як сукупність багатьох факторів - особливості оброблюваної культури і погодні умови, стан грунту, є центральною ланкою. Точні дані щодо росту та розвитку рослин відіграють роль під час планування, підкормки, поливу та інших заходів.

Для отримання якісної цифрової інформації перш за все необхідно провести збір даних, які є потенційним джерелом інформації. Термін "дані" походить від латинського слова "data" - факт. Дані - це результат фіксації, відображення інформації на якомусь матеріальному носії.

Дані – це відомості, отримані шляхом виміру або спостереження, логічних або арифметичних операцій і які представлені у формі що придатна для постійного зберігання, передачі й автоматизованої їх обробки.

Дані слугують лише вихідним матеріалом, аналізуючи який, можна отримати якісну продукцію. Проте слід розрізняти дані, як сукупність будь-яких різних відомостей, та інформацію як частину тих же чи інших відомостей, корисних за певних умов отримання їх.

Поняття "інформація" має доволі багато тлумачень і визначень. Так, у Законі України "Про інформацію" закріплено право громадян на інформацію та закладено правові основи інформаційної діяльності. Термін “інформація” визначено як "документовані або публічно оголошені відомості про події та

явища, що відбуваються у суспільстві, державі, навколишньому природному середовищі". У різних теоріях і концепціях інформацію визначають з різних сторін, тому що саме через багатогранність це поняття краще за все тлумачити лише в контексті явищ або процесів, що розглядаються в даний момент.

Зупинимось на такому визначенні інформації, яке певною мірою відповідає сутності теми, що вивчається:

Інформація - це сукупність різноманітних знань і сигналів, відомостей, що є об'єктом збереження та передачі і перетворення.

Залежно від часу запиту і критеріїв, охоплення всіх видів інформації можна класифікувати таким чином:

- ретроспективна, поточна і перспективна;
- нормативна, фактична і додаткова, що є необхідними в плануванні та техніко-економічному обгрунтуванні тощо;
- тематична, галузева, бібліографічна, картографічна, аналітична, довідкова, концептуальна тощо.

Кожен вид інформації має якісно-кількісні характеристики (актуальність та новизна, надійність і обсяг), вартісні виміри, життєвий цикл. Атрибути та аспекти, характерні для інформації, визначають Гужва В.М.[1], В. Ситник [2], розмежовуючи означене поняття.

Властивості, які характерні в управлінській сфері сільського господарства, мають такий вигляд:

- інформація достовірна, якщо вона не спотворює істинного стану справ;
- інформація повна, якщо її кількості достатньо для розуміння і прийняття рішень;
- інформація чітка й зрозуміла, якщо вся вона виражена мовою, якою спілкуються ті, для кого вона призначена;
- цінність і якість інформації - це міра розширення та розвитку тезауруса під час прийняття його та інтерпретації повідомлення, міра зниження стану невизначеності економічного суб'єкта і міра просування до мети;
- адекватність інформації – це певний рівень відповідності, який створюється за допомогою цієї отриманої інформації та образу реального об'єкта або процесу чи явища тощо.

Для сучасного АПК інформація має виняткове значення, тому що будь-яка діяльність такого об'єкта базується на знаннях конкретної ситуації та життєвого циклу інформації, яка складається на ринку товарів або послуг, робочої сили і засобів виробництва, грошей тощо [3, 4].. Фахівці-агрономи, які пов'язані з конкретним управлінням в АПК, не можуть обходитись без вірогідної інформації (релевантної інформації, від англ. relevant- те, що стосується даної справи) при виробленні та прийнятті тих чи інших рішень.

Недостовірні ж дані мають негативний вплив на прийняття рішень, наприклад, щодо планування вирощування якоїсь культури. Це в свою чергу може призвести до значного зменшення валового продукту, який отримається.

**Список використаних джерел**

1. Гужва В.М. Інформаційні системи і технології на підприємствах: навч. посібник. -К.: КНЕУ, 2001.-400 с. ISBN 966-574-261-2

2. Ситник В.Ф. Системи підтримки прийняття рішень: [навч. посібник] / В.Ф. Ситник -К: КНЕУ, 2004.-614 с.

3. Гафіяк А.М. Вимоги до розробки сучасних геоінформаційних систем / А.М.Гафіяк, О.В. Фінагіна // Економіка і регіон: наук. вісн. – Полтава: ПолНТУ, 2012. – №5(23). – С. 81-85.

4. Тверезовська Н. Т. Інформаційні технології в агрономії : навч. посіб. / Н. Т. Тверезовська, А. В. Нєлєпова. – К. : «Центр учбової літератури», 2016. – 272 с

**УДК 631.4:31**

## АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРИЙОМІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

**Я. М. ДОЛІНСЬКИЙ**, студент,
**В. М. МАРТИШКО**, кандидат технічних наук
***НУБІП України,***
*E-mail:* vm.mart@ukr

Обробіток ґрунту - найбільш важлива та енергоємна частина технологічного процесу отримання продукції рослинництва, у структурі якої витрати на паливо становлять 10 – 5%, і приблизно половина його витрачається на обробіток ґрунту. У процесі обробітку ґрунту розв'язують такі основні завдання: розпушування пласта і формування рівномірної структури ґрунту, знищення бур'янів, закладення рослинних решток і добрив, створення умов для утворення поживних речовин і формування гумусу.

Вибір системи обробітку ґрунту має бути таким, щоб витрати на розпушування пласта були мінімальними. Найбільший ефект дає перехід на нетрадиційні ґрунтозахисні (безполицеві, мінімальні та нульові) системи обробітку ґрунту.

Рівномірна структура ґрунту забезпечує сприятливий повітряно–водний режим, сприяє інтенсифікації обмінних процесів і біохімічних реакцій за участю дихаючих рослин і аеробної мікрофлори ґрунту, а також сприяє прискоренню реакції фотосинтезу.

Добре обробленим пухким вважається ґрунт, у якому об'єм пустот у 1,5 рази вищий за об'єм твердих частинок. Щільність має становити від 1,0 до 1,1 г/см$^3$ (для абсолютно сухого ґрунту). У разі збільшення густини вище 1,2 г/см$^3$ зростає частка витрат енергії росту рослин, яка витрачається на подолання сил фізичної взаємодії структурних агрегатів. У результаті знижується швидкість

розвитку кореневої системи, що своєю чергою обмежує доступ рослини до поживних речовин і до вологи ґрунту.

Оранка – найбільш енергоємна операція з обробітку ґрунту, на яку припадає понад 50% загальної витрати палива. Зменшення глибини оранки з 20...22 см до 16...18 см, найчастіше, не знижує врожайність озимих культур і дає змогу заощадити до 12% палива. Чергування напрямків оранки, а також проведення культивації та боронування в діагонально–перехресному напрямку щодо оранки дає, змогу зменшити витрати палива на вирівнювання поверхні поля після оранки на 4,5...5 кг/га.

Значну економію палива може бути отримана від застосування оборотних плугів. Рух орного агрегату човниковим способом скорочує витрати палива на холостий хід під час поворотів і переїздів, який за традиційного способу оранки в звал і розвал становить понад 10% від загальної витрати. Заміна оранки полів, чистих від багаторічних бур'янів, на дискування, плоскорізний обробіток і чизелювання дає змогу значно (до 5 кг/га) знизити витрати палива на основний обробіток. За безполицевого обробітку не витрачається енергія на підйом і оборот пласта.

На супіщаних ґрунтах, плоскорізний і чизельний обробіток зменшує інтенсивність водної та вітрової ерозії ґрунту і є невід'ємною частиною ґрунтозахисної системи землеробства. Не заорані рослинні рештки захищають верхній шар від видування та вимивання талими й дощовими водами та сприяють збереженню ґрунтової вологи.

Обробіток ґрунту чизельними культиваторами і плугами, а також розпушувачами-щілювачами зі стрілчастими розпушувальними лапами дає змогу в 1,3...1,5 раза зменшити загальні енерговитрати, а також покращує агрофізичні властивості ґрунту та підвищує врожайність культур.

В цілому застосування безполицевих технологій дає змогу знизити витрати палива на 13,4...27,8 кг/га, металу - на 11,6...12,9 кг/га і витрат праці – на 0,9...1,33 люд-год/га. Однак безполицевий обробіток не забезпечує розв'язання завдання загортання та знищення бур'янів.

Тривале застосування безполицевого обробітку призводить не тільки до накопичення бур'янистої рослинності, а й зумовлює диференціацію родючості та щільності за шарами ґрунту, тому доцільним є чергування оранки з дискуванням, плоскорізним обробітком та чизелюванням у межах сівозміни.

Останнім часом дедалі більшого застосування знаходять машини, що поєднують у собі знаряддя для основного (плоскоріжучі лапи, чизельні та оборотні плуги) і передпосівного обробітку ґрунту, які дають змогу за один прохід машино-тракторного агрегату повністю підготувати ґрунт до сівби та посадки культур. Такий підхід дає змогу більш ефективно використовувати тягові характеристики енергонасичених тракторів і за рахунок невеликих габаритів агрегату скоротити витрати палива на холостий хід. За даними вітчизняних учених, застосування комбінованих агрегатів дає змогу знизити витрату дизельного пального: у разі суміщення оранки та коткування - на 12...16%; культивації, боронування і коткування - на 15...20%.

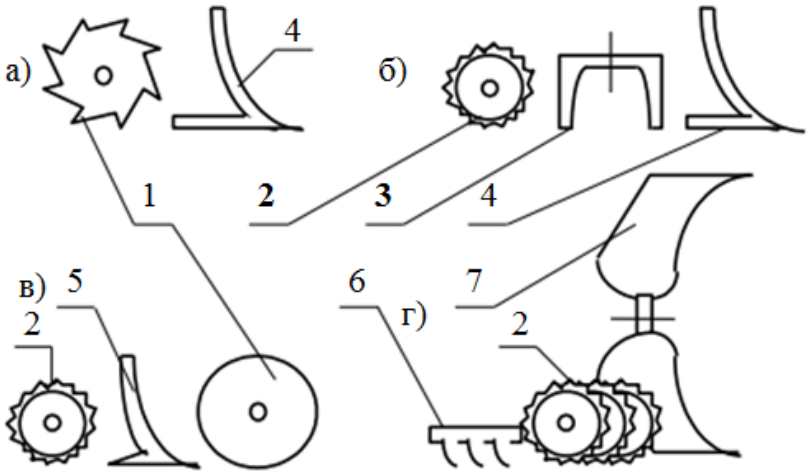



Рис. Варіанти суміщення операцій у комбінованих агрегатах:1 – диски; 2 – котки; 3 – вертикальні (або горизонтальні) фрези; 4 – глибокорозпушувальні лапи; 5 – культиваторні лапи; 6 – борони; 7 – оборотні плуги.

Сучасні комбіновані агрегати провідних світових виробників забезпечені системами автоматичного контролю і просторової орієнтації, які, працюючи спільно з бортовим комп'ютером трактора, дають змогу проводити диференційований обробіток ґрунту за електронною картою.

Автоматична зміна глибини обробітку ґрунту безполицевими знаряддями дає змогу заощадити до 50% палива.

Високі вимоги мають висуватися до комплектування машино–тракторного парку. Обмежені можливості придбання ґрунтообробних знарядь із різною продуктивністю та широким захвату ускладнюють правильне комплектування машинно–тракторного агрегату. Неправильний вибір машин призводить до того, що трактори виявляються або перевантаженими, або недовантаженими.

В результаті підвищується витрата палива і зменшується ресурс двигунів. Механізатор змушений змінювати швидкість руху, що призводить до порушення агротехнічних вимог проведення робіт і додаткових енерговитрат. Застосування сучасних плугів, у конструкції яких передбачається можливість плавної зміни ширини захвату, забезпечує максимально ефективне використання тягових характеристик трактора в різних умовах роботи.

**Висновок.** Щоб забезпечити зменшення енергетичних затрат, потрібно потрібний диференціальний підхід при виборі прийомів обробітку ґрунту з врахуванням наявної техніки і дотримання вимог технологій вирощування конкретної культури

**УДК 631.315.2.001.63**

# ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНІСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОДРІБНЮВАЧІВ РОСЛИННИ РЕШТОК

**Р. Б. ЛІВАНДОВСЬКИЙ**, студент,
**В. М. МАРТИШКО**, кандидат технічних наук,
***НУБІП України,***
*E-mail:* vm.mart@ukr.net

За останні 20 років кількість органічних добрив, що вносяться у ґрунт в нашій країні, зменшилась приблизно у 7 разів. Тому рослини забирають із ґрунту значно більше поживних речовин, ніж вноситься. В результаті щорічні втрати гумусу з ґрунтів за розрахунками вчених-ґрунтознавців становлять близько 20 млн. тонн. Якщо негайно не запровадити заходи зі збереження гумусу, то чорноземи перетворяться на малородючі землі.

Досвід провідних аграрних країн показує: реальним шляхом зменшення втрат гумусу в ґрунтах і покращення їх родючості, який не потребує великих фінансових витрат, є підвищення ефективності використання пожнивних решток, що залишаються на полях після збирання урожаю. В цих країнах пожнивні залишки (стерня, стебла бур'янів, валки соломи) подрібнюються спеціальними машинами - подрібнювачами. Вони не тільки скошують добривом, що підвищує родючість і сприяє розвитку корисної мікрофлори ґрунтів. Після такого подрібнення рослинні рештки надійно покриваються шаром ґрунту, навіть при його обробітку дисковими знаряддями, які зараз широко використовуються нашими хліборобами. Як результат, забезпечується розкладання рослинних залишків і ефективне збагачення ґрунту органікою.

Є подрібнювачі, які встановлюються на збиральному комбайні, а є окремі агрегати. Подрібнення рослинних решок, особливо грубих, потребує значної енергії. Тому якщо подрібнювачем обладнаний збиральний комбайн — ми втрачатимемо у продуктивності машини. Якщо говорити про більш прагматичну американську технологію, то там комбайн здійснює збирання, а потім спеціалізованим широкозахватним подрібнювачем (мульчером) у підходящий момент подрібнюють солому. Є два типи мульчувальних агрегатів: із горизонтальною віссю та вертикальною. У них різні енерговитрати, різна якість роботи. Серед вітчизняних виробників, які випускають агрегати для подрібнення польових решток, відзначити хочу Білоцерківський, Уманський і Красилівський заводи. А якщо говорити про подрібнення у ягідниках або виноградниках, а це вже йдеться про вузькоспеціалізований сегмент техніки, яку випускає завод «Полігон» з Одеси.

**Висновок.** Кращими є подрібнювальні агрегати фірм Kuhn, Schulte, Unia. Питання, який подрібнювач використовувати, кожен сільгоспвиробник вирішує сам залежно від його системи сівозміни, стратегії агробізнесу.

**420УДК 631.331**

# АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ ВІДЦЕНТРОВОГО РАДІАЛЬНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

**В. І. МЕЛЬНИК,** д.т.н., професор**,**
*ORCID: 0000-0002-1176-2831*.
**А. П. ЗЕЛЕНСЬКИЙ** аспірант,
***Харківський державний біотехнологічний університет, м. Харків***
*ORCID: 0000-0002-0364-5571*..

Відцентровий радіальний вентилятор забезпечує подачу повітряного потоку в пневматичну систему сівалки необхідного для роботи апарата, що висіває.

Розрахунок вентилятора ґрунтується на геометричних параметрах повітряного потоку. Це дозволяє оцінити реальну робочу точку проектованого РК. Надалі при розрахунку відцентрового радіального вентилятора враховують значення різних безрозмірних коефіцієнтів, що дозволяє якісної розробки характеристичної кривої вентилятора. Загалом під час проектування пневматичної системи індивідуального вентилятора необхідно враховувати вплив деяких чинників. Вплив факторів на значення тиску індивідуальним вентилятором підтверджується шляхом виміру параметрів на стенді.

Від вибору вихідного кута нахилу лопатки $\beta_2$ визначається конструкція РК [1], але це впливає створюване вентилятором тиску. Вибір значення вихідного кута нахилу лопатки $\beta_2$ впливає форму напірно – витратної характеристики, та навіть на гідравлічні якісні показники вентилятора (форму каналів РК, корпусу вентилятора, трубопроводів) Таким чином:

- вибір значення вихідного кута нахилу лопатки $\beta_2$ залежить від величини коефіцієнта швидкохідності $n_y$[2];
- величина вихідного кута нахилу лопатки $\beta_2$ значно впливає на величину ККД вентилятора $\eta_в$;
- збільшення вихідного кута нахилу лопатки $\beta_2$ призводить до зростання гідравлічних втрат на удари та вихреутворення в корпусі вентилятора, до зростання створюваного тиску вентилятором.

Вибір числа лопаток РК пов'язаний безпосередньо з вибором значення вихідного кута повітряного потоку з лопаток $\beta_2$ а також з коефіцієнтом швидкохідності $n_y$[1]. Для вибору раціонального числа лопаток РК вентилятора необхідно керуватися такими положеннями: швидкість руху повітряного потоку в каналах проточної частини повинна проходити рівномірно, для зниження тиску на лопатки РК необхідно мати велику кількість лопаток, але збільшення числа лопаток збільшує площу тертя повітряного потоку про поверхню, що призводить до зниження величини відносної швидкості протікання частинок повітряного потоку, а також виникнення додаткових гідравлічних втрат. При відносно невеликих значеннях коефіцієнтів швидко-

**Рисунок 1 –** Блок – схема алгоритму розрахунку параметрів проточної частини ВРВ.

хідності та великих значеннях вихідного кута нахилу лопаток, застосовується, як правило, більше число лопаток РК. Товщину лопаток вибираємо залежно від матеріалу РК, його розмірів та технології виготовлення [3]. Запропонований алгоритм (рисунок 1) розрахунку основних геометричних параметрів пневматичної системи відцентрового радіального вентилятора, спираючись на режими роботи пристрою, дозволило знайти компромісне рішення в основі яких знаходяться суттєві втрати, експлуатаційні втрати, пов'язані зі створенням та експлуатацією для пневматичних систем сівалок в умовах виробництва сівалок. Отже використовуючи такий підхід при розрахунку основних параметрів ВРВ дає можливість створити більш продуктивну конструкцію для підвищення ефективності висіву насіння просапних культур.

**Список використаної літератури**

1. Frank M. White Fluid Mechanics. Eighth edition in si units. University of Rhode Island, Published by McGraw-Hill Education -2016.-864 p.
2. Wilcox, David C. Turbulence Modeling for CFD. 3rd edition. 2006 by DCW Industries, Inc. 509p.
3. Spalart P.R., Allmaras S.R. A one-equation turbulence model for aerodynamic flow // La Recherhe Aerospatiale. – 1994. – N 1. – P. 5–21.

**УДК 631.34**

## КОМБІНОВАНИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ДОГЛЯДУ ЗА ҐРУНТОМ В САДАХ

**В. М. МАРТИШКО** канд. технічних наук, доцент
***НУБіПУ***

**Мета роботи**. Покращення якості обробітку грунту в садах шляхом вибору комплексу машин і розробки пристрою для знищення бур'янів і вирівнювання пристовбурних смуг в садах

**Результати роботи**. Машини для обробітк грунту в садах, зокрема дискові борони обладнані спеціальними причіпними пристроями, які дозволяють агрегатувати їх із тракторами з виносом в бік ряду до 3,5 м.

Винос робочих органів садових дискових борін вбік від поздовжньої осі трактора відбувається за рахунок асиметричного розташування дискових батарей і різниці реакції грунту на робочі органи передньої і задньої дискових батарей. Тому при багаторічному застосуванні дискових борін з асиметричним розташування батарей в міжряддях саду утворюється змінений мікрорельєф з утворення по середині міжрядь підвищення і впадин в пристовбурних смугах.

Змінений мікрорельєф грунту міжряддях ускладнює в подальшому обробіток пристовбурних смуг, застосування плодозбиральних та інших

машин. В пристовбурній смузі утворюється мікро тераса шириною до 1 м і висотою до 25 см.

Кількість грунту, яку необхідно перемістити із центру міжрядь в пристовбурні смуги можна визначити так: $Q = 5 \times 10^3 h_{ср} \rho ( 1 – C/B )$, де $h_{ср}$ – середня висота шару, що зрізається, м; $\rho$ – щільність грунту, т/м$^3$; $C$ – ширина захисної смуги, м; $B$ – ширина міжрядь саду, м.

Для вирівнювання грунту в міжряддях на 1 га необхідно буде перемістити на віддаль 2…2,5 м 150…200 т грунту.

З аналізу стану обробітку грунту в садах встановлено, що вирівнювання грунту можливе двома шляхами: 1) застосування спеціальних машин; 2) використання існуючого комплексу машин з удосконаленням їх конструкцій і відповідній комплектації.

В НДІ садівництва був розроблений широкозахватний комбінований агрегат для весняно-літнього обробітку грунту в садах з міжряддями 6…10 м за один прохід агрегату. В агрегаті бокові секції дискових борін установлюють так, що вони зміщують грунт вправо або вліво і таким чином вирівнюють міжряддя.

Широкозахватний агрегат складається: трактора, напівначіпної зчіпки, дискових борін БДТ- 1,3А, садового широкозахватного культиватора. Напівначіпна зчіпка трьохсекційна. Складається із передньої рамки яка начеплена впоперед трактора і двох бокових секцій, прикріплених до рами за допомогою подвійного шарніра і розтяжки. На бокових секціях встановлені гідроначіпні механізми і опорні колеса . Наявність шарніра дозволяє боковим секціям копіювати рельєф грунту і переставляти секції вперед при переведенні в транспортне положення. Під час роботи в загінці гідромеханізм навіски і чотирьохланковий механізм дискових борін дозволяє виносити робочі органи в правий і лівий бік від центру навіски на віддаль до 1,5 м, а при виїзді з міжрядь і на повороті зводити робочі органи до трактора.

В результаті польових досліджень встановлено, що при використанні комбінованого агрегату техніко-економічні показники покращуються в порівнянні з існуючою технологією з використанням вирівнювачів. Затрати праці зменшуються на 0,49 люд.год/га, палива – 0,12 ц/га. Ступінь знищення бур’янів складає 96...98 %.

**Висновок**. Покращити процес обробітку грунту в садах не змінюючи мікрорельєф в міжряддях,можна шляхом підбору необхідних грутообробних знарядь та технологічних операцій, зокрема використання комбінованих агрегатів

**УДК 631.356.4**

# АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

**Д. В. ЧАЩОВИЙ**, студент,
**В. М. МАРТИШКО**, кандидат технічних наук,
***НУБІП України,***
*E-mail:* vm.mart@ukr.net

Одна з головних умов одержання високих врожаїв при інтенсивній технології вирощування полягає в якісному передпосівному обробітку ґрунту, який виконують паровими культиваторами та комбінованими агрегатами, що забезпечує дрібногрудкувату структуру ґрунту та сприятливі умови для сівби і росту ріпаку.

Для передпосівного обробітку ґрунту використовують різні машини та ґрунтообробні агрегати, переважно використовують комбіновані ґрунтообробні агрегати, які за один прохід виконують декілька операцій: суцільну культивацію, вирівнювання поверхні поля, подрібнення і ущільнення ґрунту, глибоке розпушування ґрунту по ширині і глибині тракторної колії.

Культиватор КПН-8, «Вакула» призначений для передпосівного обробітку ґрунту у всіх ґрунтово-кліматичних зонах, за виключенням районів з кам'янистими ґрунтами на глибину від 5 до 15 см. Робочим органом культиватора є звичайна стрілчаста лапа шириною 270 мм, яка встановлена на жорстко закріпленій стійці, що дає змогу якісно проводити обробіток ґрунту на задану глибину без виглиблення на твердому ґрунті. Недолік культиватора - ущільнення ґрунту при підвищеній вологості.

Культиватор Lemken Kompaktor дає змогу досягти рівномірної глибини і ущільнення ґрунту що є важливим при сівбі ріпаку. За один прохід Kompaktor виконує декілька операцій. Спочатку передній коток вирівнює ґрунт і забезпечує перше подрібнення великих грудок, далі два ряди стрілчастих лап проводять суцільне розпушування, за ними розміщений задній коток, а в кінці причіпний коток який забезпечує ущільнення ґрунту. Після проходу агрегату розпушений ґрунт знаходиться на твердій основі, а його дрібногрудкова структура забезпечує рівномірні сходи рослин. Завдяки тому що попереду й позаду розпушувальних лап встановлені котки ущільнення відбувається не робочими органами, а котками що сприяє якісній підготовці ґрунту під посів.

Особливість культиватора Vector від німецької фірми Kockerling полягає в блоці гідравлічного налаштування глибини за допомогою якого, можна безступінчасто регулювати глибину обробітку без необхідності зупинки трактора.. Ще однією перевагою цього культиватора є можливість одночасно з обробітком ґрунту вносити мінеральні добрива.

***Висновок.*** Для найбільш ефективного і якісного передпосівного ґрунту під сівбу озимого ріпаку перевагу віддають комбінованим агрегатам типу

Lemken Kompaktor і Kockerling Vector, які використовуватись не тільки при передпосівному а й при основному обробітку ґрунту.

**УДК 631.3**

## ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

**Р. А. ГОЛІКОВ,** здобувач,
**М. В. ГОРОВИЙ, О. М. КАЛНАГУЗ** старший викладач,
***Сумський національний аграрний університет, м. Суми,***
*E-mail:* fakyltet-mex@ukr.net

Без добрив, що забезпечують рослини поживними речовинами, неможливо отримати високі врожаї. Проте, щоб добриво виконувало свою функцію, його потрібно правильно рівномірно розподілити по полю. Тому сучасне господарство не може функціонувати без машин для внесення добрив, зокрема й органічних — гноєрозкидачів

На полях України безліч машин для внесення добрив (як органічних так і вітчизняних), але всі вони мають дорогу вартість. Нами було проведено патентний огляд машин для внесення добрив та можливість вдосконалення існуючих.

Так відомий всім розкидач добрив РОУ-6 має ряд недоліків, а саме одна з них: висока нерівномірність внесення добрив по полю. Тому науковцями з Житомирського ДАЕУ в свій час було запропоновано його вдосконалення. А саме розроблено розподільчий пристрій (патент № 22404), який складається з самого розкидача (який складається з ходової частини, кузова та розташованого знизу план частого, чи металевого транспортера) та двох вдосконалених розкидальних валів, які добре розподіляють органічні добрива по всій ширині захвату машини [3].

Запропонована авторами конструкція дозволяє за рахунок кращого подрібнення подрібнювальним барабаном забезпечувати кращу (високу) рівномірність внесення добрив (рис. 1).

Науковцем Геруком разом з науковою спільнотою запропоноване вдосконалення розкидача органічних добрив (патент № 78098) шляхом заміни вертикальних шнеків на вертикальні розкидальні вали, які складаються з 4 чверть еліпсів (рис. 1). Запропонована конструкція розкидача органічних добрив дозволяє збільшити ширину захвату і підвищити рівномірність внесення органічних добрив за рахунок того, що чверть еліпсні розподілювачі будуть при взаємодії з добривами забезпечувати їх різання трикутними зубами чверть еліпсів та рівномірно розкидати подрібнені таким чином добрив по обидва боки від повздовжньої осі кузова розкидача. При цьому, в разі потреби, зміна обертів валів буде суттєво підвищувати ширину розподілу добрив [4].

Науковці з НВ ТОВ "Океанмаш" запропонували (патент 39748) конструкцію машини яка дозволить вносити на поверхню поля необхідну кількість добрив.

Даний розкидач органічних добрив, який має кузов, шарнірно закріплений на рамі з можливістю повороту у вертикальній площині, пристрій для з'єднання кузова з дозатором, обладнаним опорним механізмом для встановлення на поверхню поля, та заслінкою [5].

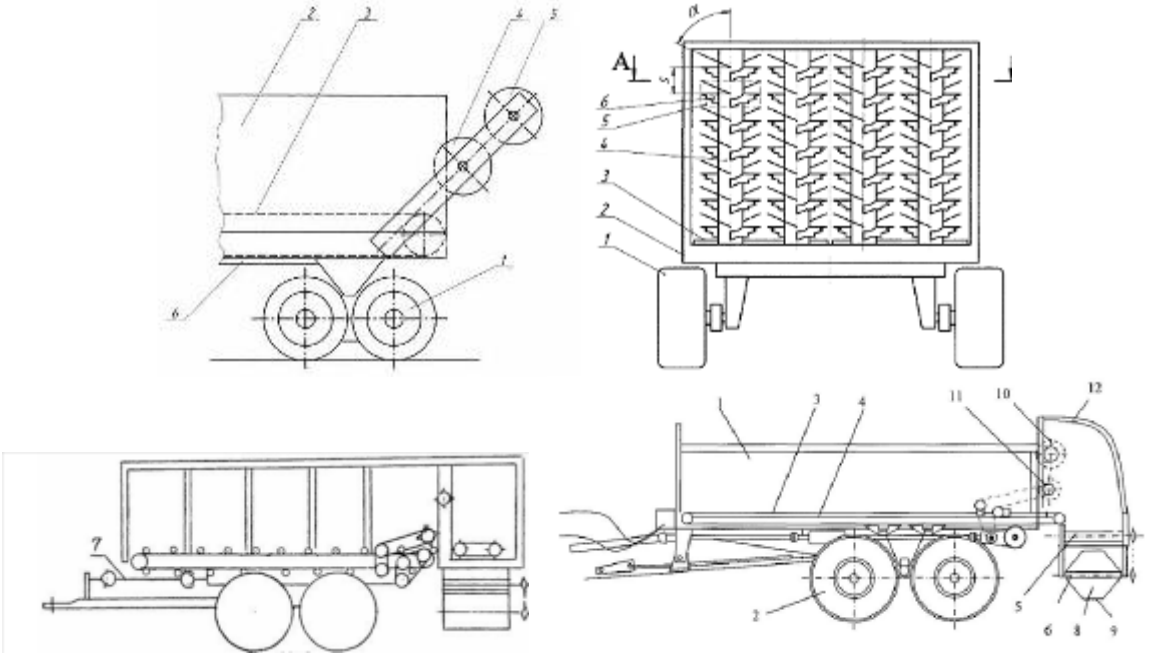


Рис. 1. Удосконалені розкидачі органічних добрив.

Науковці з Національного наукового центру "ІМЕСГ" НААН запропонувати удосконалення серійного розкидача (патент 73196) встановленням в кінці кузова серійного розкидача органічних добрив два лопатевих ротори (рис. 1), лопаті виконані зі змінною шириною то на ділянках лопатей найменш віддалених від осі бітера добрива мають мінімальну колову швидкість, яка на інших ділянках лопаті поступово весь час зростає і на ділянках лопатей найбільш віддалених від осі бітера, добрива мають максимальну швидкість. Тобто добрива, які злітають із лопатей бітера мають різні колові швидкості, в результаті чого вони розкидаються на різні відстані від бітера. Це обумовлює збільшення ширини смуги розкидання добрив, тобто по суті робочої ширини захвату розкидача і відповідне зростання його продуктивності [6].

Загалом, розкидачі органічних добрив є важливими інструментами для сільськогосподарського виробництва, оскільки вони дозволяють досягати оптимального внесення добрив на поле, що сприяє збільшенню врожаю та зменшенню витрат.

**Список використаних джерел**

1. Думич В. Машини для внесення органічних добрив. Сайт "Агрономія сьогодні". Https://agronomy.com.ua/. Агрономічний довідник для фермерів та агрономів/статті. 29.04.2024. URL: https://agronomy.com.ua/statti/2432-mashyny-dlia-vnesennia-orhanichnykh-dobryv.html (дата звернення: 14.02.2025).
2. Павленко С.І. Експериментальні дослідження показників роботи розкидача органічних добрив ПРТ-10 із двобарабанним навісним пристроєм. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: наук. журн. засн.: Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка. Харків, 2018. № 14. С. 156–164.
3. Розкидач органічних добрив : пат. 22404 Україна : A01C3/06. № u200611702 ; заявл. 07.11.2006 ; опубл. 25.04.2007, Бюл. № 5. 3 с.
4. Розкидач органічних добрив : пат. 45382 Україна : A01C 3/06. № u200905125 ; заявл. 25.05.2009 ; опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21. 3 с.
5. Розкидач органічних добрив : пат. 39748 Україна : A01C15/00. № 2001010712 ; заявл. 31.01.2001 ; опубл. 15.06.2001.
6. Розкидач органічних добрив : пат. 73196 Україна : A01C3/06. № u 2012 03915 ; заявл. 30.03.2012 ; опубл. 10.09.2012.

**УДК 631.331**

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ С.Г. КУЛЬТУР З МОДИФІКОВАНИМ ВІБРАЦІЙНИМ БУНКЕРОМ

**О. М. ВЕЧЕРА**, ст. викладач,
**Б. В. ТЕСЛЮК**, студент
***НУБІП України***
**В. В. КУЯНОВ**, доцент ***ІПДО НУХТ***
*E-mail:* olegvv14@gmail.com, teslyk_bogdan@gmail.com, Vladimir.Kuianov@bigmir.net

В сільськогосподарських машинах, таких, як протруювачі насіння та в інших, потрібне дозування зернистих матеріалів з рівномірним неперервним дозуванням насіння сільськогосподарських культур і робочої рідини, оскільки вони є необхідною передумовою рівномірної обробки насіння препаратом, а отже і досягнення високої ефективності протруювання. Ця операція часто поєднується із одночасним формуванням потоку насіння певної форми та щільності за допомогою проточних дозаторів об’ємного типу, обладнаних пасивними чи активними розподільниками насіння. Продуктивність та рівномірність потоку насіння, що подається такими дозаторами на робочий орган, визначається умовами його витікання з бункера, пропускною здатністю дозуючого отвору, гальмівною дією розподільників та ін. Продуктивність

дозаторів з активними розподільниками залежить від частоти обертання розподільника та його конструкції (диск або конус), а дозаторів протруювачів інерційно-фрикційного типу [1], у яких робочий орган одночасно є активним розподільником насіння - ще й від параметрів бокової поверхні робочого органа та вібраційними процесами протруювача. Згідно з результатами досліджень [2] вплив умов витікання насіння з бункера на рівномірність потоку визначається параметрами випускного отвору, місткості і висотою заповнення її насінням, а також його фізико-механічними властивостями, включаючи тертя.

До чинників, сприяючих зниженню сил сухого тертя, відноситься коливальний рух бункера і зернистого матеріалу, що знаходиться в ньому. Для мобільних машин – це можуть випадкові коливання бункера, обумовлені хитавицею машин або вібраційними коливаннями від працюючих електродвигунів та механічних передач, які передають обертовий момент тощо. Але з метою усунення можливості утворення зведень і здобуття стійкішого і рівносірнішого виділення матеріалу від бункера, спеціальний коливальний рух можна надати бункеру або сипкому матеріалу.

Два основні завдання динаміки зернистих матеріалів (закони виділення і закони розподілу тиску на дно і стінки силосів і бункерів) розглядаються в припущенні існування досить великих коефіцієнтів внутрішнього і зовнішнього тертя зерен.-Между тим, кути тертя в різних сипких матеріалів змінюються в широких межах і можуть бути малими. Можна уявити собі і такий зернистий матеріал, між зернами якого є рідина, наприклад, масляна або інша плівка. У статиці такий матеріал поводитиметься так, як ніби сили зовнішнього і внутреннего тертя практично відсутні.

Ефект дії вібрацій на зернисте середовище зводиться як би до зниження коефіцієнтів тертя. В процесі коливань сили нормального тиску зерен одне до одного, на стінку труби і сили тертя між ними змінюються. В результаті цього сили, недостатні для взаємного відносного зсуву зерен при їх спокої, можуть виявитися достатніми для здійснення переміщень в окремі моменти часу при вібраціях, що негативно впливає на рівномірність процесу протруювання насіння. Загальний ефект від дії вібрацій зводиться, таким чином, до зменшення сил, необхідних для здійснення переміщень, тобто до зменшення коефіцієнта тертя. Таке явище добре відоме в техніці і знаходить практичне вживання, наприклад, при вібраційному зануренні паль.

Метою досліджень є здобуття якісної оцінки впливу вібрацій дозатора бункера на дінаміку зернистого матеріалу, тобто вивчення впливу вібрацій на закони виділення і розподілу тиску в бункері. У основу цієї оцінки покладений ефект зниження кутів тертя при вібраціях. Кількісне дослідження повинне враховувати всі характеристики коливального руху, що здійснюється дозаторо (поступальні коливання в горизонтальному, вертикальному або похилому напрямах; поступальні коливання по кругових або еліптичних траєкторіях і т.п.).

Відповідно до викладеного, можна вважати, що із зростанням інтенсивності (частоти і максимального прискорення) вібрацій ефективні кути

тертя знижуються, і в граничному випадку можна уявити собі їх повне зникнення. Це приведе до відповідної зміни коефіцієнтів опору та нормального тиску, що впливає на рівномірність подачі насіння.

У випадку використання активних розподільників (як правило, обертових дисків, конусів тощо) гальмівний опір висипанню насіння з випускної горловини бункера, ці розподільники створюють внаслідок накопичення в зоні під випускною горловиною шару насіння, що не евакуюється з цієї зони активними розподільниками. В цьому випадку причиною зменшення потенційної продуктивності дозатора є неузгодженість конструктивних параметрів дозатора та режимів роботи активного розподільника і випускної горловини. З метою прискорення евакуації насіння із зони сходу його з розподільника в деяких протруювачах (наприклад ПНУ-4) були проби застосовувати додаткові конструктивні елементи – активатори.

В протруювачах інерційно-фрикційного типу, які поєднують дозування, розподілення і обробку насіння рідкими пестицидами одним робочим органом, продуктивність дозатора визначають ті ж фактори, що й в інших проточних дозаторів з активними розподільниками, та ще й параметри бокової конічної поверхні робочого органу [1]. Узгодження дії усіх цих факторів з обов'язковим врахуванням характеристик насіння, що дозується і обробляється, забезпечує надійну роботу протруювача в цілому, яка, очевидно, можлива у випадку, коли насіння з достатньою швидкістю буде рухатися вверх по твірній конічного робочого органа. Ця ж умова є і умовою не гальмування насінням, що знаходиться на робочому органі, насіння, яке надходить від дозатора.

В подальшому поставлена задача створити математичну модель процесу і розрахувати максимальну швидкість висипання з конічного бункера із модифікованим конічним розподільником (вібраційним дозатором). Такий розподільник використовується в модифікованих конструкціях протруювачів типу ПНУ-4, ПНУ-10 і математична модель дасть можливість розрахувати оптимальні параметри бункера відповідно продуктивності робочого органу - камери протруювання для отримання максимальної продуктивності при мінімальній нерівномірності протруювання насіння з врахуванням вібраційних коливань бункера.

## Список використаних джерел

1. Тимошенко С.П., Вечера О.М., Тимошенко С.І. Спосіб обробки насіння рідкими препаратами. П. № 96498 A01C 1/08, 2006/01, п.10/11/2011, бюл.№21.

2. Тимошенко С.П., Михайленко М.А. и др. "Разработать рабочие органы протравливателей семян и обосновать их оптимальные параметры". Раздел №2 Отчета по теме №4 НИР УНИИМЭСХ, Глеваха, 1978, 77с.

**УДК 631.3**

# ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

**М. А. ГЕТЬМАН,** здобувач,
**Ю. В. СІРЕНКО,** PhD., доцент
**О. М. КАЛНАГУЗ** старший викладач,
***Сумський національний аграрний університет, м. Суми,***
*E-mail:* fakyltet-mex@ukr.net

Найважливіше в майбутньому врожаю це обробка посівного матеріалу та належний догляд за сходами.

Для нашого регіону найбільшого значення набула мета збільшення врожайності та одержання його стабільної стійкості. Зерновим культурам що ростуть в нашій країні загрожують: шкідливі комахи, кліщі, гризуни, велика кількість хвороб, грибкові та вірусні захворювання.

Всі ці шкідники в окремі роки можуть призвести від 30 до 50% втрат врожайності. З цього можна вважати що кожен третій гектар фермери України втрачають через паразитів. Для запобігання цьому необхідно застосовувати методи захисту рослин. Якщо застосовувати методи захисту рослин то це може призвести до збільшення врожаю в 2 рази, ніж коли просто підібрати вдалий попередник, цикл удобрення та оптимальний обробіток ґрунту.

Майбутній врожай озимої пшениці починає формуватися восени.

Основними процесами є, обґрунтований підбір сівозміни, а саме вибір поля з оптимальним попередником, вибір сортів посівного матеріалу з підходящою конкурентоспроміжності проти бур'янів та хвороб, вибір обробітку ґрунту який забезпечить підготовку поля під посів, вибір агрегату на методу посіву.

Не можна забувати що сівозміна не може містити в собі більше 65% колосових культур. Це погіршує посів та значно збільшує витрати на пестициди. В свою чергу це зменшує прибуток господарства з гектару.

На друге місце маємо розмістити обробіток ґрунту. Обробіток під озиму пшеницю необхідно розпочинати одразу після того, як з поля прибрали попередник. Одним з обробіток можна виділити лущення. Воно може поєднати декілька цілей а саме, збереження вологи та зменшення чисельності хвороб та буряну. Щоб обрати оптимальний обробіток треба врахувати декілька факторів а саме, кількість вологи, погоду в період перед обробітком, розвиток хвороб та шкідників, кількість бур'янів.

Осінь є періодом захисту майбутніх врожаїв озимих культур від шкідників. Необхідно забезпечити посіви добривами, захистити їх від буряну та хвороб і дати змогу рослинам розвиватися та підготуватися до зими. Вчасне не виконання цих факторів та не своєчасний обробіток ґрунту та попередник може забезпечити недобір врожаю.

Особливу увагу треба звернути на хвороби ранніх посівів. Посівний матеріал який загартований до шкідників в вашому регіоні забезпечить зменшення захворюваності.

Не дивлячись на це ефективний результат отримати можна лише якщо поєднати всі фактори: хімічний, агротехнічний та господарський. За останні роки було помічено перенесення строків посіву а отже й внесення добрив та обприскування. Через це призводить до втрат врожаю, та збільшення кількості шкідників.

Обробіток ґрунту: оранка, глибоке рихлення, strip-till.

Зміни в кліматі призвели до виникнення нових обробіток ґрунту. Правильно підібраний обробіток забезпечує бажаний результат.

Оранка: метод обробітку під час якого перевертається верхній пласт землі.

Недоліки: негативний вплив на грунт, осідання займає певний час; дорогий метод обробітку; зменшення корисних елементів; ризик ерозії; поява плужної підошви; втрата вологи.

Переваги: знищення буряну; розпушення важких ґрунтів; відсутність пожнивних решток.

Глибоке рихлення: забезпечує знищення плужної підошви та розпушення ґрунту.

Переваги: збільшує проникнення коріння рослини; підвищення вологи та корисних речовин; краща аерація.

Недоліки: складність виконання; енергозатратність; необхідність потужного трактора.

Strip-till: смуговий обробіток що забезпечує економію в обробітку.

Недоліки: підходить не для всіх полів; складно налаштувати техніку; дорого вартісний; потребує сучасного парку.

Переваги: ідеальне насіннєве ложе; мінімальна ерозія; підвищена урожайність. Зменшення затрат на обробіток.

Неможливий обробіток землі без використання сучасної техніки та технологій. Компанія Agro Solar може надати можливість в обранні нових плугів, культиваторів, сівалок, тракторів ,комбайнів та багато іншого марки John Deere. Ця техніка забезпечить вчасний та якісний обробіток ґрунту, а отже й гарантовану врожайність.

**УДК 631.3**

# ОСНОВНІ ЕТАПИ ТА МЕТОДИ ВЕСНЯНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

**О. А. ГРУЦЬ,** здобувач,
**М. В. ГОРОВИЙ, О. М. КАЛНАГУЗ** старший викладач,
**Ю. В. СІРЕНКО,** PhD., доцент
***Сумський національний аграрний університет, м. Суми,***
*E-mail:* fakyltet-mex@ukr.net

Весняна підготовка ґрунту є ключовим етапом для створення сприятливих умов для сівби та розвитку рослин. Якісне розпушення сприяє збереженню вологи, покращенню аерації та рівномірному прогріванню, що підвищує схожість насіння. Глибина обробітку повинна відповідати глибині висіву культури.

Основні етапи весняного обробітку ґрунту включають:

- боронування – допомагає закрити вологу та запобігти її випаровуванню;
- культивація – вирівнює поверхню ґрунту, часто поєднується з внесенням добрив;
- передпосівна культивація – знищує бур’яни та формує насіннєве ложе [1].

Весною ґрунт втрачає багато вологи, особливо якщо він ущільнений. Оптимальна вологість чорноземів – 15–18%.

У табл. 1 розглянемо основні технології обробітку ґрунту [1].

Таблиця 1. Технології обробітку ґрунту

| Технологія | Характеристика |
|---|---|
| Класичний обробіток | забезпечує рівномірне розпушення та засвоєння добрив, але може призводити до ущільнення нижніх шарів ґрунту. |
| Strip-till | обробіток лише смуг під висів, що зменшує випаровування вологи. |
| Mini-till | мінімальне розпушення для збереження структури ґрунту. |
| No-till | прямий висів без механічного обробітку, що покращує вологозбереження, але вимагає ретельного контролю бур'янів. |

Останніми роками дедалі більше аграріїв схиляються до пізніших строків висіву озимих зернових. Однією з головних причин цього є зміни клімату, зокрема, підвищена посушливість наприкінці літа та на початку осені. Часті посухи в цей період негативно впливають на проростання насіння: якщо воно потрапляє в сухий ґрунт, сходи з’являються нерівномірно, що призводить до розріджених посівів. Озима пшениця характеризується високою екологічною пластичністю щодо строків сівби та умов вирощування. Однак надто ранній або

занадто пізній висів можуть знижувати врожайність та погіршувати зимостійкість рослин.

Занадто ранній посів (перша декада вересня) сприяє надмірному кущінню рослин. У такому разі формується велика кількість пагонів (до 7–8 і більше), що призводить до розростання надземної маси. Якщо осінь тепла і волога, пшениця споживає значну кількість поживних речовин ще до настання зими. Такі рослини стають чутливішими до морозів: через прискорений ріст вони мають менше механічних тканин, що підвищує ризик вилягання та ураження хворобами. Також ранні посіви часто стають об'єктом атак шкідників, що може призвести до зниження врожайності до 6 ц/га. У деяких випадках, якщо ранньо висіяні рослини надмірно розвиваються, частина з них може увійти в зиму у фазі трубкування. Навіть при хорошому сніговому покриві такі рослини гинуть від морозів, що значно зменшує густоту посіву навесні.

Посів у надто пізні строки також має свої ризики. Відомі випадки, коли озиму пшеницю доводилося висівати на початку листопада, а сходи з'являлися лише в грудні. У такій ситуації рослини не встигають пройти фазу кущіння, обмежуючись лише 3–4 листками. Через короткий світловий день та низькі температури коренева система залишається слаборозвиненою і розміщується в поверхневих шарах ґрунту (до 45–55 см), що робить рослини менш стійкими до зимових холодів.

У рослин, висіяних у пізні строки, часто не встигає накопичитися достатня кількість вуглеводів-кріопротекторів, необхідних для захисту від низьких температур. Водночас такі посіви входять у стан глибшого зимового спокою, що частково компенсує їхню слабку морозостійкість. Проте навіть за сприятливих умов значна частина таких рослин навесні може не відновити вегетацію [3].

Основні фактори, які впливають на оптимальні строки сівби предствлені на рис. 1.

Рисунок 1. Фактори, що впливають на оптимальні строки сівби [4, 5]

Зміни клімату спричинили зміщення оптимальних строків висіву озимих культур на 10–15 днів у порівнянні з минулим століттям. Якщо раніше найкращим періодом для сівби вважався проміжок із 5 до 20 вересня, то нині найвищі врожаї формуються при сівбі з 25 вересня до першої декади жовтня.

Таким чином, весняний обробіток ґрунту є важливим етапом для забезпечення сприятливих умов для сівби та розвитку рослин. Основні методи, а саме боронування, культивація та передпосівна підготовка, сприяють збереженню вологи, покращенню аерації та створенню оптимального насіннєвого ложа. Вибір технології обробітку залежить від агрокліматичних умов і специфіки вирощуваних культур. Оптимальні строки сівби змінюються під впливом кліматичних змін, що вимагає адаптації агротехнічних підходів для збереження врожайності.

**Список використаних джерел**

1. Обробіток ґрунту навесні: етапи, технології та основні помилки. URL: https://superagronom.com/blog/author/dumka-eksperta (дата звернення: 08.02.2025)

2. Досвід впровадження strip-till в Україні: переваги та нюанси. URL: https://superagronom.com/articles/480-dosvid-vprovadjennya-strip-till-v-ukrayini-perevagi-ta-nyuansi (дата звернення: 08.02.2025)

3. Сухе землеробство як інструмент адаптації до змін клімату. URL: https://superagronom.com/articles/511-suhe-zemlerobstvo-yak-instrument-adaptatsiyi-do-zmin-klimatu (дата звернення: 08.02.2025)

4. Все про оптимальні строки сівби пшениці. URL: https://www.lnz.com.ua/news/vse-pro-optimalni-stroki-sivbi-psenici (дата звернення: 08.02.2025)

5. Ґрунтозбереження: які системи впроваджують українські аграрії — результати досліджень. URL: https://superagronom.com/blog/1006-gruntozberejennya-yaki-sistemi-vprovadjuyut-ukrayinski-agrariyi--rezultati-doslidjen (дата звернення: 08.02.2025)

**420УДК 631.331**

# МЕТОДИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОВІТРЯННОГО ПОТОКУ ПНЕВМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ

**В. І. МЕЛЬНИК,** д.т.н., професор**,**
*ORCID: 0000-0002-1176-2831.*
**О. П. ЗЕЛЕНСЬКИЙ,** аспірант,
***Харківський державний біотехнологічний університет, м. Харків***
*ORCID:0000-0001-9819-9086.*

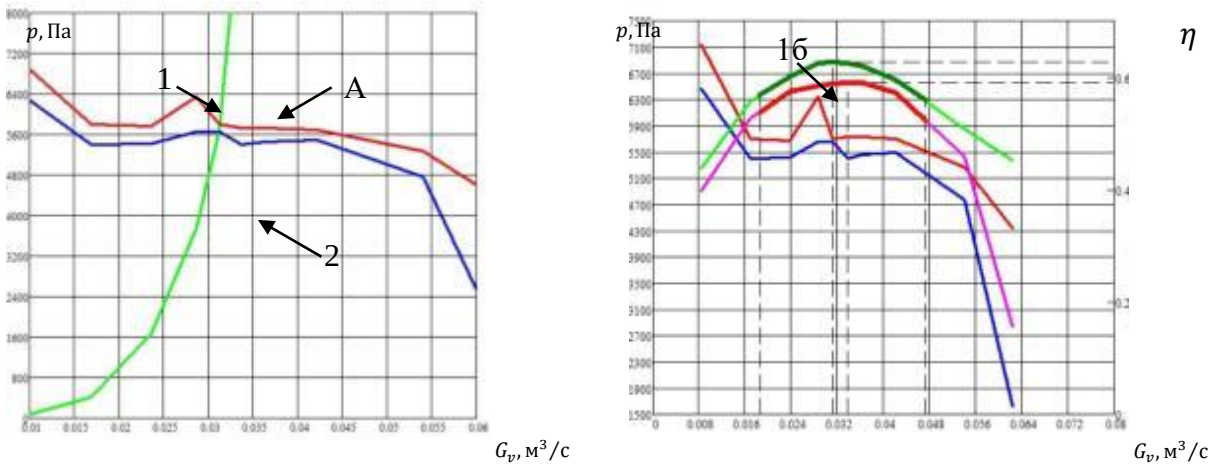
Відцентровий радіальний вентилятор розраховують для певного поєднання витрати повітря, створюваного тиску та частоти обертання РК, при цьому розміри та форму проточної частини вентилятора вибирають таким чином, щоб гідравлічні втрати при роботі на цьому режимі були мінімальними. Таке поєднання витрати повітря, створюваного тиску та частоти обертання РК називається розрахунковим режимом. Процес висіву відбувається за різних умов, що впливають на якість роботи пневматичної системи. Для досягнення якісної роботи пневматичної системи необхідна зміна отриманих параметрів, що видаються вентилятором, а отже необхідно вдатися до їх регулювання (налаштування). Регулювання параметрів можна здійснити шляхом впливу на сам вентилятор або (та) безпосередньо впливаючи на систему, в якій він працює.

Це найпростіший спосіб впливу. Зміна властивостей повітряного потоку складний спосіб. Цей спосіб не здійсненний. Спосіб регулювання поєднує в собі простий та складний способи – комбінований. Способи регулювання роботи ВРВ поділяються на такі види, рисунок 1. Методи ступінчастого регулювання вимагають зупинки ВРВ і подальшим внесенням змін до граничних умов. Використання методу плавного регулювання, рисунок 1, так як дозволяє змінювати характер напірно – витратної характеристики без припинення роботи ВРВ. Положення робочої точки на графіку напірно – витратної характеристики змінюється залежно від застосовуваного способу регулювання – зміною частоти обертання РК, використанням у системі клапана який з'єднує з навколишнім середовищем, застосуванням дроселювання, застосуванням поворотних лопаток чи зміною окремих елементів проточної частини. При використанні цих способів регулювання спостерігається значна

зміна ККД установки рисунок 2 (а) [1,2]. При проектуванні пневматичної системи класичного виду, передбачається робота одного ВРВ, в результаті цього виникає необхідність отримання стійкої роботи всіх апаратів, що висівають. Досягти цього випадку неможливо, становище робочої точки постійно змінюється. Для досягнення цієї мети виробники пневматичних сівалок вводить використання у розтрубі вікно, що регулює витрати повітря.

**Рисунок 1** – Методи регулювання роботи ВРВ.

Запропоновані методи регулювання режимів роботи ВРВ дає можливість підвищити якість висіву.




а б

**Рисунок 2 –** а – характеристика мережі; б – характеристична крива вентилятора з робочою ділянкою.

Розглядаючи характеристику роботи пневматичної системи, що залежить від щільності повітряного потоку, швидкості перебігу та конфігурації елементів пневматичної системи [2]. Характеристика системи, яку проектують, представляє форму параболічної кривої. Режим роботи вентилятора у системі визначається робочою точкою – точка А перетину характеристик вентилятора 1 та системи мереж 2. В ідеалі робоча точка знаходиться у зоні максимального ККД. Цю робочу точку також називають номінальною робочою точкою. Можна помітити, що зміна положення робочої точки призводить до зміни ККД

вентилятора чи пневматичної системи. У ВРВ, працюючого з мережею, що приєднується до нього, за робочу ділянку характеристики згідно з ГОСТ повинна прийматися та її частина, на якій значення повного ККД вентилятора дорівнює [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

$$\eta^*_{\text{раб.участок}} < 0{,}9 \times \eta^*_{max}. \quad (01)$$

Робоча ділянка характеристики повинна задовольняти умові забезпечення стійкої роботи вентилятора, як показано рисунок 2 (б). Експлуатація вентиляторів при показаннях нижче за рекомендовані не допустима, так як виникає нестійка робота, що виявляється підвищеним звуком, підвищеною вібрацією установки тощо.

Як бачимо рисунок 2 (б) (графік 1 (б)), характеристична крива вентилятора має пік ліворуч від цієї вершини та через зменшення об'ємного витрати потоку повітря всередині робочого колеса відбуваються відриви потоків. Відшарування потоку повітря відбувається в окремих лопаткових каналах робочого колеса, а це призводить до періодичних коливань тиску всередині лопаткових каналів, які, у свою чергу, призводять до виникнення коливань системи – запору (замиканняя) [3]. Виникнення високого механічного навантаження на робочому колесі призводить до виникнення явища нестаціонарного потоку пневматичної системі вентилятора. З цієї причини експлуатацію системі слід проводити на виділеній на графіку ділянці оптимальної роботи вентилятора. При максимальних значеннях витрати повітря всередині робочого колеса виникає замикання каналу виходу, вентилятор перестає виконувати своє завдання. Отже, для досягнення якісної роботи пневматичної системи необхідна зміна отриманих параметрів, що видаються вентилятором, а отже необхідно вдатися до їх регулювання (налаштування). Регулювання параметрів можна здійснити шляхом впливу на сам вентилятор або (та) безпосередньо впливаючи на систему, в якій він працює. Це також є найпростішим способом впливу.

## Список використаних джерел

1. Schlichting H., Gersten K. Boundary-Layer Theory. Ninth Edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017-805 p.

2. Wilcox, David C. Turbulence Modeling for CFD. 3rd edition. 2006 by DCW Industries, Inc. 509p.

3. Spalart P.R., Allmaras S.R. A one-equation turbulence model for aerodynamic flow // La Recherhe Aerospatiale. – 1994. – N 1. – P. 5–21.

**УДК 631.312; 631.316.22**

# ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧІВ НА ЕНЕРГЕТИКУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

**С. М. ЛЕЩЕНКО**, к.т.н., доцент, декан агротехнічного факультету
***Центральноукраїнського національного технічного університету, Кропивницький***

В умовах війни продовольча безпека країни залишається головним пріоритетом, а нарощування обсягів виробництва продукції рослинництва, за умов зниження енерговитрат, дозволяє гарантувати подальший розвиток агровиробництва, навіть в такий складний період. Варто зазначити, що серед найбільш енергозатратних операцій можна виділити обробіток ґрунту, зокрема основний обробіток, причому досить часто, наприклад під час вирощування кукурудзи, ріпаку, соняшнику, коренебульбоплодів та ін. культур, загальні витрати енергії можуть складати до 35% відносно всіх енерговитрат на виробництво агропродукції. Актуальність оцінки енергоємності обробітку ґрунту не втрачається із впровадженням безполицевих технологій, адже до цих пір відсутні рекомендації стосовно ефективного комплектування агрегатів, виходячи із ґрунтово-кліматичних умов, характеристик енергетичних засобів та конструктивних параметрів і режимів роботи різних за будовою глибокорозпушувачів.

Відомо [1, 2], що обробіток ґрунту з однієї сторони – створює сприятливі умови для росту і розвитку культурних росли та дозволяє боротися із бур'янами агротехнічним методом, а також заробляти рослинні рештки і добрива; з іншої – призводить до втрати 1…2% органіки, що погіршує структуру ґрунту і забезпечує зниження його родючості [1]. Однак, можна зазначити, що світові тенденції інтенсифікації технологій обробітку ґрунту та реалізація основ ґрунтозахисного землеробства передбачає відмову від використання ерозійно небезпечних ґрунтообробних знарядь, в тому числі і відмова від оранки класичним полицевим плугом.

Незважаючи на набір робочих органів і існуючу в господарстві технологію обробітку ґрунту, витрати енергії, які фактично можна оцінити через витрати пального, залишаються надто високими. Зростання енерговитрат на обробіток ґрунту підвищується із ускладненням фізико-механічних властивостей, обезструктуренням та переущільненням оброблюваного горизонту. Є підтвердженим фактом [1], що під час роботи в полі полицевого плуга на піщаних ґрунтах, його питома робота дорівнює 30±5 кДж/м$^3$, тоді як при оранці важкоглинистих ґрунтів, питома робота є значно вищою і становить 120±20 кДж/м$^3$. Під час основного обробітку ґрунту чизельними агрегатами за аналогічних умов роботи питома робота становить: для піщаних ґрунтів – 20±4 кДж/м$^3$, для важкоглинистих – 80±10 кДж/м$^3$. Це вчергове доводить, що при переході від класичної полицевої оранки до безполицевих технологій

основного обробітку ґрунту можна, крім інших позитивних моментів, досягти зниження енерговитрат на процес у 1,5 рази.

Авторським колективом кафедри сільськогосподарського машинобудування ЦНТУ запропоновано конструкцію чизельного глибокорозпушувача [1], попередні дослідження роботи якого підтвердили можливість проведення ефективного основного обробітку в тому числі і в умовах важких чорноземів.

З метою оцінки витрат енергії на обробіток ґрунту [1], слід розглянути зони деформацій монолітів у фронтальній площині (рис. 1), що визначається геометричними параметрами та розташуванням основних робочих органів.

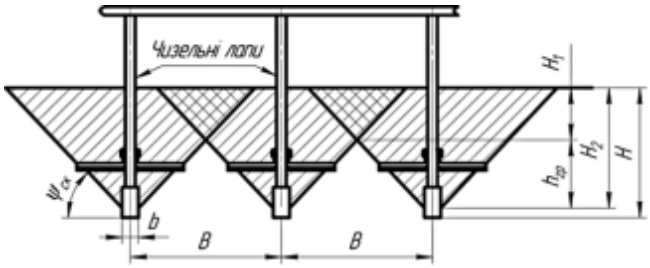



Рис. 1. Зони деформації ґрунту чизельним глибокорозпушувачем із прямим стояком

Окремі геометричні параметри робочих органів глибокорозпушувачів та їх розміщення на рамі знаряддя визначаються видом обробітку ґрунту (суцільний чи полосовий обробіток), так, з врахуванням фактичного кута сколювання ґрунту, який складає близько $\psi_{ск} = 45^{\circ}$, за умови, що $B < 2H$ та $H < H_2$, отримана висота необроблених гребенів відносно площини руху долота становить

$h_{гр} = H_2 - H_1 = 0{,}5 \cdot B$. Очевидно, що за такого розміщення лап і обраної глибини розпушування глибина суцільного обробітку буде дорівнювати $H_1 = H_2 - 0{,}5B$.

Більшість дослідників доводять, що глибокорозпушувач під час основного безполицевого обробітку ґрунту реалізує зовсім інший технологічний процес порівняно із класичним плугом. Суттєва різниця заключається в тому, що полицевий плуг проводить суцільний обробіток із обертанням вирізаної скиби на задану глибину виконання роботи, тоді як глибокорозпушувач забезпечує рихлення без обертання скиби при цьому на дні борозни формуються необроблені гребені, параметри яких визначаються геометрією лап, глибиною обробітку і розміщенням цих лап на рамі знаряддя. Виходячи із цього, для розрахунку тягового опору ґрунтообробного агрегату, раціональну формулу В.П. Горячкіна у звичному її вигляді, використати неможливо. Тому для оцінки енергетики процесу безполицевого обробітку ґрунту глибокорозпушувачами слід врахувати площу поперечного перерізу всього об'єму ґрунту, що обробляють робочі органи глибокорозпушувача. Отже, для визначення тягового опору глибокорозпушувача, можна використати наступну залежність:

$$R_x = f \cdot G + F\left(k_0 \cdot n + \varepsilon \cdot n \cdot V^2\right),$$

де $F$ – загальна площа поперечного перерізу ґрунту, що обробляється робочим органом для безполицевого обробітку у поперечно-вертикальній площині.

Можна прийняти, що площа ґрунту, яка обробляється робочим органом глибокорозпушувача складає суму площ, що утворюється як проекція активної зони долота на поперечно-вертикальну площину та площі трапеції, яка обмежена боковими крилами лапи глибокорозпушувача. Цю площу оброблюваного ґрунту можна визначити із формули:

$$F = l_д \cdot b_д + \frac{1}{2}\left(b_д + b_к\right)\left(l_к - l_д\right),$$

де $l_д$, $l_к$, $b_д$, $b_к$ – відповідні проекції довжини та ширини долота лапи глибокорозпушувача і крил цієї лапи.

Враховуючи останню формулу та підставивши її в залежність для визначення тягового опору глибокорозпушувача отримаємо вираз, що описує тяговий опір безполицевого знаряддя із врахуванням площі оброблюваного ґрунту, маємо:

$$R_x = f \cdot G + \left( l_д \cdot b_д + \frac{1}{2}\left(b_д + b_к\right)\left(l_к - l_д\right) \right)\left(k_0 \cdot n + \varepsilon \cdot n \cdot V^2\right).$$

На етапі експериментального визначення тягового опору глибокорозпушувачів цей показник вимірювали методом динамометрування, а зведені результати вимірювань представлені у вигляді тримірного графіку (рис. 2). Фактичні результати польових досліджень дозволяють підтвердити, що підвищення глибини основного безполицевого обробітку ґрунту забезпечує стрімке зростання тягового опору, причому тенденція є характерною для любої відстані між робочими органами в межах одного ґрунтообробного агрегату. Враховуючи наведені дані, для глибини безполицевого обробітку в діапазоні 30…35 см., за умови, що відстань між робочими органами дорівнює 45…55 см, питомий опір не перевищує 14…16 кН/м. Саме такий взаємозв’язок між глибиною обробітку та відстанню між лапами та їх взаємний вплив на питомий опір і було враховано при проектуванні сімейства комбінованих чизельних глибокорозпушувачів.

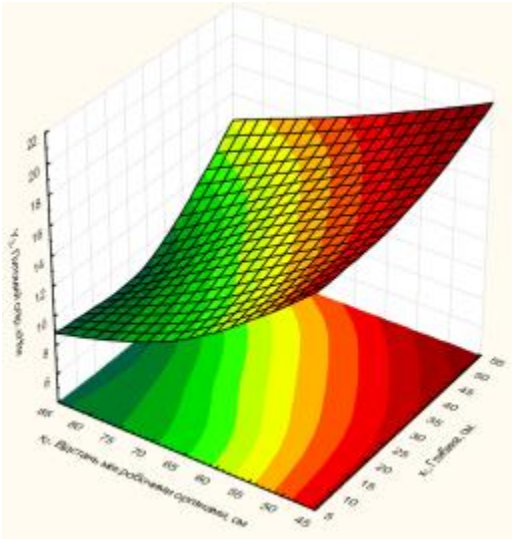


Рис. 2. Графік впливу глибини обробки і відстані між робочими органами на питомий опір глибокорозпушувача

**Список використаних джерел**

1. Лещенко С.М. Оцінка енергоємності глибокого обробітку ґрунту комбінованими чизельними глибокорозпушувачами / Лещенко С.М., Сало В.М., Петренко Д.І. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 31. – Кропивницький: КНТУ, 2018 р. – С. 10–20

**УДК 631.312.021**

## АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ І ПАРАМЕТРІВ ОРГАНУ ЛЕМІШНОГО ПЛУГА

**В. В. ТЕСЛЮК,** д. с-г. н., професор;
**І. П. МАРЦЕНЮК,** студент,
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
**М. І. ІКАЛЬЧИК,** канд. техн. наук, доцент,
***ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут"***
*E-mail*: vtesluk@ukr.net

Завдання основного обробітку ґрунту полягає в підрізанні і загортання підземних й надземних органів рослин, добрив, насіння бур'янів, збудників хвороб і шкідників культурних рослин, розпушування та часткове перемішування грунту робочими органами відвальних і дискових плугів.

Від якості виконання технологічного процесу основного обробітку грунту багато в чому залежать фізико-біологічні і хімічні процеси, що протікають в орному і підорному горизонтах, кількість подальших проходів знарядь по полю, якість розміщення насіння в ґрунті і т. д, що зрештою позначається на врожайності оброблюваних культур. Одним із способів підвищення якості оранки є використання спеціальних комбінованих робочих органів, поєднуючих пасивний корпус з додатковим активним, спушуючим органом. Проте, такі робочі органи споживають значну потужність на виконання технологічного процесу через вал відбору потужності і мають погану якість обороту пласта.

Сучасний рівень розвитку сільськогосподарського виробництва вимагає створення нових та удосконалення існуючих робочих органів для забезпечення заданого рівня показників якості виконання технологічного процесу обробки грунту з урахуванням його властивостей, що змінюються, і біологічної особливості оброблюваних культур. Вирішення даної проблеми вимагає детального вивчення процесу дії робочих органів на грунт, розкриття внутрішніх процесів деформації, переміщення ґрунтових елементів і дослідження впливу конструктивних параметрів на якість обробки. У зв'язку з цим тема роботи, направлена на вирішення цих завдань, є актуальною і має народногосподарське значення.

Метою роботи – підвищення ефективності основного обробітку грунту шляхом обґрунтування і вдосконалення конструктивних параметрів робочого органу лемішного плуга, що забезпечують задані показники якості виконання технологічного процесу оранки.

Висновок. За результатами теоретичних і експериментальних досліджень розроблено і обґрунтовано конструкцію робочого органу лемішного плуга, що дозволяє підвищити якість основної обробки грунту, у вигляді додаткового регульованого подрібнювача у верхній частині полиці, встановлюваний за межами вирізуваного пласта грунту: відстань від польового обріза до подрібнювача рівна ширині захвату корпусу ($L_n$= $b$), висота установки – середній глибині обробки ($H_n$ = $a_{ср}$), а його довжина $l_n$=170...200 мм. Отримана аналітична залежність для визначення меж регулювання положення подрібнювача, згідно якої регулювання кута його установки для всіх типів ґрунтів повино проводитися в межах 3...27° щодо дна борозни.

**УДК 631.333**

## АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ

**В. В. ТЕСЛЮК**, д. с–г. н., професор
**В. П. ШАМ,** студент магістратури
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
**М. І. ІКАЛЬЧИК**, к. т. н., доцент
***ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»***
*E-mail*: vtesluk@ukr.net

Основний й передпосівний обробітки грунту при підготовці поля до сівби сільськогосподарських культур є взаємозалежними операціями від яких залежить не лише якість сівби, а суттєво впливає на терміни дозрівання грунту а відповідно і ростові показники росту і розвитку рослин. За умов сівби ярих культур традиційне ранньовесняне вирівнювання і розпушування ґрунту не завжди забезпечує вирішення усіх агротехнічних вимог до системи допосівного обробітку, і відповідно потребує інтегрованого підходу до конкретних грунтово-кліматичних умов. Як показує наука і практика, значну частину їх доцільніше і краще вирішувати за рахунок другого етапу — передпосівного обробітку. Під час підготовки ґрунту до сівби встановлюють відповідну послідовність виконання окремих агротехнічних заходів чи комплексно, підбирають певні знаряддя, агрегати та необхідні для них робочі органи.

Система і прийоми обробітку ґрунту в сучасному землеробстві удосконалюються в декількох напрямках: мінімалізація, створення оптимальних агрофізичних параметрів кореневого шару, поліпшення водяного

режиму, боротьба з бур'янами, боротьба з переущільненням, або машинною деградацією грунту. Ведуче місце належить обробітку, що забезпечує створення ерозійно стійкої поверхні ґрунту на протязі всього циклу обробітку сільськогосподарських культур.

Науково-дослідними установами розроблена і рекомендована до впровадження система обробітку ґрунту, що базується на широкому застосуванні комплексу машин і знарядь безполицевого типу. Переваги її перед традиційною полицевою обробкою наступні: змив ґрунту поталими водами зменшується в 6...8 разів, а зливовими опадами - у 2...2,5 рази; видування мілкозему скорочується в 10...11 разів; накопичення вологи в осінньо-зимовий період (у сніжні зими) зростає на 10...25 %; врожайність польових культур у звичайні і сприятливі роки не змінюється, у посушливі збільшується на 8...10%; витрати праці зменшуються на 16...17%; прямі експлуатаційні витрати скорочуються на 8...10 %; питомі капітальні вкладення зменшуються на 5...9 %; витрата паливно - мастильних матеріалів зменшується на 20...26 %.

Поряд з тим, особлива увага в застосуванні інтенсивних технологій вирощування культурних рослин, приділяється застосуванню комбінованих грунтообробних агрегатів, що мають набір різних удосконалених робочих органів. Встановлено, що застосування таких агрегатів зменшує витрати на обробку ґрунту, зберігає його структуру, а також скорочує агротехнічні терміни польових робіт при підготовці поля до сівби. Широке застосування удосконалених агрегатів дозволить найбільше повно забезпечити оптимальні вимоги передпосівного обробітку ґрунту і зробити значний внесок у виконання поставлених задач.

Одна із задач, що стоїть перед сільським господарством України, — збільшення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції.

Досвід показує, що поліпшення структури посівів кормових культур і застосування правильної агротехніки дають можливість збільшити врожайність зернових і зернобобових культур в 1,3…1,5 рази, багаторічних і однорічних трав в 1,2…1,7 рази.

**Список використаних джерел**

1. Техніка для передпосівного обробітку ґрунту // Цукровий бізнес. – №1 (7), 2019 р. – Режим доступу: http://www.ukrsugar.com/uk/post/tehnika-dlaperedposivnogo-obrobitku-gruntu.

2. Мойсеєнко В. Вітчизняні комбіновані ґрунтообробні агрегати / В. Мойсеєнко, С. Дудака // Пропозиція: український журнал з питань агробізнесу, 2013. – №9. – С. 108 – 111.

3. Сільськогосподарські машин: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1: Машини для рільництва /П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Кропивний; За ред. М.І. Черновола. К.: Урожай, 2001. 382 с.

**УДК 631.333**

# ОБГРУНТУВАННЯ ПНЕВМАТИЧНОГО АПАРАТУ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

**В. В. ТЕСЛЮК,** д. с-г. н., професор;
**Н. Н. ТАРБЄЄВ,** магістр,
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
**М. І. ІКАЛЬЧИК,** канд. техн. наук, доцент,
***ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут"***
*E-mail*: vtesluk@ukr.net

Одним з основних шляхів підвищення врожайності та покращення якості зерна є вдосконалення існуючих способів сівби та технічних засобів для їх здійснення з заміною рядкового способу висіву на точний, що дасть можливість в 1,5...2,0 рази знизити норму висіву, створити оптимальні умови для проростання насіння і розвитку рослин, та за рахунок цього підвищити врожайність зернових колосових культур на 10... 15%. До цього часу застосування точного висіву не отримало задовільного вирішення, оскільки існуючі висівні апарати і їх технологічні процеси є недосконалими і вимагають подальших досліджень [1].

Протягом дня посіви зернових колосових культур по-різному освітлюються сонячним промінням, тому необхідно створити такі умови, щоб косе раннє і вечірнє проміння рівномірно освітлювало всі рослини. Ця вимога, як стверджують дослідники І.І. Синягін і В.П. Гудзь [2, 3] найбільш повно задовільняється при точному висіві, оскільки листки протягом дня постійно спрямовані своєю поверхнею до сонячних променів і коефіцієнт поглинання фотоактивної радіації наближається до максимального значення - одиниці[4].

Мета дослідження: розробка та дослідження технологічного процесу однозернового висіву насіння зернових колосових культур пневматичним висівним апаратом точного висіву та механіко-технологічне обгрунтування його параметрів.

Для здійснення рівномірного висіву насіння по довжині рядків запропоновано різні висівні апарати, які по принципу дії можна поділити на механічні, пневматичні та пневмомеханічні. Серед них найбільше поширення отримали механічні висівні апарати дискового типу [3].

Розміщення еліпсовидної комірки поперек напрямку обертання висівного елемента, рис.1, призводить до найгірших умов для входження насіння в комірку і як наслідок рівномірність висіву не перевищує 20%.

Певний інтерес викликають висівні апарати з горизонтальним диском.

Принципову схему запропонованого висівного апарата приведено на рис.1. Він складається з бункера для насіння в нижній частині якого на вертикальній осі встановлено порожнинний конічний висівний елемент 2. На зовнішній конічній поверхні висівного елемента на концентричних колах

виконано напівсферичні комірки 3 з наскрізьними каналами 4. Висівний елемент кріпиться в корпусі 5 за допомогою цапфи 6 з наскрізьним осьовим каналом на двох радіальних підшипниках 7. На нижньому кінці цапфи 6 закріплено конічну шестерню 8 редуктора 9 приводу висівного елемента 2. Через осьовий канал цапфи 6 проходить вісь патрубок 10, нижній кінець якого закріплений в корпусі редуктора 9 і з'єднаний з джерелом вакууму (не показане), а верхній - в підшипнику 11. На верхньому кінці патрубка 10 за допомогою кронштейна 12 закріплено відсікач вакууму виконаний, наприклад, у вигляді променерозхідних пластин 13, які притискуються пружиною до внутрішньої конусної поверхні висівного апарата 2, фіг. 1. Зона Б заповнення насіння, фіг. 2, знаходиться між двома сусідніми пластинами, а зона В висіву - під кожною пластиною, фіг.1. При цьому під пластинами в радіальному напрямку розміщено ряд насіннєвловлювачів 14 з насіннєпроводами 15. З метою запобігання інтенсивному стиранню поверхні висівного елемента 2, він зверху прикритий кожухом 16.

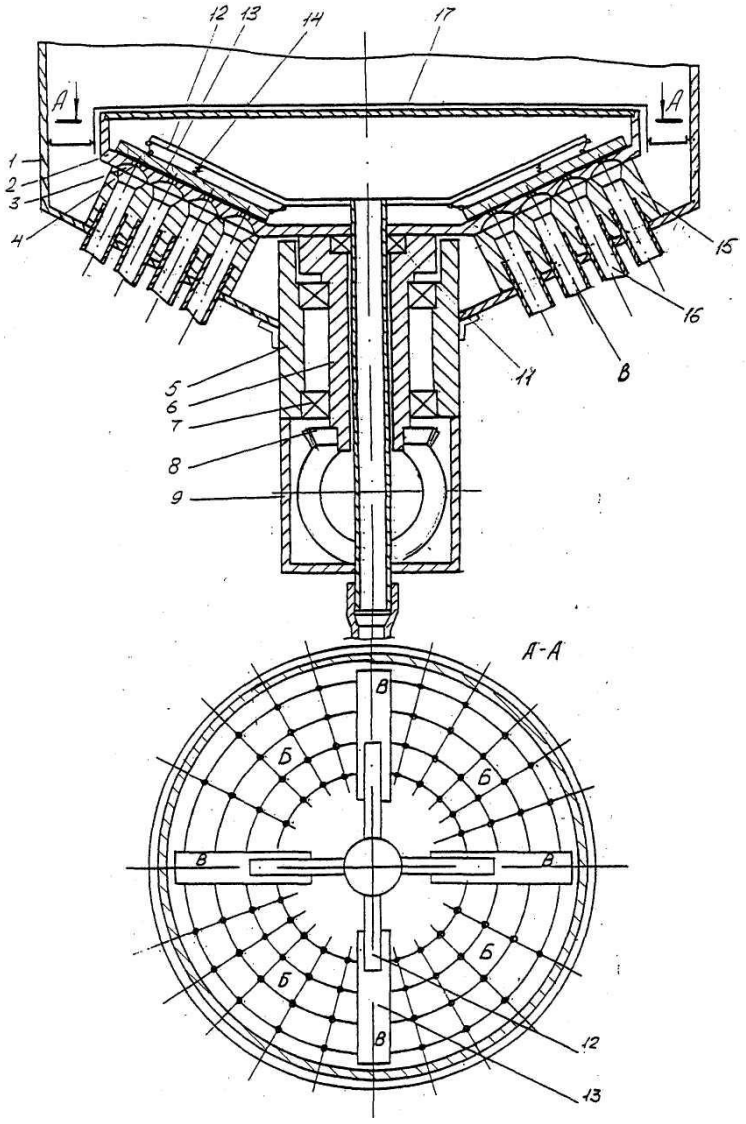



Рис. 1. Принципова схема пневматичного висівного апарата

Аналіз досліджень показує, що із збільшенням кутової швидкості рівномірність висіву різко зменшується. її оптимальне значення при висіві зернових колосових культур висівним елементом з кутом нахилу його твірної 30° знаходиться в межах 3-4 рад/с, що відповідає якісному виконанню технологічного процесу зернової сівалки в виробничих умовах з швидкістю сівби 4-5 км/год.

Визначено, що оптимальна глибина розрідження всередині висівного елемента при його обертанні з кутовою швидкістю $\omega$ =3-4рад/с становить при висіві насіння пшениці Р=350-400Па, жита Р=220-300Па, ячменю Р=450-500 Па. При цьому рівномірність висіву для пшениці, жита і ячменю знаходиться $\eta$ =97-98%, $\eta$ =95-97%, $\eta$ =91-93%.

Встановлено, що на рівномірність висіву впливають технологічні параметри, такі як глибина розрідження Н всередині висівного елемента, висота зернового бункера Аі та кутова швидкість його обертання.

**Висновки:**

**1.** Аналіз основних факторів, які впливають на процес формування врожаю зернових колосових культур показав, що найбільший вплив має рівномірність розміщення насіння по площі поля, яка досягається при однозерновому точному висіві. Для здійснення однозернового висіву насіння зернових колосових культур найбільш ефективним технічним засобом є пневматичний апарат з конічним висівним елементом встановленим на вертикальній осі і направленим вістрям до поверхні поля.

## Список використаних джерел

1.Сучасні сівалки для просапних зернових культур вітчизняного виробництва. Реальність та перспективи./ С.Демидов, М. Стародубцева, О Савицька // Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого 2016 р. Вип. 20 (34), С. 94-105.

2.Шустік Л. Добові безперервні випробування сівалки Tempo TPL 16/ Л. Шустік, В. Громадська, Н. Нілова // Техніка і технології АПК.-2018-№9- С. 32-37.

3.Протокол державних приймальних випробувань № 1793/0305-03-2014 – Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Херсон.

4.Протоколи державних випробувань: № 03-05-16-4, № 03-02-17-4, № 2247/0305-03-2018 – Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Херсон.

**УДК 631.312.021**

# АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ І ПАРАМЕТРІВ ОРГАНУ ЛЕМІШНОГО ПЛУГА

**В. В. ТЕСЛЮК,** д. с-г. н., професор;
**І. П. МАРЦЕНЮК,** студент,
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
**М. І. ІКАЛЬЧИК,** канд. техн. наук, доцент,
***ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут"***
*E-mail*: vtesluk@ukr.net

Завдання основного обробітку ґрунту полягає в підрізанні і загортання підземних й надземних органів рослин, добрив, насіння бур'янів, збудників хвороб і шкідників культурних рослин, розпушування та часткове перемішування грунту робочими органами відвальних і дискових плугів.

Від якості виконання технологічного процесу основного обробітку грунту багато в чому залежать фізико-біологічні і хімічні процеси, що протікають в орному і підорному горизонтах, кількість подальших проходів знарядь по полю, якість розміщення насіння в ґрунті і т. д, що зрештою позначається на врожайності оброблюваних культур. Одним із способів підвищення якості оранки є використання спеціальних комбінованих робочих органів, поєднуючих пасивний корпус з додатковим активним, спушуючим органом. Проте, такі робочі органи споживають значну потужність на виконання технологічного процесу через вал відбору потужності і мають погану якість обороту пласта.

Сучасний рівень розвитку сільськогосподарського виробництва вимагає створення нових та удосконалення існуючих робочих органів для забезпечення заданого рівня показників якості виконання технологічного процесу обробки грунту з урахуванням його властивостей, що змінюються, і біологічної особливості оброблюваних культур. Вирішення даної проблеми вимагає детального вивчення процесу дії робочих органів на грунт, розкриття внутрішніх процесів деформації, переміщення ґрунтових елементів і дослідження впливу конструктивних параметрів на якість обробки. У зв'язку з цим тема роботи, направлена на вирішення цих завдань, є актуальною і має народногосподарське значення.

Метою роботи – підвищення ефективності основного обробітку грунту шляхом обґрунтування і вдосконалення конструктивних параметрів робочого органу лемішного плуга, що забезпечують задані показники якості виконання технологічного процесу оранки.

Висновок. За результатами теоретичних і експериментальних досліджень розроблено і обґрунтовано конструкцію робочого органу лемішного плуга, що дозволяє підвищити якість основної обробки грунту, у вигляді додаткового регульованого подрібнювача у верхній частині полиці, встановлюваний за межами вирізуваного пласта грунту: відстань від польового обріза до подрібнювача рівна ширині захвату корпусу ($L_n = b$), висота установки – середній глибині обробки ($H_n = a_{ср}$), а його довжина $l_n$=170...200 мм. Отримана аналітична залежність для

визначення меж регулювання положення подрібнювача, згідно якої регулювання кута його установки для всіх типів ґрунтів повино проводитися в межах 3...27° щодо дна борозни.

**УДК 631.356.22**

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДООБРІЗЧИКА ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ

**В. М. БАРАНОВСЬКИЙ,** д. т. н., професор
***Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя***
**В. В. ТЕСЛЮК**, д. с.–г. н., професор
**В. П. ШАМ,** студент магістратури
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail*: vtesluk@ukr.net

Головними тенденціями розвитку бурякозбиральних машин нового покоління і технологіями збирання у світі є масовий перехід на потужні самохідні бункерні комбайни з ефективними системами очищення, що забезпечують підвищення продуктивності, зниження трудомісткості збиральних робіт та фізичної забрудненості в сприятливих грунтових умовах [1].

Для підвищення показників якості збирання гички коренеплодів запропоновано удосконалені конструкції робочих органів ГМ, які виконують послідовні операції зрізування загального масиву гички роторним гичкорізом з наступним видаленням залишків гички з головок коренеплодів дообрізчиком типу «пасивний копір-рухомий ніж» [2].

Головними тенденціями розвитку бурякозбиральних машин нового покоління і технологіями збирання у світі є масовий перехід на потужні самохідні бункерні комбайни з ефективними системами очищення, що забезпечують підвищення продуктивності, зниження трудомісткості збиральних робіт та фізичної забрудненості в сприятливих грунтових умовах до 8…12%.

В процесі роботи зроблено аналіз конструкцій гичкозрізувальних пристроїв гичкозбиральних машин різних країн світу. На основі проведеного аналізу гичкозрізувальних пристроїв України, Німеччини, США, Італії, Франції та інших найбільших бурякосіючих країн світу запропоновано вдосконалити гичкозрізувальний пристрій, встановивши ніж на вісі обертання і підпружинити пружиною, а його хід обмежити упорами, що забезпечує різання з ковзанням і за рахунок цього покращується якість зрізування головок коренеплодів цукрових буряків на корені.

Гичкозрізувальний пристрій складається з рами 1, на якій за допомогою паралелограмної підвіски 2 змонтовані гребінчастий копір 3 і ніж 4, що встановлений на вісі 5, а рухи його обмежені упорами 6. До паралелограмної підвіски 2 пластинкою 7 прикріплена пружина 8, відігнуті кінці якої з'єднані з ножем 4.

При русі гичкозрізувального пристрою по рядках цукрових буряків, з попередньо високо обрізаною гичкою на одному рівні від поверхні грунту гребінчастий копір 3 наїжджає на головки коренеплодів, копіює їх і за допомогою паралеграмної підвіски 2 передає ці рухи ножу 4. В процесі зрізання головок коренеплодів з залишками гички ніж 4 відхиляється на вісі 5 до упора 6, виконуючи різання з ковзанням. Після зрізання головки коренеплоду ніж 4 повертається в попереднє положення пружиною 8.

Гичкозрізувальний пристрій з такою конструкцією ножа 4, що дозволяє виконувати різання головок коренеплодів з просковзуванням їх вздовж леза ножа 4 виконує цей процес значно "м'якіше" ніж "жорстким" ножем рубленням і дозволяє покращити якість зрізуваної поверхні коренеплоду, отримуючи меншу кількість зколів.

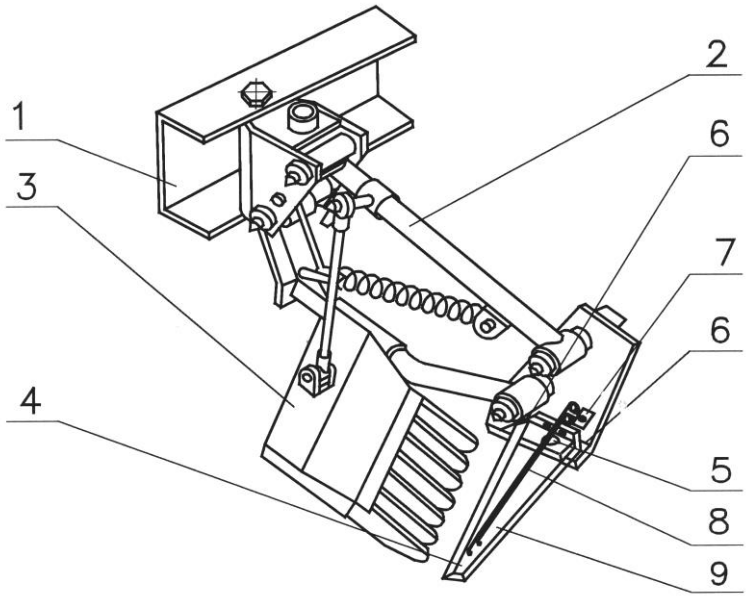



Рис. 1. Конструктивна схема гичкозрізувального пристрою з підпружиненим ножем: 1 – рама; 2 – паралелограмна підвіска; 3 – гребінчастий копір; 4 – ніж; 5 – вісь обертання; 6 – упори; 7 – пластинка; 8 – пружина; 9 – ніж

Відмінності процесу різання дисковим ножем від процесу різання плоским ножем полягають в тому, що:

- на відміну від різання дисковим ножем, під час різання плоским ножем не відбувається зміни кута між площиною леза та напрямку руху машини;
- плоский ніж встановлюється паралельно з горизонтом, а дисковий під певним кутом;

- на відміну від дискового ножа, в плоского ножа напрям всіх складових зусилля різання у будь-який точці леза залишається незмінним.

Відомо, що ступінь пошкодження коренеплодів доцільно визначати шляхом їх кидання з різної висоти на поверхні робочих органів. При цьому, визначаючи швидкість ударної взаємодії за відомою залежністю. Оскільки швидкість ударної взаємодії є постійною величиною, то через радіус периферії робочого органу визначають кутову швидкість його обертання. Однак, за даною методикою, експериментальні дослідження проведені виключно для оцінки глибини пошкодження тіла коренеплодів.

Сила різання збільшується прямопропорційно збільшенню переміщення ножа і практично не залежить від зміни маси ножа. Домінуючим фактором, який впливає на площу плями контакту тіла коренеплоду, тобто на їх пошкодження є швидкість ударної взаємодії коренеплоду з поверхнею контакту. Використання розробленого дообрізчика залишків гички на головках коренеплодів дозволить знизити затрати праці за рахунок підвищення ступення дообрізки залишків гички.

**Список використаних джерел**

1. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки / Р.Б.Гевко, І.Г.Ткаченко, С.В.Синій, В.М.Булгаков, Р.М.Рогатинський, О.Б.Павелчак. – Луцьк: ЛДТУ, 1999. – 168 с.

2. Патент 81255 Україна, МКИ7 А 01 Д 23/02. Гичкозбиральна машина / Смаль М.В., Герасимчук О.О., Барановський В.М., Паньків В.Р. ; заявник і патентовласник Луцький національний технічний університет. – № u 201213815; заявл. 03.12.2012; опубл. 25.07.2013. Бюл. № 14/2013.

3. Хелемендик М.М. Напрями і методи розробки робочих органів сільськогосподарських машин. – К.: Аграрна наука, 2001. – 280 с.

4. Гречка В., Войтюк П., Куліш В. Сучасні тенденції розвитку конструкцій для збирання цукрових буряків // Пропозиція. – 2003. - № 11. – С. 96-98.

**УДК 631.171: 633.63**

# АНАЛІЗ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД СІВБУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

**В. В. ТЕСЛЮК**, д. с–г. н., професор
**В. П. ШАМ,** студент магістратури
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
**М. І. ІКАЛЬЧИК**, к. т. н., доцент
***ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»***
*E-mail*: vtesluk@ukr.net

Багаторічні результати досліджень наукових установ показують, що цукрові буряки досить вимогливі до якості передпосівної підготовки грунту. Тому у збільшенні виходу продукції цукрових буряків велика роль належить розробці і впровадженню ефективних агротехнічних прийомів і технічних засобів для обробітку грунту.

Основний показник, якого потрібно досягти перед сівбою полягає в створенні дрібногрудучкуватого шару грунту на глибину 4-5 см (грудочок грунту розміром 1-10 мм повинно бути 80 - 90% ; грудочок більше 30 мм бути не повинно), вирівненість поля була однорідною, а висота гребенів після проходу агрегату не перевищувала 2 см. Щільність грунту повинна становити 1,1...1,3 г/см$^3$. Досягнення таких показників вказує на оптимальне співвідношення між грунтом і його повітревологоємкістю, що в подальшому забезпечує дружні сходи висіяного насіння та хороший розвиток рослин впродовж всього вегетаційного періоду.

Метою досліджень є підвищення ефективності вирощування цукрових буряків шляхом мінімалізації передпосівного обробітку грунтів важких за механічним складом під сівбу цукрових буряків. Завданням передпосівного обробітку ґрунту є розпушення глибини заробки насіння і збереження сформованої структури орного шару. Розрив між передпосівним обробітком і послідуючою сівбою має бути мінімальним – оптимально не більше півгодини.

Результати досліджень передпосівного обробітку грунтів важких за механічним складом під сівбу цукрових буряків за традиційною технологією показують, для створення необхідної структури грунту весною виконується 3 - 5 операцій, що призводить до переущільнення грунту. Встановлено, що переущільнення грунту погіршує його структуру, аерацію, водопроникність, нітріфікаційну здатність, мікрорельеф, умови проведення послідуючих польових робіт, знижує ефективність дії мінеральних добрив, підвищує тяговий опір ґрунтообробних машин, збільшує затрати енергії і витрату пального на одиницю оброблюваної площі на 17-19 відсотків. Виходячи із приведеного аналізу виникає необхідність мінімалізації проходів машин весняного передпосівного обробітку грунту під сівбу цукрових буряків.

Отже, в результаті аналізу вирощування цукрових буряків встановлено, що мінімалізація весняного обробітку ґрунту до сівби, дає можливість проведення сівби цукрових буряків в більш ранні строки, що призводить до збільшення вегетаційного періоду і підвищення продуктивності цукрових буряків, а також до скорочення матеріальних і енергетичних ресурсів.

**УДК. 631.31**

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЛОСКИХ ДИСКІВ, ЩО ВІЛЬНО ОБЕРТАЮТЬСЯ

**М. С. ХРАМОВ,** асистент кафедри агроінженерії,
***Миколаївський національний аграрний університет***
*E-mail*: khramov_ns@mnau.edu.ua

**Вступ.** Робочі органи ґрунтообробних агрегатів відіграють важливу роль у забезпеченні якісного обробітку ґрунту, що впливає на рівномірність розпушення, перемішування та структурування ґрунтового середовища. Одним із найбільш поширених типів робочих органів є дискові механізми, які застосовуються для безвідвального обробітку ґрунту та мінімізації енергетичних витрат.

Серед різновидів дискових робочих органів особливе місце займають плоскі диски, що вільно обертаються. Вони використовуються для обробки поверхневого шару ґрунту, зменшення його ущільнення та покращення аерації. Під час роботи такі диски заглиблюються в ґрунт і здійснюють його розпушення за рахунок обертального руху. Однак, ефективність роботи плоских дисків залежить від їхніх конструктивних параметрів, зокрема діаметра, кута нахилу, кінематичних характеристик та взаємодії з ґрунтом. Визначення оптимальних параметрів дозволяє підвищити продуктивність агрегату та зменшити енерговитрати [1-15].

Метою дослідження є обґрунтування параметрів плоских дисків, що вільно обертаються, шляхом аналізу їх кінематичних та силових характеристик у процесі ґрунтообробки.

**Методика дослідження.** Дослідження виконано шляхом аналізу кінематичних і силових параметрів плоских дисків, що вільно обертаються, при їх взаємодії з ґрунтом. Для цього була розроблена експериментальна установка, яка імітує роботу дискових робочих органів у польових умовах. Об’єктом дослідження є плоскі диски, що вільно обертаються, закріплені на ґрунтообробному агрегаті. Дослідження проводилися в лабораторних умовах з використанням модельного ґрунтового середовища, яке відповідало фізико-механічним властивостям ґрунтів, що зустрічаються в реальних польових умовах. Вимірювання проводилися за такими параметрами: глибина

заглиблення диска ($h$), мм; радіус диска ($R$), мм; швидкість руху агрегату ($v$), м/с; кут нахилу лемеша ($\alpha$), градуси; кінематичний параметр диска ($\lambda$), що визначався як відношення швидкості точки контакту до поступальної швидкості агрегату:

$$\lambda = \frac{v_d}{v}$$

де $v_d$ – швидкість обертання диска на контактній поверхні.

Процедура експерименту передбачала підготовку установки, закріплення плоских дисків на рамі експериментального агрегату, встановлення датчиків вимірювання параметрів руху, регулювання глибини заглиблення дисків, зміни швидкості агрегату, варіювання кута нахилу леміша, проведення серії випробувань із фіксацією кінематичних параметрів руху дисків та сил взаємодії з ґрунтом. Обробка експериментальних даних здійснювалася за допомогою математичних методів регресійного аналізу, що дозволило отримати аналітичні залежності між параметрами роботи дисків та їх впливом на якість обробітку ґрунту. Отримані результати дозволяють визначити оптимальні параметри дискових робочих органів для підвищення їх ефективності та зниження енергетичних витрат у процесі ґрунтообробки.

**Результати дослідження.** Кінематичні параметри плоских дисків, що вільно обертаються, суттєво впливають на процес їх взаємодії з ґрунтом. Було встановлено, що при русі дисків у ґрунті кінематичний параметр $\lambda$ змінюється залежно від глибини заглиблення, радіуса диска та кута нахилу леміша. Якщо диск котиться без ковзання ($\lambda$=1), миттєвий центр швидкостей знаходиться у точці контакту з ґрунтом. При $\lambda$>1 диск рухається з буксуванням, а при $\lambda$<1 – із ковзанням.

Аналіз залежності між кінематичним параметром і площею зони тертя показав, що зі зменшенням $\lambda$ від 1,4 до 1,0 площа зони тертя збільшується у 4,5 рази, а при подальшому зменшенні ($\lambda$=1.0 до $\lambda$=0.6) – ще у 1,2 рази. Це свідчить про те, що сили тертя між бічною поверхнею диска та ґрунтом значно впливають на його обертання, сприяючи покращенню процесу розпушення ґрунту.

Залежність площі зони тертя від кінематичного параметра визначається рівнянням:

$$S = \pi R^2 \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right)$$

де $R$ – радіус диска, $S$ – площа зони тертя.

Було встановлено, що збільшення кута підйому ґрунту на 1° у межах 0-25°призводить до зростання площі зони тертя на 3,3%, а при збільшенні кута у діапазоні 25-50° – на 10,4%. Це пояснюється тим, що зі збільшенням кута нахилу зростає контактна поверхня взаємодії диска з ґрунтом, що сприяє інтенсифікації процесу обробки.

Загалом результати експерименту свідчать про те, що оптимальними умовами роботи дисків є їх використання при кінематичному параметрі $\lambda$ у межах 1,0-1,4 та куті нахилу леміша 20-25°. Це забезпечує найкращі умови для

відносного руху ґрунту по лемішу та ефективне розпушення без надмірного енергетичного навантаження на агрегат.

**Висновки.** При взаємодії плоских дисків з ґрунтом, що рухається по лемішу, їхня бічна поверхня розділена на зони, в яких сили тертя сприяють або гальмують його рух. Найкращі умови для руху ґрунту по лемішу дисками створюються зі зменшенням їхнього радіусу та кінематичного параметра їхнього обертання при куті постановки леміша рівному 20-25°.

## Список використаних джерел


1. Сиромятников, Ю. М., & Храмов, М. С. (2020). Процес підйому ґрунту робочими органами ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої установки. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*, (33), 86-96.
2. Сиромятников, Ю. М. (2020). Вплив способів прямої сівби на ріст, розвиток і урожайність зерна ячменю ярого в умовах північно-східної частини України. *Зернові культури*, (4,№ 2), 296-304.
3. Храмов, М. С., & Сиромятников, Ю. М. (2020). Визначення тягового опору установки для підйому ґрунту в залежності від кута постановки направляючих дисків. *Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 113-ї річниці від дня народження Крамарова В.С.*, 223-225.
4. Сиромятников, Ю. М., & Балабасов, Є. А. (2021). Підвищення ефективності функціонування ґрунтообробної машини стратифікатора при зниженні питомих енергетичних витрат. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв»*. Харків: ДБТУ, 484-487.
5. Babenko, D., Khramov, N., Syromyatnikov, Y., & Sukovitsyna, I. (2021). Польові випробування експериментальної ґрунтообробної установки. *Ukrainian Black Sea region agrarian science*, *25*(3), 84-91.
6. Syromiatnykov, Y. (2022). Soil stratification for weed control. *Ražas svētki,, Vecauce–2022": Miers baro, karš posta*, 76-79.
7. Kuts, O., Kokoiko, V., Paramonova, T., Mykhailyn, V., & Syromiatnykov, Y. (2022). Influence of the fertiliser system on the soil nutrient regime and onion productivity. *Plant & Soil Science*, *13*(4), 16-26.
8. Kuts, O., Kokoiko, V., Paramonova, T., Mykhailyn, V., & Syromiatnykov, Y. (2022). Influence of the fertiliser system on the soil nutrient regime and onion productivity. *Plant & Soil Science*, *13*(4), 16-26.
9. Сиромятников, Ю. (2023). Вплив агротехніки та строків сівби за різних погодних умов на врожайність сої. *Агробіологія, 179 (1), 187*, *195*.
10. Куц, О., Сиромятніков, Ю., & Рудим, Ю. (2023). Вплив гуматних добрив на посівні якості насіння цибулі ріпчастої. *Теоретичні і практичні*

*аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах: Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції*, 110-111.

11. Kuts, O., Kokoiko, V., Mykhailyn, V., Syromyatnikov, Y., & Zhernova, O. (2023). Fertilisation system influence on the main agrochemical indicators of soil and productivity of white cabbage. *Scientific Horizons*, *11*(26), 69-79.

12. Сиромятников, Ю. М. (2023). Вплив технологічних заходів на вологозабезпеченість ґрунту в процесі вирощування буряків. *Український журнал природничих наук*, (4), 125-137.

13. Kuts, O. V., Kokoiko, V. V., Mykhailyn, V. I., Onyshchenko, O. I., & Syromyatnikov, Y. M. (2024). Impact of nutrient management on physiological processes, biochemical properties, and. *Agricultural Science and Practice*, *11*(3), 61-71.

14. Сиромятников, Ю. М., & Сиромятніков, П. С. (2024). Роботизовані системи доїння корів: технологічні переваги. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ»*, 157-160.

15. Сиромятников, Ю. М., & Кириченко, Р. В. (2024). Впровадження наукових досліджень у освітній процес в контексті Євроінтеграції. *Модернізація вищої освіти та забезпечення якості освітньої діяльності в умовах європейської інтеграції*, 356-358.

**UDC 631.1**

## ANALYSIS OF DESIGN FEATURES OF AGRICULTURAL ROBOTS FOR INTER-ROW CULTIVATION

**K. VASYLKOVSKA**, PhD, Associate Professor, **M. VASYLKOVSKA**
***Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi. Ukraine***
*E-mail*: vasilkovskakv@ukr.net

Throughout the history of agriculture, farming has evolved from simple hand tools and animal-drawn machines to sophisticated automated equipment [1].

The transition from simple tools and equipment for tillage and crop care to complex systems and machine complexes that work in parallel driving, navigation and monitoring was not accomplished in one day. The future is much closer, and we understand that the latest machine learning technologies, artificial intelligence, visual pattern recognition, etc. are being introduced.

Thus, agriculture using robotic solutions is the basis for sustainable agriculture in the future [2].

Further increase in agricultural productivity is possible due to the latest technological solutions in agriculture, which will not only guarantee food and

nutrition security in the country, but will also increase foreign exchange earnings to the treasury [3, 4].

Automation, mechanization of agriculture and the search for the latest optimal means to replace painstaking manual labor are among the most pressing tasks of our time.

One of the most promising technological solutions in agricultural production is the use of agricultural robots to ensure a high-quality and timely technological process. Agrobots are smart robots that can be controlled by various programs and software adapted to different technological operations [1, 5].

Bringing intelligence to agriculture, while increasing the efficiency and sustainability of agricultural production, ensures a future in which food is produced with minimal environmental damage [6].

Precision agriculture has demonstrated the benefits of this approach, but now we can move on to a new generation of machines. It is the emergence of autonomous equipment that makes it possible to develop a whole range of agricultural equipment based on small, intelligent machines that can do the right job, in the right place, at the right time and in the right way [7].

Today, there are many different robots for agricultural production on the market, because the existing technological needs require the performance of as many technological operations for which robots can be used in agriculture. The most complex robots are those that require an intelligent approach to perform technological operations: soil preparation, seed sowing, and weed control.

The well-known designs of agricultural robots ensure the high-quality performance of one or more technological processes. However, there is one huge disadvantage: they are very expensive. In times of war, not all agricultural producers can afford such a device. In order to develop an agricultural robot for working in the aisles, we proposed the design of an agricultural robot that would provide high-quality work in the rows of row crops and, at the same time, be simple enough.

To perform the technological operation of loosening the soil and destroying weeds, a certain row spacing must be maintained. For example, the row spacing for sowing sugar beet is 45 cm, for sunflower and corn - 70 cm. Therefore, we chose a row spacing of 70 cm for working with row crops. The initial data for the experimental design were:

Dimensions (no more):

- width: 500 mm (for row spacing of 70) and adjustable wheel spacing for smaller row spacing,
- length should not exceed 700 mm,
- clearance should be sufficient for the smooth operation of the working bodies: more than 100 mm;
- availability of a battery;

The presence of a space orientation system (2 cameras);

- availability of working bodies (ripper);
- availability of a communication and control module;
- availability of a positioning system.

The scheme of an agricultural robot for inter-row cultivation of row crops is proposed (Fig. 1) [8].

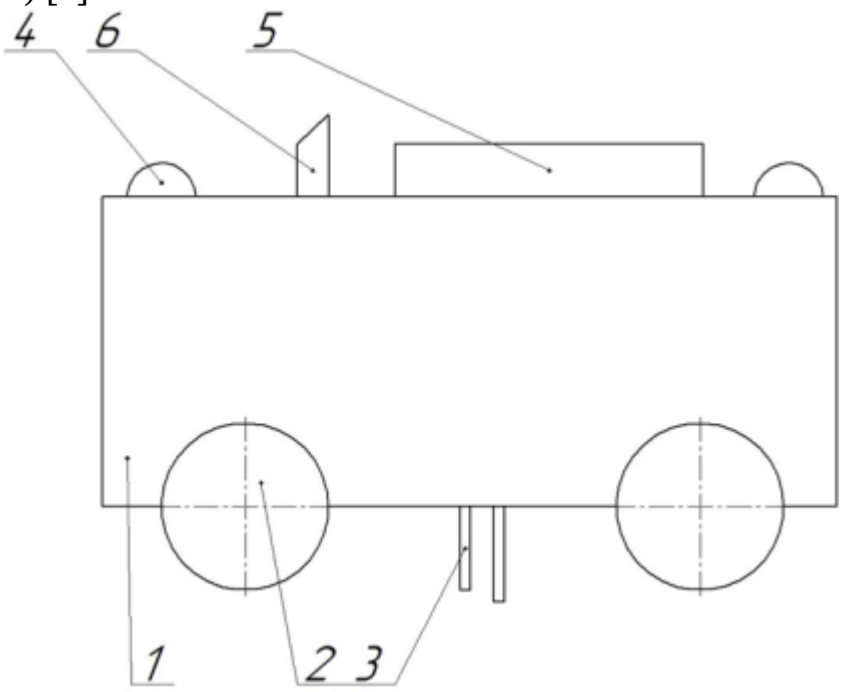



Fig. 1. General view of the proposed design of the agrodron for inter-row cultivation of row crops:
1 - body; 2 - steering wheel; 3 - racks for attaching working bodies; 4 - video camera; 5 - rechargeable battery; 6 - GPS transmitter

To work in the aisles, we propose the design of an agricultural robot, which includes a body 1, which moves with the help of rubber wheels. The drive is carried out on the control wheels 2 of the front axle. For loosening row spacing and weed control, the included working tools (hill cultivators or arrow paws) are attached to the body of the agricultural robot on the rack 3. The body has two video cameras 4, a removable battery 5 and a GPS transmitter 6.

Before work, the agricultural robot is set a route. Before starting the operation, the working limits are lowered to a predetermined depth, the operating mode is activated, and the agricultural robot starts moving along the specified route. In addition, you can monitor the robot's operation in real time on the tablet screen.

To improve the design, it is planned to conduct field studies in the near future. Also, to unify the work on one body of the agro-robot, it is proposed to create designs of different variations of the agro-robot, such as a transport unit and an intelligent sprayer.

The intellectualization of agriculture is moving towards enabling existing machines to work autonomously and without human intervention. The level of complexity of work that can be performed by agricultural robots is increasing.

Conclusions. Agricultural robots, as the latest technology for agricultural production, not only save labor costs, but also improve quality control capabilities and increase the ability to withstand natural risks. Therefore, the proposed design of a

simple and reliable agricultural robot to ensure quality work in the row spacing of row crops is a relevant and timely solution for agricultural production in our country.

**Referencis**

1. Васильковська К.В. Системний аналіз агороботів в сільськогосподарському виробництві. Аграрні інновації. – Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2024. – Вип. 24. С. 31-36. (DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.4)

2. Vasylkovska K.V., Leshchenko S.M., Vasylkovskyi O.M., Petrenko D.I. Improvement of equipment for basic tillage and sowing as initial stage of harvest forecasting. INMATEH - Agricultural Engineering. 2016. Vol. 50(3). P. 13-20.

3. Білінська В. Сучасні інноваційні технології в сільському господарстві: основна характеристика та перспективи впровадження. Вісник Київського національного університету імені Т. Шевченка: Економіка. 2015. Вип. 7 (172). С. 74-80. (DOI: https://dx.doi.org/10.17721/1728-2667.2015/172-7/11)

4. Васильковська К.В., Андрієнко О.О., Шепілова Т.П. Ефективність агродронів в системі точного землеробства. Аграрні інновації. – Херсон: Видавничий дім «Гельветика». 2023. Вип. 16. С. 13-18. (DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.2)

5. Васильковська К.В., Андрієнко О.О., Малаховська В.О. Аналіз ефективності агродронів для внесення технологічних матеріалів в системі точного землеробства. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кропивницький: ЦНТУ. Вип. 53. 2023. С. 131-138. (DOI: https://doi.org/10.32515/2414-3820.2023.53.131-138)

6. Komitov G., Mitkov I., Harizanov V., Neshev N., Yanev M. Justification of Agrotechnical Indicators of Agrorobot. 7th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE), 2020. (DOI: https://doi.org/10.1109/EEAE49144.2020.9279046)

7. Blackmore S., Stout B., Wang M. & Runov B. Robotic agriculture – the future of agricultural mechanisation? Precision Agriculture, 5. 2000. pp. 621–628. (DOI: https://doi.org/10.3920/978-90-8686-549-9_077)

8. Васильковська К.В., Мороз С.М., Андрієнко О.О., Васильковський М.О. Агробот для міжрядного обробітку просапних культур. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кропивницький: ЦНТУ. Вип. 54. 2024. С. 185-192. (DOI: https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.185-192)

**УДК 631.816.33**

# ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРАНУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

**Д. Г. ЖУК**, аспірант,
**В. А. ДЕЙКУН**, доцент, канд. техн. наук,
**Р. В. МОСКАЛЬЧЕНКО**, аспірант
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
***м. Кропивницький,***
*E-mail:* viktor.deikyn@gmail.com

Після проведення огляду та аналізу існуючих способів внесення гранульованих мінеральних добрив, було зроблено припущення щодо вибору, на наш погляд, раціонального способу їх внесення та запропоновано схему внутрішньоґрунтового внесення гранульованих мінеральних добрив у підлаповий простір плоскорізальних робочих органів культиваторів. На якість виконання технологічного процесу впливає обґрунтування параметрів та режимів роботи комбінованого робочого органа.

Також важливим є стан та властивості матеріалу, який вноситься, тому задачами досліджень передбачається встановлення окремих параметрів часток мінеральних добрив експериментальним шляхом. Тому метою експериментальних досліджень є встановлення ступеню уточнення показників механіко-технологічних властивостей певних видів мінеральних добрив.

Програма експериментальних досліджень передбачає вирішення наступних задач:

– уточнення числових параметрів основних механіко-технологічних властивостей гранульованих мінеральних добрив, а саме: визначення аеродинамічних властивостей та фракційного складу (маси, діаметру) часток компонентів добрив, їх вологості та коефіцієнтів відновлення і тертя гранул добрив.

Методика визначення основних механіко-технологічних властивостей гранульованих мінеральних добрив включає в себе визначення аеродинамічних властивостей та фракційного складу гранул добрив

Швидкість витання $V_в$ відповідає швидкості повітряного потоку $V_{пот}$, при якому частка знаходиться у звішеному стані і зазвичай визначається у вертикальному повітряному каналі. В даному випадку аеродинамічні властивості гранульованих мінеральних добрив визначали із застосуванням парусного класифікатора (рис. 1). Класифікатор змонтовано на столі 1. До його складу входить всмоктувальний трубопровід 2 з прозорою частиною 3, в нижній частині якої закріплюється стакан з сітчастим дном для навіски досліджуваного матеріалу 4. Трубопровід 2 входить в циклон 5, де відбувається осадження обробленого матеріалу, який виділяється в ємкість 6. Потік повітря в трубопроводі 2 забезпечується вентилятором 9. Витрати повітря

контролюються ротаметром (витратоміром) 8, який ввімкнено в систему через допоміжні трубопроводи 7. Вентилятор 9 приводиться в дію електродвигуном 10 через клинопасовий варіатор 11.

Швидкість повітряного потоку в робочому трубопроводі 2 регулюється дросельною заслінкою на вентиляторі 9 та зміною його частоти обертання клинопасовим варіатором. Швидкість повітряного потоку розраховується через витрату повітря, що контролюється ротаметром 8.

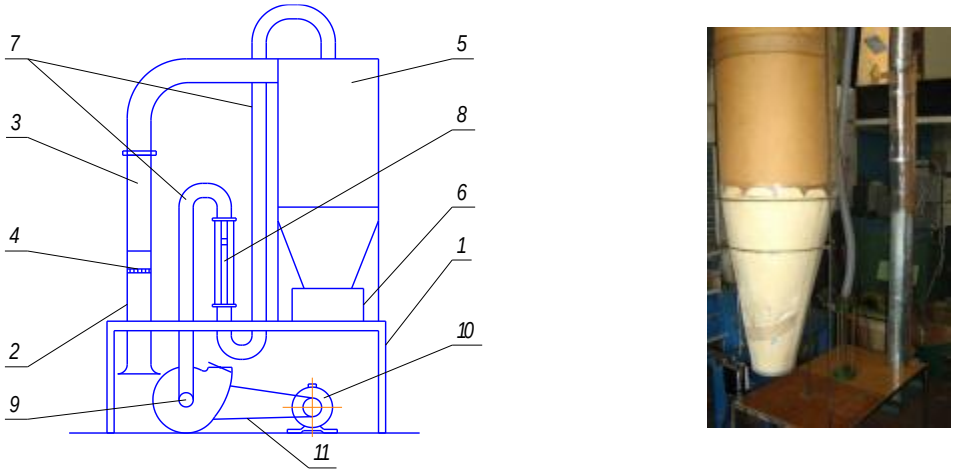



Рис. 1. Принципова схема та загальний вигляд парусного класифікатора.

Для проведення досліджень з гранульованими добривами методом середньої проби відбирали навіски масою 100 г.

Для визначення граничних значень швидкостей повітряного потоку кожна навіска добрив засипалася в стакан з сітчастим дном 4, при цьому дросельна заслінка вентилятора 9 спочатку закривалась повністю і вмикався привід вентилятора. Потім, плавно відкриваючи дросельну заслінку вентилятора, збільшували швидкість повітряного потоку до початку витання легких фракцій. За допомогою витратоміра визначались витрати повітря і розраховувалась швидкість повітряного потоку за формулою

$$V_в = \frac{W}{F}, \qquad (1)$$

де $W$ – витрати повітря, м$^3$/с;

$F$ – площа перерізу, м$^2$.

Послідовне підвищення швидкості повітряного потоку дозволяло виділити в стакан циклона всі компоненти добрив, що дає можливість отримати повний варіаційний ряд аеродинамічної характеристики. По долям (масі) фракцій, виділених при кожному дискретному значенні вказаної швидкості в вихідній навісці, будували варіаційну криву, відкладаючи по осі абсцис границі класів по швидкості витання, а по осі ординат – кількість (в відсотках) виділеного матеріалу.

Використовуючи значення $V_{\min}$ і $V_{\max}$, вибирали класовий інтервал $\lambda$

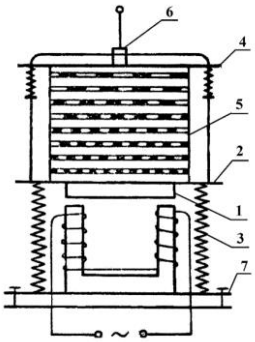
$$\lambda = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{n}, \qquad (2)$$

де $n$ – число класів (у даних дослідження $n = 8$).

Виділення часток добрив кожного класу проводилось протягом 3 хв.

Для визначення фракційного складу використовували методику просіювання компонентів добрив через отвори решітного класифікатора. Для цього використовували вібраційний решітний класифікатор РКФ-1 (рис. 2), який призначений для аналізу розмірів і характеристики вирівняності компонентів суміші по ширині та товщині (в першому випадку використовуються решета з круглими отворами, а в другому – з продовгуватими) (рис.2, б).

Відповідний класифікатор (рис.2, а) змонтовано на платформі 7 і він складається з електромагніта, якір 1 якого жорстко з'єднаний з нижнім диском 2, трьох спіральних пружин 3, верхнього диска 4, набора лабораторних решіт, установлених на нижній диск 1 і притиснутих верхнім диском завдяки рукоятці з ексцентриком 6. Нижня частина приладу закрита захисним кожухом. Решета приводяться в коливальний рух електромагнітом і якорем 1.




а

б

Рис. 2. Вібраційно-решітний класифікатор РКФ-1:
а – функціональна схема; б – набір решіт.

Амплітуда коливань змінюється підбором необхідної напруги живлення обмотки електромагніта. Для цього живлення класифікатора здійснюється через автотрансформатор (ЛАТР-2).

Масу мінеральних добрив визначали стандартним методом прямого зважування на електричних терезах KERN EMB 600-2 (рис. 3).

Рис. 3. Загальний вигляд електричних терез KERN EMB 600-2.

Даний прилад здатний визначати вагу предметів експрес-методом з точністю 0,01 г, що дозволяє вважати результати зважування достовірними.

Зразки мінеральних добрив, які використовувались в процесі експериментальних досліджень (рис. 4), із загальної маси відбирались методом стандартного відбору проб.

а б в г д

Рис. 4. Зразки мінеральних добрив, для яких встановлювалися аеродинамічні та фракційні характеристики (діаметр часток 2-3 мм): а – хлористий калій, б – діамофос, в – аміачна селітра, г – нітроамофос, д – суперфосфат.

Вагу однієї гранули добрив визначали ваговим способом за класичною методикою при цьому відраховувались сто гранул добрив одного діаметру, потім проводили зважування навіски та визначення ваги однієї гранули, дослід також проводився з п’ятикратною повторністю, визначалось середнє значення.

Визначення коефіцієнту тертя та загальної вологості суміші добрив

Коефіцієнт тертя гранул добрив по поверхні визначали приладом, запропонованим В.О. Желіговським (рис. 5).

Досліди проводилися в п’ятикратній повторності. Значення кута тертя ковзання визначали як $\varphi = arctgf$ .

Кут установки площини змінювався в межах 15, 25, 35, 40, вага ємкості для дослідного матеріалу становила 75 г. Вага гранульованого нітроамофосу – 50 г.

В ході проведення експерименту визначався час $t$ проходження матеріалом ділянки $S$. Результати проведених замірів заносилися до таблиці.

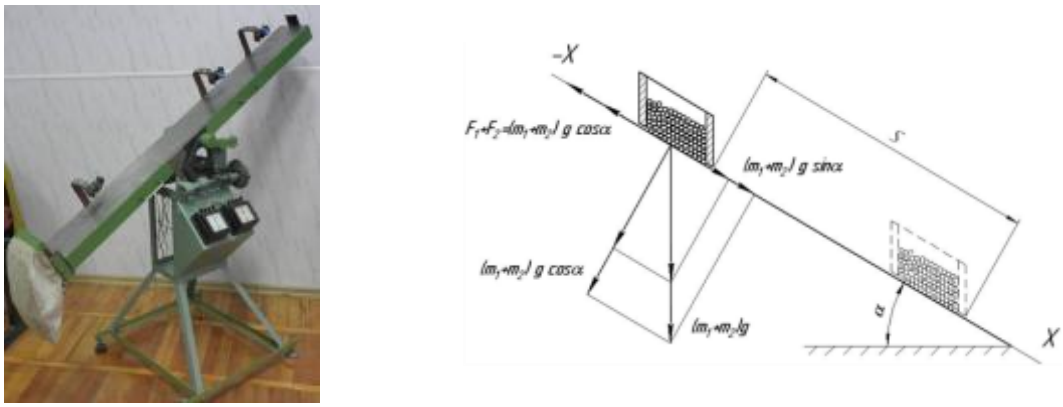



Рис. 5. Загальний вигляд та схема лабораторної установки для визначення коефіцієнта тертя методом скатної площини (за В.О. Желіговським).

Визначення вологості гранул мінеральних добрив

Вологість навісок добрив визначали термостатно-ваговим методом за класичною методикою, шляхом висушування зразків в сушильній шафі при температурі 105° С, з подальшим зважуванням на електронних вагах.

Результати досліджень, проведених за вказаною методикою, показують, що швидкість витання гранул добрив знаходиться в межах 7-12 м/с в залежності від геометричних розмірів та видів добрив. Для різних видів добрив середнє значення показника швидкості витання $V_{вит.}^{ср.}$ коливається в межах 10,16-9,555 м/с (табл. 1). Різниця показника є несуттєвою і не перевищує 3%. Це дає можливість вважати, що отримані результати теоретичних досліджень з однаковою достовірністю можуть бути застосовані для усіх розглянутих видів добрив.

Таблиця 1

Частота потрапляння, % числових значень швидкостей витання в класових інтервалах та їх середнє значення $V_{вит.}^{ср.}$

| № з/п | Назва добрив | Класові інтервали швидкостей витання гранул добрив, м/с | | | | | $V_{вит.}^{ср.}$, м/с |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | <8 | 8÷8,9 | 9÷9,9 | 10÷10,9 | 11÷11,9 | |
| 1 | Нітроамофос (16:32:16) | 0 | 10,7 | 71,2 | 14,8 | 3,3 | 10,16 |
| 2 | Суперфосфат | 4,5 | 36 | 41 | 15,3 | 3,2 | 9,768 |
| 3 | Хлористий калій | 2,6 | 31,2 | 62,1 | 2,5 | 1,6 | 9,677 |
| 4 | Аміачна селітра | 4,2 | 42,8 | 38,5 | 12,6 | 1,9 | 9,652 |
| 5 | Діамофос (16:16:16) | 3,4 | 49,3 | 37,8 | 7,4 | 2,1 | 9,555 |
| Середнє значення | | | | | | | 9,742 |

На процес розподілу добрив по площі суттєве значення має їх гранулометричний склад (табл. 2).

Таблиця 2

Гранулометричний склад комплексних мінеральних добрив, %

| № з/п | Назва добрив | >4 | 3÷3.9 | 2÷2.9 | 1÷1.9 | <1 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Нітроамофос (16:32:16) | 0,44 | 18,51 | 70,91 | 10,14 | 0 |
| 2 | Суперфосфат | 0,28 | 6,05 | 35,3 | 56,7 | 1,65 |
| 3 | Хлористий калій | 1,92 | 16,4 | 41,2 | 38,7 | 1,71 |
| 4 | Аміачна селітра | 0,11 | 2,41 | 63,18 | 33,08 | 1,21 |
| 5 | Діамофос (16:16:16) | 1,82 | 14,48 | 38,03 | 43,81 | 1,86 |

Експериментально підтверджено, що більшість гранул мінеральних добрив мають розміри від 2 до 3 мм, що складає 70-90% від загальної маси.

Оскільки гранули мінеральних добрив є гігроскопічними, їх вологість може коливатися в значних межах залежно від вологості навколишнього середовища, так як досліди проводилися в лабораторних умовах при постійних

температурі та вологості, отримані показники відповідають реальним значенням, передбаченим державними стандартами щодо відповідних видів добрив (табл. 3).

Таблиця 3

Показники механіко-технологічних властивостей основних видів гранульованих добрив

| № п/п | Вид добрив | Об'ємна маса, кг/м$^3$ | Маса 1 гранули добрив, г | Вологість добрив, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Нітроамофос (16:32:16) | 1140 | 0,0289 | 3,0 |
| 2 | Суперфосфат | 1120 | 0,0229 | 3,6 |
| 3 | Хлористий калій | 925 | 0,0202 | 2,3 |
| 4 | Аміачна селітра | 915 | 0,0169 | 2,4 |
| 5 | Діамофос (16:16:16) | 840 | 0,0147 | 3,4 |

У виробничих умовах туконапрямник можуть виготовляти з різних матеріалів, які характеризуються відповідними фрикційними властивостями і можуть суттєво впливати на показники процесу транспортування гранул добрив.

Коефіцієнти тертя мінеральних добрив (табл. 4) по поверхнях різних матеріалів значно відрізняються.

Таблиця 4

Коефіцієнти тертя гранул мінеральних добрив

| № за п/п | Матеріал | нітроамофосу N:P:K=16:32:16 | суперфосфату гранульованого | хлористого калію | аміачної селітри | діамофосу P:N=16:16:16 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Сталь | 0,88 / 0,75 | 0,63 / 0,48 | 0,56 / 0,60 | 0,44 / 0,48 | 0,61 / 0,62 |
| 2 | Деревина | 0,91 / 0,73 | 0,62 / 0,50 | 0,53 / 0,51 | 0,52 / 0,50 | 0,64 / 0,60 |
| 3 | Гума | 0,88 / 0,70 | 0,53 / 0,53 | 0,54 / 0,44 | 0,49 / 0,46 | 0,48 / 0,48 |
| 4 | Капрон | 0,75 / 0,61 | 0,40 / 0,43 | 0,48 / 0,44 | 0,36 / 0,40 | 0,45 / 0,47 |
| 5 | Полімер | 0,72 / 0,62 | 0,42 / 0,38 | 0,47 / 0,41 | 0,33 / 0,32 | 0,48 / 0,48 |

Примітка: в чисельнику – коефіцієнт спокою
в знаменнику – коефіцієнт тертя ковзання

Проведені експериментальні дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

У результаті уточнення механіко-технологічних властивостей гранул мінеральних добрив встановлено, що різниця між числовими значеннями

показників є не суттєвою і не перевищує межі похибки 3%. Це дає можливість вважати, що отримані результати теоретичних досліджень з однаковою достовірністю можуть бути застосовані для усіх розглянутих видів основних добрив при їх внесенні внутрішньогрунтовим способом.

**УДК 664.6**

## ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО РІШЕННЯ МАШИНИ ДЛЯ ЛУЩЕННЯ ЗЕРНА

**О. А. ГОРБЕНКО**, доцент кафедри агроінженерії,
**М. С. ХРАМОВ**, асистент кафедри агроінженерії
***Миколаївський національний аграрний університет***
*E-mail:* gorbenko_ea@mnau.edu.ua, khramov_ns@mnau.edu.ua

**Вступ.** Лущення в лущильно-шліфувальних машинах ЗШН. Зернові культури, у яких оболонки міцно пов'язані з ядром (ячмінь, пшениця), лущать з найбільшим технологічним ефектом при фрикційно-тертьовій дії робочих органів на поверхню зерна. Такі машини безперервної дії мають абразивні диски і сталеву обичайку.

Для впровадження в умовах виробництва найбільш придатною є машина типу ЗШН. Зернові лущители безперервної дії ЗШН за способом дії відносяться до лущильно-шліфувальних фрикційно-тертьових машин. Продукт обробляється в кільцевому просторі між дисками і металевою обичайкою. Тривалість обробки регулюють, змінюючи розмір випускного отвору [1].

Технологічна ефективність процесу лущення і продуктивність лущильних машин в значній мірі визначають технологічні показники роботи всього круп'яного заводу і залежать від ряду факторів, які можуть бути розбиті на дві групи: чинники, обумовлені технологічними властивостями зерна, і фактори, залежні від типу лущильних машин і умов їх експлуатації [2,3].

**Опис результатів.** У машині малої продуктивності ЗШН-1,5 (рис. 1) вентилятор встановлений на валу і відкачує повітря з простору. Повітря поступає в порожнистий вал машини 4 і через радіальні отвори розподіляється по перфорованих металевих кільцях 3, встановлених між дисками 1. Рівномірно розподілені струмені повітря пронизують шар продукту, захоплюють дрібні оболонкові і борошнисті частинки, а пройшовши через отвори в обичайці, поступають у вентилятор, який нагнітає його в циклон.

Процес обробки ведуть при заповненій робочій зоні, продукт виходить з машини під тиском. Відстань між абразивними дисками і металевою обичайкою 10 мм. Продукт обробляється в результаті тертя об торцеву і частково бічну поверхні абразивних дисків, внутрішнього тертя зерна об зерно і тертя зерна об металеву обичайку.

При невеликій товщині шару продукту і щільному заповненні всього об’єму робочої зони ($V$=16 ДМ$^3$) маса продукту в машині рівна 11,5-13,5 кг (залежно від натури продукту).

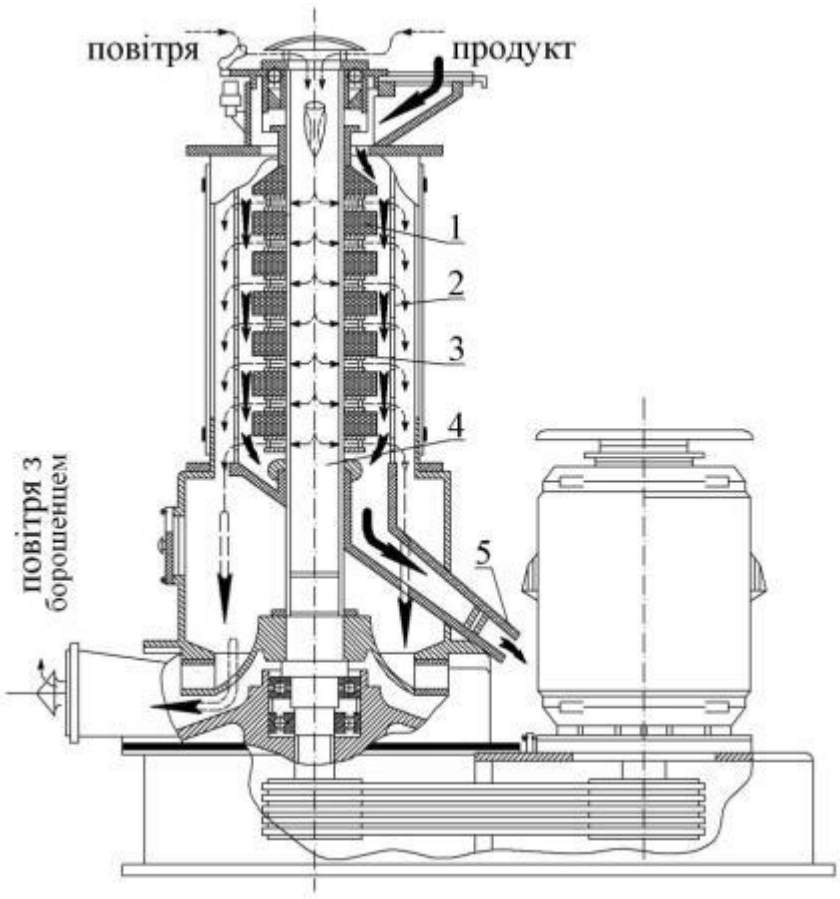



Рис. 1. Лущильно-шліфувальна машина ЗШН-1,5 з абразивними дисками:
1 – абразивний диск; 2 – ситова металева обичайка; 3 – металеве кільце (перфороване); 4 – порожнистий вал; 5 – випускний клапан (регулятор).

Знаючи продуктивність машини і масу продукту в робочій зоні, можна визначити тривалість обробки продукту в робочій зоні по формулі:

$$T = \frac{3600q}{Q} = \frac{3600 \cdot 12,5}{1500} = 30\,c., \qquad (1)$$

де $T$ – тривалість обробки, с; $q$ – маса продукту в робочій зоні, кг; $Q$ – продуктивність машини, кг/год.

З приведеної формули виходить, що чим менше продуктивність машини, тим довше обробка продукту в ній і, отже, вище ефект дії. Це підтверджується зниженням зольності оброблюваного продукту і збільшенням виходу високо зольного борошенця, а також зменшенням кількості не лущених зерен. Продуктивність машини регулюють положенням випускного клапана-регулятора навантаження. Зменшуючи перетин отвору, що випускає продукт з машини, знижують її продуктивність і збільшують тривалість обробки продукту. При цьому зростає щільність заповнення робочої зони продуктом,

збільшується між зерновий і радіальний тиск, частота контакту крупинок і сила тертя крупинок об диски і обичайку. При невеликій продуктивності (близько 800 кг/год) відбувається великий підпір продукту і споживана потужність досягає 22 кВт (максимальна).

У міру збільшення продуктивності знижується тривалість і, отже, інтенсивність обробки і зменшується споживана потужність, а при повністю відкритому випускному регуляторі продукт майже не обробляється. Технологічний ефект прямо пропорційний споживаній потужності і назад пропорційний продуктивності.

На інтенсивність роботи впливає колова швидкість абразивних дисків (26 м/с), при невеликому діаметрі (250 мм) їх поверхня має велике прискорення і велику відцентрову силу.

Інтенсивність обробки в машинах ЗШН-1,5 регулюється ступенем підпору продукту, який можна змінювати відповідно до значень амперметра, встановленого на електродвигуні машини. Потужність А, споживану машиною визначають за формулою:

$$A = \sqrt{3IU \cdot \cos\varphi \cdot M_{дв} \cdot M_{перед}}, , \quad (2)$$

де $I$ – сила струму, А; $U$ – напруга, В; $Cos\varphi$ – коефіцієнт потужності; $M_{дв}$ – ККД двигуна; $M_{перед}$ – ККД передачі.

В наведеній формулі $Cos\varphi$ визначають залежно від ступеня завантаження машини, а силу струму, споживану двигуном, – використовуючи данні амперметра.

Слід враховувати, що на холостому ходу машина споживає 3,8 кВт, оскільки її вентилятор транспортує близько 1000 м$^3$ повітря в годину. При значенні амперметра 18 А, що відповідає споживаній потужності 6,5 кВт, на обробку продукту доводиться лише 6,5-3,8=2,7 кВт, а при значенні амперметра 36 А споживаній при цьому потужності 17,5 кВт – 17,5-3,8=13,7 кВт тобто в п’ять разів більше. Цей підрахунок показує, що хоча ступінь дії на оброблюваний продукт прямо пропорційний силі струму, потрібно враховувати і холостий хід машини.

**Висновок.** Сучасним підприємствам великої продуктивності потрібні більші машини. У новій машині ЗШН-3 збережений той же метод дії на продукт, той же спосіб безперервного відвівання оболонок і борошенця, але на відміну від машини меншої продуктивності вбудований вентилятор винесений з машин збільшений діаметр абразивних дисків з 250 до 300 мм і зазору між торцевою частиною дисків і металевою обичайкою, що збільшує кількість оброблюваного продукту.

## Список використаних джерел

1. Гончарук, Г. А., Опришко, О. В., & Шипко, І. М. (2018). Результати лущення шліфування ячменю в абразивно-дисковій машині А1-ЗШН-3. *Зернові продукти і комбікорми*, (18,№ 1), 47-50.

2. Лещенко, С. М., & Чемодуров, М. М. (2017). Дослідження лущильно-шліфувальної машини для зерна. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції».* – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – 39 с., 25.

3. Горач, О. О., Дзюндзя, О. В., & Олейникова, С. О. (2023). Технологічне обладнання та проектування технологічних ліній для виробництва борошна функціонального призначення. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (3), 37-45.

**УДК-631.33.02**

# ОЦІНКА ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИСКА ДОЗАТОРА НА ПРОДУКТИВНІСТЬ

**М. П. АРТЬОМОВ** д.т.н.,професор.
**О. Д. КАЛЮЖНИЙ** к.т.н., доцент.
***Державний біотехнологічний університет м. Харків***

Розподіл мінеральних добрив на поверхню поля здійснюється за допомогою розкидачів різних конструкцій. Найбільш повно відповідають диференційованому внесенню добрив агрегати фірм – AMAZONEN (Німеччина), RAUCH (Італія), KUHN (Франція). Це досягається шляхом ситуаційного дозування гранул добрив через вікно-дозатор, поперечна площа якого регулюється рухомими заслінками шиберними з приводом від гідроциліндрів під управлінням комп'ютера. При цьому площа пропускного отвору встановлюється заслінками з урахуванням контролю подачі добрив на правий та лівий диск розкидання незалежно один від одного[1, 2].

Як показав аналіз конструкцій даних дозаторів вони мають загальні недоліки, до яких відноситься - використання гідроциліндрів, які не дозволяють ситуаційно регулювати шиберними заслінками потрібний переріз пропускного вікна, що позначається на точності дозування добрив і зіткнення гідроциліндрів і датчиків системи електронного стеження з агресивним середовищем мінеральних добрив, що позначається на їхній працездатності та надійності.

Колективом науковців кафедри було розроблено агрегат для розкидання мінеральних добрив, який складається з дискового дозатора та розкидача мінеральних добрив із приводом від електродвигунів, які запитані на бортову електросистему трактора. Управління дозатора походить від комп'ютера, який зчитує швидкісні параметри руху агрегату і зі зміною швидкості його руху від встановленої видає сигнал на зміну сили струму дозування, що подається на приводний електродвигун диска, тим самим змінюючи частоту його обертання

пропорційно зміні швидкості руху трактора, а значить і норму подачі добрив на розкидання поверхні[3, 4, 5].

Для вивчення роботи пристрою було виготовлено лабораторний зразок дозатора (Рис. 1.). Пристрій складається з: ємності для добрив – 1; дискового дозатора – 2; електроприводу – 3; ємності для збирання добрив – 4.

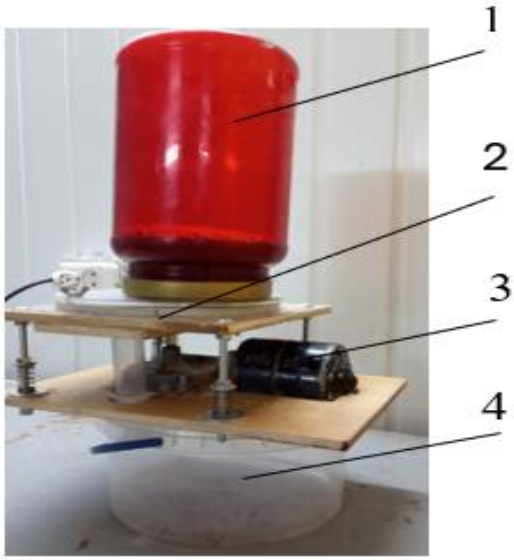



Рисунок 1 – Лабораторний зразок дозатора

.

Дослідження роботи диска дозатора (Рис. 2) показали, що шари гранул добрив, які знаходяться над вікном завантаження 1, при обертанні диска 2 мають горизонтальний зсув, що погіршує заповнення гранулами отворів 3 диска. Тому в кінці вікна 1 був встановлений бордюр 4, що усуває горизонтальний зсув гранул добрива. Отвори 3 на диску 2 для кращого заповнення гранулами добрив мають кут нахилу $45^0$ до напрямку обертання диска 2.

Рисунок 2 – Диск дозатора

Експерименти проводилися з використанням мінеральних добрив, марок: нітроамофоска (N = 10; P = 26; K = 26.), нітроамофоска (N = 16; P = 16; K = 16), аміачна селітра (N=34,4). Питома вага кожного з добрив визначалась

експериментальним шляхом. Отримані результати продуктивності опрацьовувалися методом математичної статистики.

Оцінка впливу розмірних параметрів вікна на продуктивність дозатора проводилася шляхом встановлення вікон з різною довжиною та шириною[6]. З метою оцінки продуктивності встановлювалися вікна таких розмірів: 1-впускне 35х17 мм., випускне 35х17 мм.; 2-впускний 60х17 мм., випускний 35х17 мм.; 3-впускний 60х17 мм., випускний 60х17 мм. Отримані результати продуктивності наведено на графіку (рис. 3).

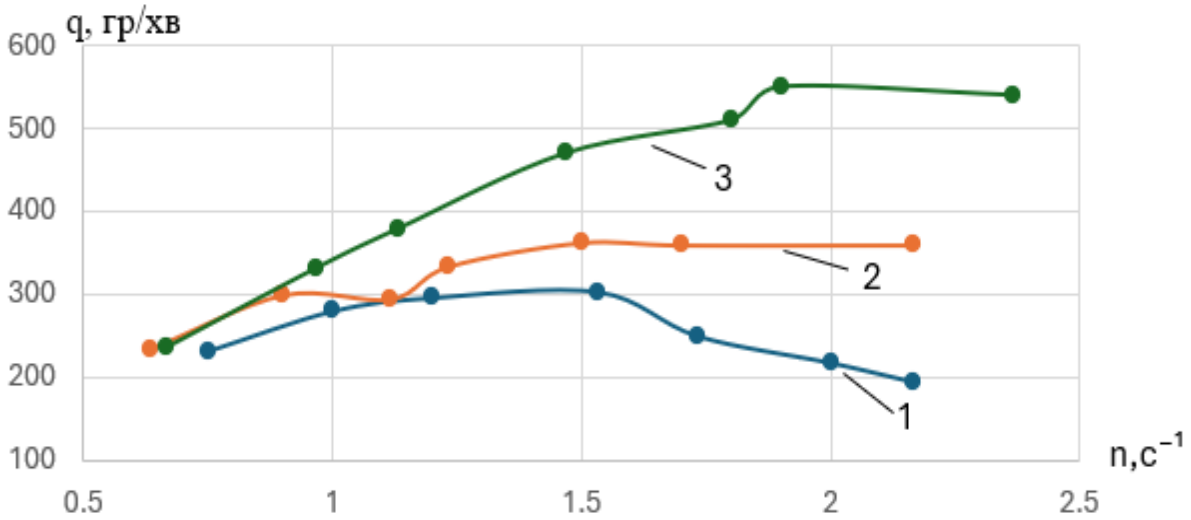



Рисунок 3 - Продуктивність дозатора залежно від розмірів вікон (1-впускне 35х17, випускне 35х17; 2- впускне 60х17, випускне 35х17; 3- впускне 60х17, випускне 60х17)

Як видно з кривої «3», найкраще заповнення отворів диску обмежено розмірами вікон 60х17мм. при частоті обертання диску від 0,67 до 1,67 $с^{-1}$.

Оцінка продуктивності дозатора від частоти обертів диска, що дозує, і кількості отворів наведена на графіку (Рис. 4).

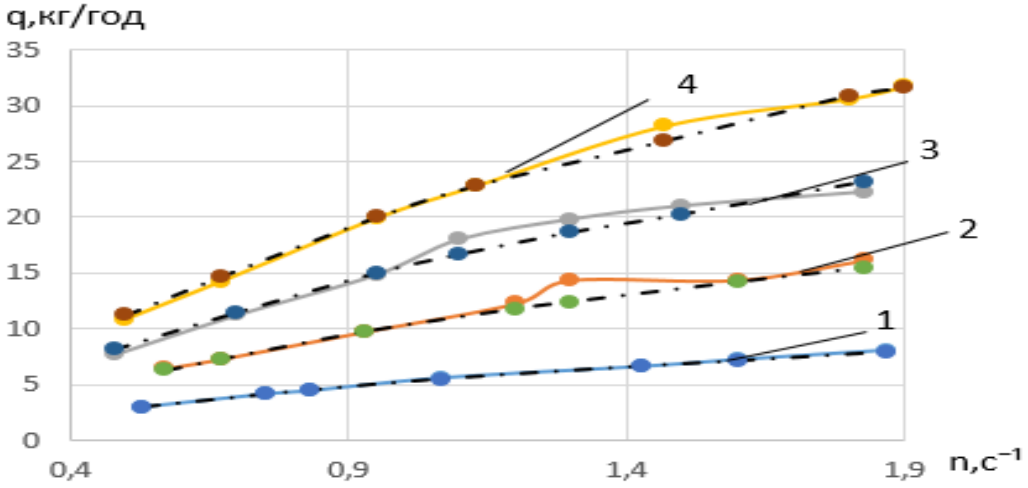



Рисунок 4 - Вплив частоти обертань (*n*) на продуктивність дозатора: (1, 2, 3, 4 – відповідно 2, 4, 6, 8 отворів;)

При збільшенні числа обертів диска від початкового значення у 3,6...3,7 разів всі отвори диски збільшували подачу у 2,4...2,9 разу. Характер залежності подачі дозатора від числа оборотів ($n$) та числа осередків носить лінійну залежність. Звідси можна зробити такі висновки.

Висновки

1. Характер залежності подачі добрив диском дозатора має лінійний характер.

2. Величина продуктивності залежить від розмірних параметрів вікон завантаження та вивантаження, а також обсягу та геометричної форми отворів диску.

3. Зростання продуктивності зі зміною числа обертів диска від 0,67 до 1,67 $с^{-1}$ змінюється в межах 2,1 рази.

**Список використаних джерел**

1. Електронний ресурс. file: https://downloadcenter.amazone.de/file/view/infoid/73367

2.Електроннийресурс.https://rauch.de/fileadmin/downloads/prospekte/AXIS/20200907_XProsp_AXIS-5800191-a-ru.pdf.

3. Агрегат для розкидання мінеральних добрив. UA 153252 U. Винахідники: Адамчук В. В., Артьомов М. П., Калюжний О. Д., Колодяжний І.О., Ростовский І. Р. Публікація відомостей про державну реєстрацію: 07.06.2023, Бюл. № 23.

4. Мельник В.І. Багатодисковий розкидач мінеральних добрив з дозуючерозкидаючими модулями / В.І. Мельник, О.Д. Калюжний, Р.В. Рідний, О.А.Романашенко // Науковий журнал «Інженерія природокористування». 2018. №1(9) С. 96 – 99.

5.Калюжний О.Д. Експериментальне дослідження активного дискового дозатора сипучих мінеральних добрив /В.І. Мельник, О.Д. Калюжний, Р.В. Рідний, І.О. Колодяжний // Вісник ХНТУСГ «Механізація с.г.», Вип 198, 2019

. Артьомов М. П., Калюжный О. Д., Романашенко О. А. , Колодяжний І. О. Оцінка розмірних і якісних параметрів роботи горизонтального дискового дозатора.Інженерія природокористування. 2020. №3 (17). С. 76 - 80.

**УДК 631.3.03**

# ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛІСНИХ МАШИН В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

**О. Ю. ПУШКАРЕНКО** аспірант;
**М. П. АРТЬОМОВ** д.т.н. професор
***Дежавний біотехнологічний університет м.Харків***
*E-mail:* oleggranit10011987@ukr.net ; artiomovprof@ukr.net

Сільськогосподарські агрегати, на базі колісних машин, працюють в умовах на які впливають багаточисельні різноманітні зовнішні фактори, які мають стохастичні характеристики. Для мобільних агрегатів факторами впливу є нерівності поверхні поля, фізико-механічні властивості ґрунту (вологість, щільність, механічний склад та ін.). Енергетичні витрати які необхідно вкласти на обробіток грунту і переміщення агрегата; властивості рослин (врожайність, забрудненість та ін.), зміна маси агрегата у процесі виконання технологічного процесу та ін. все це впливає на функціональну стабільність колісних машин і агрегатів.

Створені на основі колісних машин сільськогосподарські агрегати є складними динамічними системами. У мобільних сільськогосподарських машинно-тракторних агрегатів(МТА) змінність зовнішніх факторів при взаємодії робочих органів машин із оброблюваним середовищем (ґрунтом, рослинами) і рушіїв з поверхнею поля визначає складний характер руху окремих точок, що характеризує в значній мірі якість багатьох операцій з обробітку ґрунту (оранка, міжрядна культивація та ін.). Від зовнішніх збурюючих чинників і технічного стану сільськогосподарських агрегатів та енергетичного засобу у більшості випадків відбувається зміна динамічних навантажень[1].

Стабільність – це тривале збереження певного стану або рівня, здатність системи функціонувати, не змінюючи власну структуру, і перебувати в рівновазі. Стабільність агрегату, на базі колісної машини, досягається в разі, коли несуттєві зміни параметрів останньої, дозволяють виконати необхідні процеси та забезпечити якість [2]. Втрата стабільності може викликатися різними чинниками, такими як зовнішній вплив, утрата цілісності конструкції та ін. Функціональну стабільність можна оцінювати, прогнозувати та підтримувати.

Функціональна (параметрична) нестабільність технічної системи визначається можливими відхиленнями її параметрів. У функціонально стабільній системі параметри протягом заданого періоду експлуатації не повинні виходити за допустимі межі. Ці межі повинні задаватися не тільки з умови відсутності відмови, але і з умови недопущення погіршення функціональних властивостей колісної машини. У першому випадку подія виходу параметрів за

допустимі межі – предмет розгляду в теорії надійності, а в другому – теорії функціональної стабільності, яка, в свою чергу, базується на теорії чутливості[3].

Для реалізації забезпечення функціональної стабільності необхідно вирішити наступну задачу з визначення додаткових витрат енергії і палива на рух мобільної машини при використанні механічного приводу ведучих коліс.

Додаткова витрата енергії, обумовлена коливаннями тягової сили через вплив зовнішніх і внутрішніх збурюючих чинників

$$\Delta W = \frac{A_p}{\pi} \cdot S \tag{1}$$

де $A_p$ – амплітуда коливань тягової сили;

$S$ – шлях пройдений колісним мобільним агрегатом;

Амплітуда коливань тягової сили колісної машини у складі агрегату при виконанні технологічних операцій

$$A_p = \frac{A_{мi} \cdot j_м \cdot j_{тр} \cdot u_к \cdot u_0}{r_д}, \tag{2}$$

де $A_{мi}$ – амплітуда коливань індикаторного крутильного моменту;

$r_д$ – динамічний радіус ведучих коліс;

$u_к$, $u_0$ – передаточні числа коробки передач і головної передачі;

$j_м \cdot j_{тр}$ - моменти інерції машини і трансмісії.

$$A_{мi} = 0{,}5 \cdot \overline{M_i} \cdot k_1, \tag{3}$$

де $\overline{M_i}$ – середнє значення індикаторного крутильного моменту, що визначається зовнішнім навантаженням на колісну машину;

$k_1$ – коефіцієнт нерівномірності крутильного моменту автотракторних двигунів

На основі проведеного аналізу та обгрунтування коливання навантажень, крутильного моменту двигуна колісної машини можна зробити висновок щодо проведення необхідних заходів для покращення функціональної стабільності мобільних колісних машин.

## Список використаних джерел

1. Артьомов М.П. Динамічна стабільність мобільних сільськогосподарських агрегатів: Автореф.дис. доктора техн. наук: 05.05.11 / Артьомов Микола Прокопович ; Харківський національний технічний ун-т сільського господарства ім. Петра Василенко. - Харків., 2014. – 44 с.

2. Волох В.О. Підвищення функціональної стабільності гідроприводу коробки передач трактора з переключенням на ходу при виконанні основних технологічних операцій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механізація сільськогосподарського виробництва, 05.22.02. «Автомобілі та трактори» / В. О. Волох. – Харків, 1996. – 26 с.

3. Подригало М.А. Поняття функціональної стабільності гальмових властивостей колісних транспортних засобів / М.А. Подригало, Ю.В. Тарасов, І.О. Радченко, А.О. Молодан // «Актуальні питання забезпечення службово-

бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів»: Збірник тез доповідей науково-практичної конференції, 31 жовтня 2018 р. – Харків: Національна академія національної гвардії України, 2018. – С. 136-137.

**УДК 631.372**

# ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА МОБІЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ МЕЗ-115 ТИПУ «АВТОТРАКТОР» НА ҐРУНТООБРОБНИХ ОПЕРАЦІЯХ

**В. Ю. МІРНИЙ**, аспірант,
**С. П. ПОГОРІЛИЙ**, д.т.н., с.н.с.
***ІМА АПВ НААН***
*E-mail:* mirnyivalera@gmail.com, pogorilyy_sergiy@ukr.net

Використання мобільних енергетичних засобів (МЕЗ), розроблених на основі автомобільних шасі з підвищеною прохідністю, сприяє збільшенню річного завантаження, оскільки дані машини задіяні як на транспортних операціях так і на операціях за тягово-приводною концепціями [1]. Витрати на придбання та експлуатацію МЕЗ типу «Автотрактор» відповідного тягового класу є економічно вигіднішими в порівнянні зі звичайними тракторами. Це спонукає автомобільні підприємства, що займаються виробництвом вантажівок, розробляти модифікації для сільськогосподарського застосування, які можуть використовуватися як енергетичні засоби для виконання технологічних операцій.

Для проведення виробничої перевірки машинно-тракторного агрегата (МТА) у складі МЕЗ-115 типу «Автотрактор» з ґрунтообробними знаряддями (рис. 1 а) і б)) його оснащували вимірювальним обладнанням: шляховимірювальним колесом, датчиками частоти обертів колінчастого вала двигуна та коліс, блоком реєстрації даних.

Виробнича перевірка здійснювалися за такою методикою: МЕЗ-115 типу «Автотрактор» з ґрунтообробним знаряддям (дисковою бороною та плугом) виїжджав на поле, двигун попередньо прогрівався до досягнення температури охолоджувальної рідини 70 °С. Після цього МТА розпочинав рух на розгінній ділянці завдовжки 20 м з опущеним у робоче положення знаряддям, досягаючи постійної швидкості для проходження залікової ділянки [2]. У ході випробувань фіксувалися частота обертання колінчастого вала двигуна, колі, шляховимірювального колеса, час проходження залікової ділянки довжиною 100 м [3].

Дослідження проводили в наступних умовах:

-для виробничої перевірки МЕЗ-115 з плугом ПЛН-3-35: фон – стерня пшениці, вологість повітря – 42 %, вологість ґрунту в шарах 0–10 см –11,3 %, 10–20 см – 11,2 %;

а) б)

Рисунок 1. Ґрунтообробні машини на базі МЕЗ-115 типу «Автотрактор»
а) МЕЗ-115 з дисковою бороною АГ-2,4; б) МЕЗ-115 з плугом ПЛН-3-35

-для виробничої перевірки МЕЗ-115 з дисковою бороною АГ-2,4: фон – стерня соняшнику, вологість повітря – 46 %, твердість і вологість ґрунту в шарах 0-10 см - 1,5 МПа та 17,6 %, 10-20 см – 2,1 МПа і 15 %, 20-30 см – 1,9 МПа і 15 %.

Умови та методика досліджень відповідали стандартам ДСТУ ГОСТ 7057 [4]. Підсумки випробувань ґрунтообробних знарядь в поєднанні з МЕЗ-115 «Автотрактор» наведені у таблицях 1 і 2.

Таблиця 1 – Результатами досліджень МЕЗ-115 з дисковою бороною АГ-2,4

| № передачі | Швидкість руху, м/с (км/год) | Буксування, % | Продуктивність, га/год | Ширина захвату, м | Глибина обробітку, см |
|---|---|---|---|---|---|
| 1в | 2,1 (7,5) | 12,5 | 1,9 | 2,4 | 10–12 |
| 2н | 3,8 (13,8) | 20,8 | 2,6 | | |

Таблиця 2 – Результатами досліджень МЕЗ-115 з плугом ПЛН-3-35

| № передачі | Швидкість руху, м/с (км/год) | Буксування, % | Продуктивність, га/год | Ширина захвату, м | Глибина обробітку, см |
|---|---|---|---|---|---|
| 1в | 1,54 (5,54) | 8,64 | 0,58 | 1,05 | 23–25 |
| 2н | 1,82 (6,55) | 13,96 | 0,68 | | |

Висновки

За результатами проведеної виробничої перевірки ґрунтообробного агрегата у складі МЕЗ-115 та дискової борони АГ-2,4 встановлено, що за ширини захвату 2,4 м і глибини обробітку 10 см за робочої швидкості руху 2,1 м/с (7,5 км/год) коефіцієнт буксування становив 12,5 %, а за швидкості 3,8 м/с (13,8 км/год) – 20,8 %, продуктивність МТА становила 1,9 га/год та 2,6 га/год відповідно. За результатами проведеної виробничої перевірки ґрунтообробного агрегата у складі МЕЗ-115 та плуга ПЛН-3-35 встановлено, що за ширини захвату 1,05 м і глибини обробітку 20-23 см за робочої швидкості руху 1,54 м/с (5,54 км/год) коефіцієнт буксування становив 8,64 %, а за швидкості 1,82 м/с (6,55 км/год) – 13,96 %, продуктивність МТА становила 0,58 га/год та 0,68 га/год відповідно

**Список використаних джерел**

Перспективи використання мобільних енергетичних засобів тягового класу 1,4-2 в агропромисловому виробництві / С. П. Погорілий та ін. Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодерж. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2022. Вип. № 15 (114). С. 108–114. https://doi.org/10.37204/0131-2189-2022-15-13

Design and passability study of soil-plowing wheel facing soft terrain / X. Dong et al. Journal of Terramechanics. 2025. Vol. 117. P. 101002, doi: 10.1016/j.jterra.2024.101002.

Burt, E.C., Bailley, A.C. Load and inflation pressure effects on tyres (1982) Trans. ASAE, 25 (4), pp. 881-884.

ДСТУ ГОСТ 7057:2003. Трактори сільськогосподарські. Методи випробування. [Чинний від 2003-05-13]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 11 с.

# Секція 4 *«Надійність технологічних систем у тваринництві»*

**UDC 628.336.1:631.879.25**

# REGULATORY AND TECHNOLOGICAL PREREQUISITES FOR THE USE OF SEWAGE SLUDGE FOR ORGANIC FERTILISER PRODUCTION

**V. V. BRATISHKO,** ScD, Professor,
**V. S. KHMELOVSKYI,** ScD, Professor,
**O. M. ACHKEVYCH**, PhD, Associate Professor,
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,***
*E-mail:* vbratishko@nubip.edu.ua, khmelovskyi@nubip.edu.ua,
achkevych@nubip.edu.ua

According to an analytical report [1] by the National Institute for Strategic Studies of Ukraine, soil depletion is one of the key problems in Ukraine's agricultural sector that needs to be addressed as a matter of priority. The total loss of humus due to soil mineralisation and erosion amounts to 32-33 million tonnes annually, which is equivalent to 320-330 million tonnes of organic fertilisers [1]. The crop harvest removes significantly more nutrients from the soil than fertilisers (the negative balance reaches 100 kg/ha) [1, 2].

At the same time, the rapid decline in the number of cattle and pigs in Ukrainian agricultural enterprises has led to a significant reduction in the use of organic fertilisers over the past 30 years, from an average of 10 tonnes/ha to 0.4 tonnes/ha. Among the available sources of organic raw materials, it is worth highlighting sewage sludge from sewage and water treatment systems in settlements - according to various sources [3], about 1 billion tonnes of this sludge has been accumulated in Ukraine today, while sewage treatment plants produce about 25-30 million $m^3$ of sewage sludge annually.

The use of organic raw materials of non-agricultural origin as organic fertilisers entails the need to take into account their characteristics, hazards and risks that may be caused by their use. Ukraine’s course towards joining the European Union also requires taking into account European rules and regulations on the handling of such raw materials. In view of this, it is necessary to analyse the EU and Ukrainian regulatory frameworks for the use of organic waste of various origins, in particular, sewage sludge as organic fertiliser.

To this end, we have analysed the existing regulatory documents and identified the main ones that should be taken into account when developing technologies for the production of organic fertilisers based on this raw material.

The legislation of Ukraine in the field of waste management consists of a number of legislative acts and regulatory documents, the main of which are the Law of Ukraine “On Environmental Protection”, the Law of Ukraine “On Waste”, the Law of Ukraine “On Drinking Water, Drinking Water Supply and Sewage”, the Water Code of Ukraine, Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated March 25, 1999 No. 465 “On Approval of the Rules for the Protection of Surface Waters from Pollution by Return Waters”, Orders of the Ministry of Regional Development,

Construction and Housing and Communal Services of Ukraine dated December 1, 2017 No. 316 "On Approval of the Rules for Accepting Wastewater to Centralized Sewage Systems and the Procedure for Determining the Amount of the Fee Charged for Excessive Discharges of Wastewater to Centralized Sewage Systems" and dated December 12, 2018. No. 341 "On approval of the Procedure for the reuse of treated wastewater and sludge subject to compliance with the standards for maximum permissible concentrations of pollutants" and other documents.

Regulatory, technological, environmental and sanitary requirements are contained in the national standard of Ukraine DSTU 7369:2013 'Wastewater. Requirements for wastewater and its sludge for irrigation and fertilisation', DSTU 8727:2017 'Wastewater sludge. Preparation of organo-mineral mixture from sewage sludge', other standards of group 65.080 "Fertilizers" according to the state classifier of normative documents DK 004, DBN B.2.5-75:2013 'Sewage. External networks and structures. Basic design provisions', as well as in the departmental norms of technological design VNTP-APK-09.06 "Systems for the removal, treatment, preparation and use of manure", approved by the Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine No. 29 dated 1 February 2006. It should be noted that the departmental norms VNTP-APC-09.06 are of a recommendatory nature and contain practical requirements for the removal, accumulation, transportation, treatment, processing, storage and use of organic fertilisers based on animal manure.

The regulation of sludge treatment and disposal in the European Union is mainly based on Directives that are incorporated into the national legal systems of EU member states. From a regulatory perspective, Framework Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives is the main legal act establishing the procedure for the management of all types of waste, including sewage sludge, and obliges EU Member States to take measures to prevent and reduce the generation of waste and its potential harmful effects. In EU countries, sewage sludge is considered waste. However, there are some differences in the interpretation of the legal status of compost and fertilisers derived from sludge.

Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture is the most important legal act at EU level regarding the use of sewage sludge as organic fertiliser. Sludge from domestic and municipal sewage, septic tanks or other similar facilities may be used in agriculture only in accordance with the requirements of this Directive. The Directive states that sewage sludge treated by biological, chemical or thermal methods, or under conditions of long-term storage, or any other appropriate process that will significantly decontaminate, reduce the degree of fermentation of the sludge and the health hazards resulting from its use, may be used in agriculture. Untreated sludge may only be used if it is incorporated into the soil. Council Directive 86/278/EEC regulates the use of sewage sludge in agriculture by setting maximum permissible levels of six heavy metals: Cd, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn. However, in recent years, some European countries have introduced stricter requirements and monitor a more extensive list of heavy metal concentration limits.

In Ukraine, for example, the content of ten heavy metals is regulated in accordance with the requirements of DSTU 7369:2013.

The development of sewage sludge management technologies requires taking into account the provisions of Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment, Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (which understands the term "fertilizers" to mean, in particular, "sewage sludge"), Directive 2011/92/EU of the European Parliament and of the Council of 13 December 2011 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment, as well as EU Regulation 2019/1009 laying down rules for the placing of fertilizing products on the EU market.

Also, when developing technologies for the production of organic fertilizers based on sewage sludge, it is advisable to take into account the content and requirements of Directive 2011/92/EU of the European Parliament and of the Council of 13 December 2011 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment, as well as the Convention on Cooperation for the Protection and Sustainable Use of the Danube River.

And most importantly, the development of technologies for the production of organic fertilizers based on sewage sludge meets the main goals and objectives of the European Green Deal, the EU's strategic document aimed at achieving climate neutrality by 2050. The European Green Deal emphasizes the need to reuse resources, including biogenic materials, to minimize waste and increase the efficiency of their management. The use of sewage sludge as organic fertilizers contributes to the reduction of the use of mineral fertilizers, which reduces greenhouse gas emissions (especially $N_2O$) and improves the condition of soils, allowing nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium) to be returned to the soil instead of being lost in waste.

## Bibliography

1. Rusan V., Sobkevych O., Yurchenko A. Organizational and economic instruments of state agrarian policy in Ukraine: analytical report. Kyiv: NISS, 2012. 88 p. ISBN 978-966-554-199-8. [In Ukrainian] Available at: https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/organizaciyno-ekonomichni-instrumenti-derzhavnoi-agrarnoi-politiki-v

2. Balyuk S., Nosko B., Skrylnyk Ye. Modern problems of biological degradation of chernozems and ways to preserve their fertility. Bulletin of Agricultural Science. 2016. 1. 11-17. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201601-02

3. Bagno A., Voloshin M. Investigation of the qualitative composition of urban wastewater sludge depending on the storage period on sludge maps. Bulletin of NTU "KhPI": collection of scientific works. 2011. 57-63.

**УДК 625.007**

# ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ МОБІЛЬНОГО ЗМІШУВАЧА-РОЗДАВАЧА КОРМІВ В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА

**В. С. ХМЕЛЬОВСЬКИЙ**, д.т.н., професор
***Національний університет біоресурсів і природокористування України,***
*E-mail:* khmelovskyi@nubip.edu.ua

**Мета роботи** полягає у аналізі причин, що впливають на зношування стінок бункера мобільного змішувача-роздавача кормів та відновленні їх в умовах господарства.

Продуктивність тварин, в значній мір,і залежить від стану кормової бази у господарстві, тобто від можливості забезпечити тварин кормами з урахуванням їхньої продуктивності та віку. Правильно приготовлені корми відіграють вирішальну роль у забезпеченні високої продуктивності тварин, а також значною мірою характеризують ефективність засобів механізації, які використовуються у кормоприготуванні.

В сучасних тваринницьких комплексах, для приготування кормів, широкого розповсюдження набули мобільні причіпні змішувачі-роздавачі кормів. Ці машини мають можливість готувати повноцінні кормові суміші з високим відсотком однорідності змішування. Цей факт дає можливість максимально засвоювати кормові компоненти твариною з мінімальними затратами енергії та максимальним отриманням продукції. Проте, змішувачі-роздавачі не вічні, а їх робочі вузли - мають свій термін експлуатації.

Нами проведено спостереження, під час експлуатації, за роботою змішувача-роздавача STORTI DUNKER VTs – 80 VERTICAL TRAILED.

В процесі експлуатації змішувача-роздавача поступово відбувалось зношування усіх робочих елементів. Логічно, що ножі, які знаходяться на витках шнека почали зношуватись, у вертикальному розташуванні, нерівномірно. Ножі, які знаходяться ближче до днища бункера зношуються більш інтенсивніше. Це пояснюється тим, що ці ножі виконують подрібнення кормового матеріалу у місцях, де відстань між внутрішньою стінкою бункера та ножом є найменша, а отже, тертя кормового матеріалу по вертикальній стінці - найбільшим. Відповідно, відбувається зношування вертикальних бокових стінок бункера.

Інтенсивне зношування вертикальних стінок бункера (рис 1. а) відбувалось висотою до 270 мм від днища бункера. Враховуючи те, що маса над зношеною частиною бункера велика, то внаслідок цього зношена частина стінки бункера увігнулась до середини (рис 1. б).

Зношування бункера має дві площі - це днище та стінки. Як виявилось, що зношування днища не було критичним та могло використовуватись без ремонту. У нашому випадку, зношені стінки відновлювались з врахуванням економічної складової, тобто, найдешевшим способом. Продовження терміну

експлуатації бункера полягало у встановленні, із зовнішнього боку стінки бункера, листа металу.

а б

Рис. 1. Зношення стінки бункера: а) із середини, б) із зовні

Для повторювання форми бункера прикріплений лист металу мав прорізи рис. 2. Такий ремонт дав можливість експлуатувати змішувач-роздавач без погіршення якості обробленого матеріалу. Для уникнення зношування бункера далі, і появи зношування стінки, кінець пластини та початок вирізаної стінки було зварено в стик, а із зовнішнього боку із перекриттям.

Рис. 2. Відновлена стінка бункера

Більш професійний ремонт бункера потребує промислового обладнання, а це приводить до збільшення вартості ремонту.

Отже, для проведення швидкого та дешевого ремонту стінок бункера змішувача-роздавача та продовження терміну експлуатації машини, на короткий термін, до закінчення зимово-стійлового періоду, таке відновлення є доцільним.

**Список використаних джерел**

1. Машини та обладнання для тваринництва. Ревенко І.І., Брагінець М.В., Хмельовський В.С. – К.: ТОВ «ЦП Компринт», 2018. 567 с.

2. Демидовський Д. Ремонт кормозмішувача — продовження життя. Агробізнес сьогодні. веб-сайт. URL: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1274-remont-kormozmishuvacha-prodovzhennia-zhyttia.html

3. Владислав Олійник В. Друге життя кормозмішувача. веб-сайт. URL: https://agrotimes.ua/article/remont-kormozmishuvacha-druge-zhyttya-kormozmishuvacha/

**УДК: 631.3; 664.8**

## ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВІДЦЕНТРОВОЮ ВОСКОТОПКОЮ

**О. М. ХАРЧЕНКО, О. В. БЕЛИХ**
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна***

**Вступ.** Автоматизація процесу витоплення воску є одним із ключових напрямів розвитку технологій переробки продуктів бджільництва. Використання сучасних керуючих систем дозволяє підвищити продуктивність, зменшити втрати сировини та оптимізувати енергетичні витрати. Одним із найбільш перспективних напрямів є розробка пульта управління відцентровою воскотопкою (ПУВ), що забезпечує контроль параметрів роботи агрегату в реальному часі [1-14].

**Мета дослідження.** Розробка та обґрунтування вдосконаленої системи керування відцентровою воскотопкою, що забезпечує точне регулювання швидкості обертання ротора, часу циклів та оптимізацію процесу екстракції воску.

**Завдання дослідження:** Розробка математичної моделі керування параметрами процесу. Обґрунтування конструктивних та технологічних характеристик ПУВ. Проведення експериментальних випробувань системи керування.

**Методи та матеріали.** Дослідження виконувалися із застосуванням лабораторного стенду відцентрової воскотопки, обладнаної системою керування, яка дозволяє змінювати такі параметри: швидкість обертання ротора *n* (600–1500 об/хв); тиск пари *P* (0,1–0,3 МПа); тривалість обробки *t* (5–20 хв).

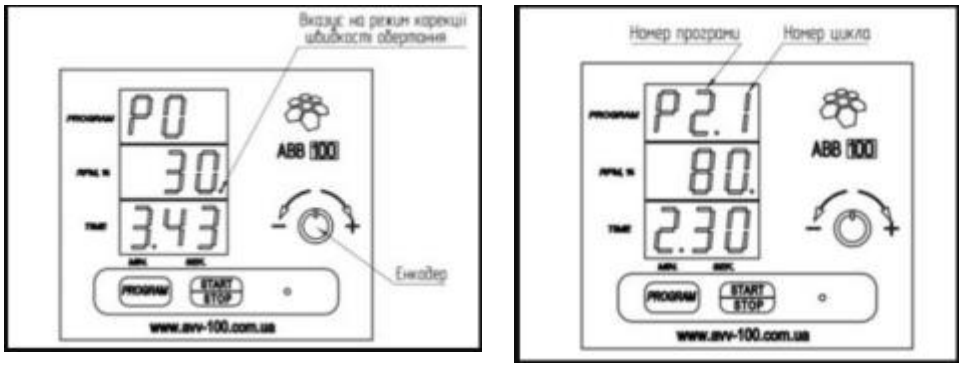



Рис.1 Конструкція пульта управління відцентровою воскотопкою

Пульт управління (рис.1) включає: процесорний блок керування – виконує контроль за параметрами процесу; дисплей – індикація швидкості, часу, температури; кнопки «PROGRAM», «START/STOP» – вибір та активація режимів; енкодер – регулювання швидкості та часу.

**Математична модель керування.** Загальне рівняння балансу потужності для системи (1):

$$N_{\text{сум}} = N_{\text{двигун}} - N_{\text{втрат}} \quad (1)$$

де:

$N_{\text{двигун}}$ – потужність електродвигуна;

$N_{\text{втрат}}$ – втрати в системі приводу.

Оптимальне керування швидкістю обертання ротора забезпечується розв'язком рівняння моментного балансу (2):

$$M_{\text{двигун}} = M_{\text{відц}} + M_{\text{опір}} \quad (2)$$

де:

$M_{\text{відц}}=mr\omega^2$ – момент відцентрової сили;

$M_{\text{опір}}$ – момент опору під час обертання.

Параметри температурного режиму визначаються рівнянням теплового балансу:

$$Q_{\text{потр}} = m_{\text{воск}} C_{\text{воск}} \Delta T + m_{\text{воск}} L \quad (3)$$

де:

$C_{\text{воск}}$ – теплоємність воску;

$L$ – питома теплота плавлення.

Регулювання швидкості обертання здійснюється за алгоритмом PID-регулятора (4):

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(\tau)d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (4)$$

де:

*e(t)* – похибка між заданою та реальною швидкістю;

$K_p$,$K_i$,$K_d$ – коефіцієнти регулювання.

**Результати досліджень.** Порівняльні випробування показали: Використання ПУВ дозволяє зменшити залишковий вміст воску в мерві на 15–20%. Оптимальне значення швидкості обертання 1200–1400 об/хв забезпечує максимальний вихід воску. Використання PID-регулятора стабілізує процес та зменшує енергоспоживання на 10–12%.

**Висновки.** Розроблена система керування ПУВ дозволяє автоматизувати процес витоплення воску, зменшити втрати та покращити якість отриманого продукту. Подальші дослідження спрямовані на розширення можливостей системи та інтеграцію сенсорних модулів для прогнозування продуктивності.

**Список використаних джерел**

1. Сиромятников, Ю. М., & Сиромятніков, П. С. (2024). Оптимальна частота обертання ротора відцентрової воскотопки ABB-100.

2. Сиромятников, Ю. М., Шабля, В. П., Бєлих, О. В., & Харченко, О. М. (2024). Видалення бджолиного розплоду як біометод контролю варроатозу.

3. Сиромятников, Ю. М., Харченко, О. М., & Бєлих, О. В. (2024). Розробка автоматичної системи підгодівлі колоній медоносних бджіл.

4. Сиромятников, Ю. М., & Бєлих, О. В. (2023). Система моніторингу міського бджільництва.

5. Харченко, О. М., & Оспіщев, К. О. (2024). Маса бджолиного воску за різної температури пару у відцентровій воскотопці ABB-100.

6. Бєлих, О. В., & Харченко, О. М. (2023). Врожайність гібридів огірка при запиленні бджолами породи «buckfast».

7. Харченко, О. М. (2023). Параметричне моделювання процесу отримання бджолиного воску.

8. Сиромятніков, П. С., Машталь, В. В., & Мороз, М. М. (2024). Тривалість процесу центрифугування у відцентровій воскотопці ABB-100.

9. Сиромятніков, П. С., & Гавриленко, О. В. (2024). Підвищення ефективності відкачки меду в медогонці з горизонтальною віссю обертання.

10. Сиромятніков, П. С., & Мальцева, О. В. (2024). Технологія витоплення воску із застосуванням парогенератора для відцентрової воскотопки.

11. Сиромятніков, П. С., Бублик, М. М., & Гавриленко, О. В. (2023). Загроза бджолам та нові розробки в бджільництві.

12. Сиромятніков, П. С., & Криворучко, Т. О. (2023). Веб-моніторинг здоров'я бджіл для дослідників та бджолярів.

13. Немец, М., Харченко, О. М., & Белих, О. В. (2024). Автоматизовані системи моніторингу умов у вуликах для підвищення продуктивності бджолиних сімей.

14. Сиромятніков, П. С., & Мальцева, О. В. (2023). Методи зменьшення появи високої густини колоній медоносних бджіл у міських умовах.

**УДК: 631.3; 664.8**

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИТОПКИ ВОСКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДРОВ'ЯНОГО ПАРОГЕНЕРАТОРА

**П. С. СИРОМЯТНІКОВ, О. В. ГАВРИЛЕНКО, В. В. МАШТАЛЬ, О. В. МАЛЬЦЕВА**
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна***

**Вступ.** Витопка воску є однією з найважливіших технологічних операцій у бджільництві. Від ефективності цього процесу залежать вихід продукту та економічні показники переробки. Використання насиченої пари для розігріву воскової сировини є одним із найпоширеніших методів, що дозволяє досягти рівномірного розплавлення та мінімізувати втрати воску. Одним із найбільш перспективних способів підвищення ефективності витопки є використання дров'яного парогенератора, що забезпечує стабільне утворення пари за рахунок рівномірного згоряння дров у топці[1-5].

**Мета дослідження.** Розробка та обґрунтування вдосконаленої технології витопки воску з використанням дров'яного парогенератора, що дозволяє підвищити ефективність процесу, знизити енерговитрати та збільшити вихід воску.

**Методи та матеріали.** Дослідження проводилися на базі лабораторного зразка дров'яного парогенератора АВВ-100, розрахованого на живлення парових воскотопок (рис.1).

Перед початком роботи необхідно залити у котел 12 літрів води, після чого приєднати паропровід до воскотопки. Дрова завантажуються у топку, і через 20-30 хвилин починається генерація пари, що забезпечує ефективну витопку воску.

**Математичне моделювання процесу витопки воску.** Для оцінки ефективності використання дров'яного парогенератора розглянемо основні енергетичні та фізико-хімічні залежності, що описують процес витопки воску.

***1. Тепловий баланс системи***

Загальна кількість тепла, необхідна для нагрівання води в парогенераторі та її перетворення на пару, визначається рівнянням (1):

$$Q = mc_p\Delta T + m_w\lambda, \quad (1)$$

де:

$Q$ – загальна теплова енергія;

Дж; $m$ – маса води, кг;

$c_p$ – питома теплоємність води (4184 Дж/кг·°С);

$\Delta T$– різниця температур між початковою температурою води та температурою кипіння, °С;

$m_w$ – маса води, яка перетворюється на пару, кг;

$\lambda$ – питома теплота пароутворення (2260 кДж/кг).

Рис. 1. Основні елементи конструкції дров'яний парогенератор АВВ-100

Корпус – виготовлений з металу, має міцну конструкцію з отворами для вентиляції; димова труба – розташована вертикально, призначена для відведення диму та продуктів згоряння; манометр – показує тиск пари в системі, що дозволяє контролювати робочі параметри; клапан безпеки – запобігає надмірному підвищенню тиску пари; патрубки для підключення парового шланга – використовуються для під'єднання до парової воскотопки; топка – розташована в нижній частині, забезпечує спалювання дров для генерації тепла; захисний кожух – з нанесеним маркуванням моделі АВВ-100 та веб-сайтом виробника.

***2. Визначення тиску насиченої пари***

Тиск насиченої пари у котлі парогенератора можна оцінити за рівнянням Клапейрона-Клаузіуса (2):

$$\ln P = \frac{\lambda}{R}\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right), \quad (2)$$

де:

$P$ – тиск насиченої пари, Па;

$R$ – універсальна газова стала (8,314 Дж/(моль·К));

$T_0$ – температура кипіння води при стандартному тиску (373,15 К);

$T$ – температура пари в котлі, К.

***3. Визначення відцентрової сили в процесі витопки***

При використанні відцентрової воскотопки пара розігріває воскову сировину, після чого під дією відцентрових сил віск відділяється від мерви. Відцентрова сила визначається як (3):

$$F_c = mr\omega^2, \quad (3)$$

де: $F_c$ – відцентрова сила, Н;

$m$ – маса воскової сировини, кг;

$r$ – радіус ротора, м;

$\omega$ – кутова швидкість обертання, рад/с.

При оптимальному режимі роботи (1200-1500 об/хв) вихід воску збільшується на 15-20% у порівнянні з традиційними методами витопки.

**Основні результати дослідження.** Витопка воску відбувається стабільніше при підтриманні тиску пари в межах 0,05-0,4 кг/см². Використання дров як палива дозволяє знизити експлуатаційні витрати на 30-40% у порівнянні з електричними парогенераторами. Оптимальна температура витопки 110-115°C, що забезпечує максимальний вихід воску.

Таким чином, впровадження вдосконалених дров'яних парогенераторів дозволяє суттєво покращити процес переробки бджолопродукції, підвищити енергоефективність та забезпечити екологічну безпеку виробництва.

**Список використаних джерел**

1. Сиромятников, Ю. М., & Сиромятніков, П. С. (2024). Оптимальна частота обертання ротора відцентрової воскотопки АВВ-100.

2. Харченко, О. М., & Оспіщев, К. О. (2024). Маса бджолиного воску за різної температури пару у відцентровій воскотопці АВВ-100.

3. Харченко, О. М. (2023). Параметричне моделювання процесу отримання бджолиного воску.

4. Сиромятніков, П. С., Машталь, В. В., & Мороз, М. М. (2024). Тривалість процесу центрифугування у відцентровій воскотопці АВВ-100.

5. Сиромятніков, П. С., & Мальцева, О. В. (2024). Технологія витоплення воску із застосуванням парогенератора для відцентрової воскотопки.

**УДК: 631.3; 664.8**

# УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИТОПЛЕННЯ ВОСКУ З ОБҐРУНТУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ ЦЕНТРИФУЖНОГО АГРЕГАТУ

**Ю. М. СИРОМЯТНИКОВ, П. С. СИРОМЯТНІКОВ, О. М. ХАРЧЕНКО, О. В. БЕЛИХ**
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна***

**Вступ.** Процес витоплення воску є однією з найважливіших операцій переробки продукції бджільництва. Сучасні методи витоплення воску засновані на використанні насиченого пару та парових воскотопок. Однак, навіть при таких методах у залишковій мерві може залишатися до 30-40% воску. Це знижує ефективність переробки та потребує вдосконалення обладнання. Одним з найбільш перспективних рішень є використання воскотопок-центрифуг з парогенератором, які поєднують функції парової воскотопки та центрифуги, дозволяючи значно покращити вихід воску та знизити залишковий вміст у мерві [1-15].

**Мета дослідження**. Розробка та обґрунтування вдосконаленої технології витоплення воску з використанням центрифужного агрегату, що забезпечує підвищення виходу воску, зниження втрат сировини та оптимізацію енерговитрат.

**Завдання дослідження.** Розробка математичної моделі процесу – формалізація основних фізичних і технологічних параметрів, що впливають на ефективність відокремлення воску. Обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів центрифужного агрегату – визначення оптимальних значень швидкості обертання ротора, тиску пару та часу обробки. Експериментальні дослідження – проведення серії лабораторних випробувань із визначенням виходу воску при різних режимах роботи агрегату.

**Методи та матеріали**

Дослідження проводилися з використанням лабораторного зразка центрифужного агрегату, спеціально розробленого для підвищення ефективності витоплення воску (рис.1).

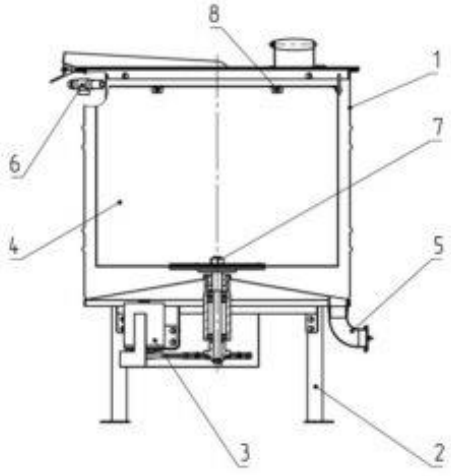



Рис.1 Центрифужна воскотопка

Конструкція центрифужної воскотопки складається з наступних основних вузлів: кришка (1) – забезпечує герметичність під час процесу обробки воскової сировини; опорна рама (2) – надає стійкість всій конструкції; центрифужний механізм (3) – основний робочий орган, що забезпечує механічне відокремлення воску; паропровід (4) – подає насичену пару для розігріву воскової сировини; зливний патрубок (5) – використовується для відведення рідкого воску в приймальну ємність; механізм фіксації (6) – утримує внутрішні компоненти в стабільному положенні; корпус (7) – виконаний з нержавіючої сталі, що забезпечує довговічність та термостійкість; центральна вісь (8) – забезпечує обертання ротора для рівномірного розподілу навантаження під час віджиму.

В ході дослідження було створено експериментальний стенд, який дозволяє змінювати такі параметри: частоту обертання ротора (n) у межах 800–1600 об/хв, тиск насиченого пару (P) 0,1–0,3 МПа, тривалість обробки (t) 5–20 хв.

Вихід воску визначався як функція параметрів процесу (1):

$$W = W_{\max}\left(1 - e^{-k_1 t}\right) \cdot \left(1 - e^{-k_2 n}\right) \tag{1}$$

де:

$W_{max}$ – теоретично можливий вихід воску (г/кг);

$k_1$,$k_2$ – експериментально визначені коефіцієнти ефективності процесу;

$t$ – час обробки (хв);

$n$ – частота обертання ротора (об/хв).

Для оцінки сил, що діють на воскову масу під час обертання, застосовувалося рівняння відцентрової сили (2):

$$F_c = mr\left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 \tag{2}$$

де:

$F_c$– відцентрова сила (Н);

$m$ – маса воскової сировини (кг);

$r$ – радіус ротора (м), $n$ – частота обертання (об/хв).

Баланс теплової енергії для процесу розплавлення визначався за рівнянням: (3):

$$Q = mC_p\Delta T + \lambda m_w \tag{3}$$

де:

$Q$ – загальна теплова енергія (Дж);

$m$ – маса воскової сировини (кг),;

$C_p$ – теплоємність воску (Дж/кг·°С);

$\Delta T$ – зміна температури (°С);

$\lambda$ – питома теплота плавлення воску (Дж/кг);

$m_w$ – маса розплавленого воску (кг).

**Результати та висновки**. Експериментальні результати показали, що при швидкості обертання ротора 1200-1500 об/хв вихід воску збільшується на 20-25% у порівнянні з традиційними методами. Також використання центрифуги дозволило скоротити енергоспоживання на 15-18%. Порівняльний аналіз лабораторного зразка та промислової воскотопки-центрифуги показав, що нові технології значно покращують процес переробки воскової сировини. Застосування вдосконаленого обладнання дозволяє зменшити залишковий вміст воску у мерві та підвищити рентабельність переробки.

## Список використаних джерел

1. Сиромятников, Ю. М., & Сиромятніков, П. С. (2024). Оптимальна частота обертання ротора відцентрової воскотопки АВВ-100.
2. Сиромятников, Ю. М., Шабля, В. П., Бєлих, О. В., & Харченко, О. М. (2024). Видалення бджолиного розплоду як біометод контролю варроатозу.
3. Сиромятников, Ю. М., Харченко, О. М., & Бєлих, О. В. (2024). Розробка автоматичної системи підгодівлі колоній медоносних бджіл.
4. Сиромятников, Ю. М., & Бєлих, О. В. (2023). Система моніторингу міського бджільництва.
5. Харченко, О. М., & Оспіщев, К. О. (2024). Маса бджолиного воску за різної температури пару у відцентровій воскотопці АВВ-100.
6. Бєлих, О. В., & Харченко, О. М. (2023). Врожайність гібридів огірка при запиленні бджолами породи «buckfast».
7. Харченко, О. М. (2023). Параметричне моделювання процесу отримання бджолиного воску.
8. Сиромятніков, П. С., Машталь, В. В., & Мороз, М. М. (2024). Тривалість процесу центрифугування у відцентровій воскотопці АВВ-100.
9. Сиромятніков, П. С., & Гавриленко, О. В. (2024). Підвищення ефективності відкачки меду в медогонці з горизонтальною віссю обертання.
10. Сиромятніков, П. С., & Мальцева, О. В. (2024). Технологія витоплення воску із застосуванням парогенератора для відцентрової воскотопки.
11. Сиромятніков, П. С., Бублик, М. М., & Гавриленко, О. В. (2023). Загроза бджолам та нові розробки в бджільництві.
12. Сиромятніков, П. С., & Криворучко, Т. О. (2023). Веб-моніторинг здоров'я бджіл для дослідників та бджолярів.
13. Немец, М., Харченко, О. М., & Белих, О. В. (2024). Автоматизовані системи моніторингу умов у вуликах для підвищення продуктивності бджолиних сімей.
14. Сиромятніков, П. С., & Мальцева, О. В. (2023). Методи зменьшення появи високої густини колоній медоносних бджіл у міських умовах.

**УДК 631.3:621**

# АНАЛІЗ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПНЕВМО-МЕХАНІЧНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ДОБУВАННЯ САПРОПЕЛЮ

**І. Є. ЦИЗЬ** к.т.н., доц., **В. Ф. ДІДУХ** д.т.н., проф.,
**С. М. ХОМИЧ** к.т.н., доц.
***Луцький національний технічний університет, м. Луцьк***
*E-mail:* igor-71@ukr.net, didukh_v@ukr.net, smhh@ukr.net

Аналіз роботи та конструкцій засобів для добування сапропелю і підводних корисних копалин дозволив запропонувати схему ерліфтного засобу для добування озерних відкладів із пневмо-механічним забірним пристроєм [1]. Особливістю цього забірного пристрою є формування двофазної суміші (сапропель та повітря) за допомогою додаткового механічного розпушувача.

Аналіз режимів руху та проведені експериментальні дослідження процесу роботи засобу для добування сапропелю показали, що явища які мають місце під час взаємодії повітря з сапропелем відповідають бульбашковій та пробковій структурі руху висхідного двокомпонентного середовища [2]. Зокрема у процесі розпушення покладів у забірному пристрої (змішувачі) має місце бульбашковий режим, а під час транспортування у трубопроводі – пробковий. Чіткий перехід бульбашкового режиму руху у пробковий забезпечується у зоні переходу поверхні конусна корпусу змішувача у циліндр транспортуючого трубопроводу. Дослідженнями [3] встановлено, що за снарядного (пробкового) режиму руху повітряно-рідинного висхідного потоку у ерліфті затрати потужності на його роботу найменші. Тому під час моделювання роботи пневмо-механічного засобу для добування сапропелю розглянуто саме процеси його роботи із раніше вказаними режимами руху повітряно-сапропелевого потоку.

Для оцінки переходу від бульбашкового режиму руху у забірному пристрої до снарядного використовували об'ємний газовміст, та вважали межею значення $\varphi_n$=0,2...0,3 [3].

З метою встановлення закономірності зміни об'ємного газовмісту за висотою забірного пристрою (змішувача) розглянуто деяке довільне січення повітряно-сапропелевої суміші висотою $\Delta h \to 0$ розташоване на віддалі $y_i$ від осі вихідних отворів робочих форсунок кільцевого напірного трубопроводу (рис. 1).

Зважаючи на те, що висота виділеного перерізу $\Delta h \to 0$ то об'ємний газовміст для даної координати $y_i$ складе

$$\varphi(y_i) = \frac{S_{пов.}(y_i)}{S_{\Sigma}(y_i)}, \qquad (1)$$

де $S_{пов.}(y_i)$ – площа яку займає повітря у розглядуваному перерізі, м$^2$; $S_{\Sigma}(y_i)$ – площа розглядуваного перерізу, м$^2$.

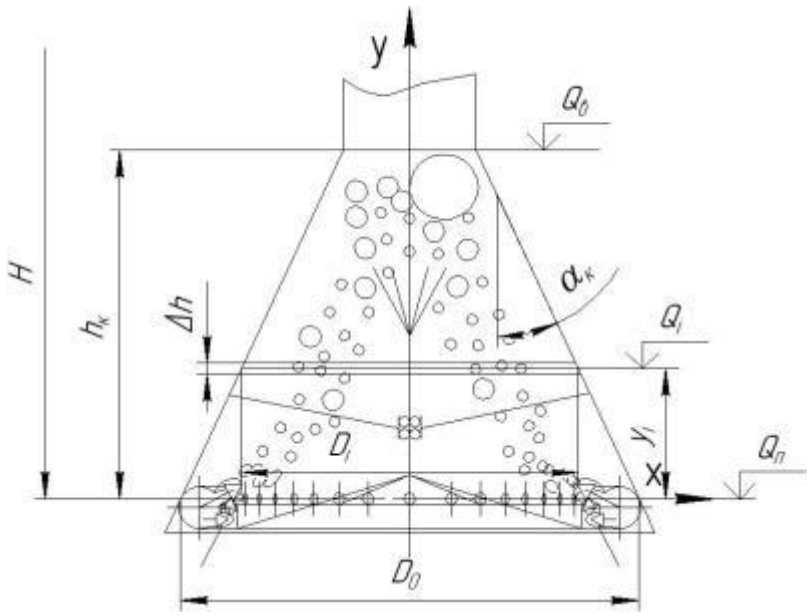



Рис. 1 - Схема до аналізу розподілу об'ємного газовмісту за висотою змішувача

Площа перерізу складає

$$S_{\Sigma}(y_i) = \pi \cdot \left(D_0/2 - y_i \cdot tg\alpha_к\right)^2, \quad (2)$$

де $D_0$ – діаметр конічного корпусу на рівні осей вихідних отворів робочих форсунок кільцевого напірного трубопроводу, м; $\alpha_к$ – кут відхилення від вертикалі твірної конічного корпусу, град.

Площу $S_{пов.}(y_i)$, яку у розглядуваному перерізі займає повітря визначено із умови нерозривності повітряного потоку у змішувачі (забірному пристрої)

$$Q_{пт} = Q_{вт} = Q_{іт}, \quad (3)$$

де $Q_{пт}$ – подача повітря у забірний пристрій, кг; $Q_{вт}$ – витрата повітря через вихідний отвір конічного корпусу змішувача (забірного пристрою), кг; $Q_{іт}$ – витрата повітря через виділений переріз, кг,

Рахуючи, що швидкість повітря є однаковою за усім перерізом вихідного круглого отвору форсунки на основі відомої формули [4] для масової витрати через один отвір та врахування їх кількість отримаємо

$$Q_{пт} = \frac{\pi\left(n_p \cdot d_p^2 + n_m \cdot d_m^2\right)}{4} \cdot \sqrt{\frac{2k}{k+1}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}} \frac{P_н^2}{RT_н}}, \quad (4)$$

де $d_p$ та $d_m$ – діаметр вихідного отвору відповідно робочих та транспортуючих форсунок, м; $n_p$ та $n_m$ – кількість робочих та транспортуючих форсунок, м; $k$ – показник адіабати, $k$ =1,4; $P_н$ – тиск повітря у напірному повітропроводі, Па; $R$ – універсальна газова стала $R$=8,31Дж/моль·К; $T_н$ – абсолютна температура повітря у напірному повітропроводі, К.

Скориставшись формулами Менделеєва-Клапейрона та Бернуллі встановимо об'єм який буде займати визначена залежністю (4) маса повітря у досліджуваному перерізі

$$Q_{nV}(y_i)=\frac{\pi\cdot\left(n_p\cdot d_p^2+n_m\cdot d_m^2\right)\cdot\sqrt{\frac{2k}{k+1}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}}\cdot R\cdot T_н\cdot P_н^2}}{4\cdot\mu\cdot\left(P_{атм}+g\cdot\left(\overline{\rho_c}\cdot\left(h_c-y_i\right)+\rho_в\cdot h_в\right)+\rho_c\cdot\frac{v_i^2}{2}\right)}. \quad (5)$$

де $P_{атм}$ – атмосферний тиск, Па; $\overline{\rho_c}$ – усереднена за глибиною $h_c$ густина сапропелю, кг/м$^3$; $\rho_в$ - густина води; кг/м$^3$; $h_c$ та $h_в$ відповідно товщина шару сапропелю та води під час добування, м; $v_i^2=\dot{x}_i^2+\dot{y}_i^2=v^2_{iox}+v^2_{ioy}$ – квадрат швидкості руху бульбашки у розглядуваному перерізі, м/с.

Оскільки об'ємна витрата повітря через *i*-тий переріз становить

$$Q_{nV}(y_i)=S_{пов.}(y_i)\cdot v_{ioy}, \quad (6)$$

то

$$S_{пов.}(y_i)=\frac{\pi\cdot\left(n_p\cdot d_p^2+n_m\cdot d_m^2\right)\cdot\sqrt{\frac{2k}{k+1}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}}\cdot R\cdot T_н\cdot P_н^2}}{4\cdot\mu\cdot v_{ioy}\cdot\left(P_{атм}+g\cdot\left(\overline{\rho_c}\cdot\left(h_c-y_i\right)+\rho_в\cdot h_в\right)+\rho_c\cdot\frac{v_i^2}{2}\right)}. \quad (7)$$

Остаточно отримаємо

$$\varphi(y)=\frac{\left(n_p\cdot d_p^2+n_m\cdot d_m^2\right)\cdot\sqrt{\frac{2k}{k+1}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}}\cdot R\cdot T_н\cdot P_н^2}}{4\cdot\mu\cdot v_{oy}(y)\cdot\left(P_{атм}+g\cdot\left(\overline{\rho_c}\cdot\left(h_c-y\right)+\rho_в\cdot h_в\right)+\rho_c\cdot\frac{v(y)^2}{2}\right)}\times$$

$$\Big/\left(\frac{D_0}{2}-y\cdot tg\alpha_к\right)^2. \quad (8)$$

Залежність (8) дозволяє дослідити вплив конструктивних технологічних параметрів забірного пристрою (змішувача) та характеристик родовища сапропелю на об'ємний газовміст суміші. Але для розрахунку конкретних значень об'ємного газовмісту потрібно знати закономірність зміни швидкості потоку бульбашок у сапропелі $v(y)$ та вертикальної її складової $v_{oy}(y)$.

## Список використаних джерел

1. Пат. 124535 України, МПК E02F 3/08. Забірний пристрій / Хомич С.М., Цизь І.Є., Павлік В.А., Крочук М.О. - № u 2017 11384; Заявл. 20.11.2017; Опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7 - 4 с.

2. Tsiz' I. Experimental research of working process of pneumatic intake device for sapropel extraction / Tsiz' I., Homich S. // INMATEH – Agricultural Engineering. – Vol. 40, No. 2/2013. p. 67-72.

3. Кононенко А.П., Гусак А.Г. Экспериментальное подтверждение влияния вида структуры водовоздушного потока на энергоёмкость эрлифта. // Вісник Сумського державного університету. Серія – Технічні науки. – Суми:СДУ. – 2009. - №1. – С. 34-42.

4. Barber A. Pneumatic handbook. Elsevier Science & Technology Books, 1997, 649 p.

**УДК 631.365.22**

## ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВАКУУМУ ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ ЕФІРООЛІЙНИХ КУЛЬТУР

**В. О. ШВИДЯ,** кандидат технічних наук, старший дослідник,
**М. М. АНЕЛЯК**, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник,
***Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України***
*E-mail:* Shvidia@gmail.com

На даний час в Україні під ефіроолійними культурами зайнято близько 40 тис. га. До ефіроолійних культур належать рослини, які містять ефірні олії — суміш летких ароматичних органічних сполук, таких як вуглеводи різного ступеня насиченості, спирти, феноли, кетони, ефіри, альдегіди та органічні кислоти. Ефірні олії використовують у парфумерно-косметичній, фармацевтичній, харчовій, миловарній, тютюновій, консервній промисловості. В поєднанні з іншими біологічно-активними речовинами (БАР), що містяться у стеблах, листі, суцвіттях ефіроолійних культур, їх застосування підвищує добробут, здоров'я та працездатність людей. Зібрана зелена маса ефіроолійних культур (стебла, листки, суцвіття) має високу вологість 70–90 %. При даній вологості в зеленій масі через 3-7 днів відбувається ферментація (розкладання органічних речовин), бродіння та розвиток плісняви та бактерій, які псують зелену масу ефіроолійних культур. Тому для тривалого зберігання та подальшої реалізації зелену масу ефіроолійних культур необхідно висушити до 10 –15 %.

Сушіння зеленої маси ефіроолійних культур є важливим кроком для її консервації, збереження та подальшої реалізації. Тому вибір технології, а також машини, що реалізує дану технологію, залежить від рівня втрат БАР, ефірних олій та інших корисних речовин під час сушіння. Такі культури, як лаванда, м’ята перцева, ромашка лікарська, роза, меліса, календула (нагідки), любисток представляють цінність завдяки вмісту в їх зелених частинах ефірних олій.

Так як зелена маса ефіроолійних культур має велику порозність, то товщина шару для сушіння не повинна перевищувати 10-15 см. При природному способі сушіння на відкритому повітрі чи у приміщеннях з гарною вентиляцією це вимагає значних виробничих площ. Крім цього, для повного висушування зеленої маси необхідно 1-2 місяці, що досить довго, і може призвести до ризику розвитку у масі, що сушиться, пліснявих грибів та бактерій, а також різного роду комах, що погіршує якість висушеної продукції. Досить тривале сушіння також характеризується великими втратами ефірних олій. Для зменшення тривалості сушіння та його інтенсифікації використовують стрічкові, контейнерні та підлогові сушарки [1-3]. Для нагріву матеріалу в даних сушарках застосовується гаряче повітря, що збільшує рівень втрат ефірних олій під час сушіння. Для даного типу сушарок втрати ефірних олій можуть сягати 50-80 %, що дуже багато. Крім цього, через значний шар зеленої маси, особливо у підлогових сушарках, спостерігається велика нерівномірність сушіння. Суттєво зменшити нерівномірність сушіння можливо у барабанних сушарках, у яких під час виконання технологічної операції барабан обертається, а за рахунок форми лопаток забезпечується повздовжнє переміщення зеленої маси [4]. Але в них, як і в інших типах промислових сушарок, застосовується гаряче повітря, що збільшує втрати ефірних олій. Зелена маса ефіроолійних культур через вміст рослинних волокон має дуже низьку насипну щільність, через яку між частинами стебел, листків та суцвіть є значні порожнини, що дуже зменшує теплопровідність шару. Тому через низьку тепло- вологопровідність шару зеленої маси ефіроолійних культур спостерігається висока нерівномірність сушіння, що обмежує товщину шару зеленої маси у межах 10-15 см та призводить до збільшення розмірів сушарки при великій продуктивності.

Основною проблемою при сушінні зеленої маси ефіроолійних культур є втрата ефірних олій через їх нагрівання. Вже при 30–35 °С втрачається понад 50 % ефірних олій. Інтенсивне випаровування деяких видів ефірних олій відбувається вже при 20 °С. Зниження вмісту ефірних олій у висушеній зеленій масі ефіроолійних культур різко зменшує їх лікарські та споживчі властивості. Тому пошук, а також розроблення засобів та технологій для сушіння зеленої маси ефіроолійних культур, що забезпечать мінімізацію втрат ефірних олій являється важливою науково-технічною задачею.

Попередній досвід застосування вакууму у барабанних сушарках [5] показав позитивний результат при сушінні насіння сільськогосподарських культур. Завдяки використанню вакууму можливо зменшити ефективну температуру випаровування всередині сушильного барабана на рівні 25-30 ºС, що може сприяти зменшенню втрат ефірних олій та збереженню БАР. Використання барабану в якості сушильної камери дасть можливість забезпечити високу рівномірність сушіння зеленої маси за рахунок перемішування під час його обертання. Основним фактором, який впливає на втрату ефірних олій, є температура нагріву зеленої маси ефіроолійних культур. Тому розвиток досліджень з вакуумного сушіння в барабанах зеленої маси

ефіроолійних культур являється перспективним напрямком, особливо сушіння рослинної сировини для лікарських, харчових та косметичних потреб.

**Список використаних джерел**

1. Передвижные контейнерные сушилки Herbas. URL: https://finpro.group/produkty/konteynerniye-herbas (дата звернення: 17.01.2025).

2. Забродоцька Л. Ю., Кірчук Р. В. Дослідження та вдосконалення процесу сушіння вороху насіння трав : монографія. Луцьк : ЛНТУ, 2013. 164 с.

3. Шалугін В. С., Шмандій В. М. Процеси та апарати промислових технологій : навчальний посібник. Київ, 2008. 392 с.

Experimental study of vacuum drying seeds of grain crops. / V. Adamchuk, V. Shvidia. // Mechanization in agriculture & conversing of the resources. 2018. Issue 2. P. 46–48.

4. John, J., & Kelly. J. (1994). Rotary Drying. Drying 94: proceedings of the 9th International Drying Symposium (IDS 94), 152–156.

5. Shvidia, V., Stepanenko, S., Kotov, B. et al. (2022). Influence of vacuum on drying of seeds of grain crops. Bulletin of the Karaganda University. Physics series, vol. 3 (107), 90–98. https://doi.org/10.31489/2022PH3/90-98.

**УДК 631.001.04**

## ДИНАМІКА ШВИДКОСТІ ВИХОДУ БІОГАЗУ ПРИ СУМІСНОМУ МЕТАНОВОМУ ЗБРОДЖУВАННІ ГНОЮ ВРХ І ГРАНУЛ СОЛОМИ З ДОДАВАННЯМ СИРОГО ГЛІЦЕРИНУ

**В. М. ПОЛІЩУК**, доктор технічних наук, професор
**Т. О. ВАЛІЄВ, аспірант**
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* polishchuk@nubip.edu.ua, timurvaliev@gmail.com

CM – (англ. cattle manure) гній ВРХ;
CMCG – (англ. cattle manure and crude glycerin) гній ВРХ і сирий гліцерин

Гній ВРХ добре піддається метановому зброджуванню, однак дає порівняно невеликий вихід біогазу. Для підвищення виходу біогазу до гною ВРХ додають інші косубстрати. Нами було проведене дослідження сумісного метанового зброджування гною ВРХ і гранул соломи з додаванням сирого гліцерину.

Дослідження здійснювалось на лабораторній біогазовій установці, що складається із ферментера і газгольдера. Зняття показників виходу біогазу і

вмісту в ньому метану знімалось по мірі його накопичення в газгольдері, як правило, один раз на добу через 24 години. Вміст метану в біогазі визначався аналізатором мультигазовим МГА-1-12 (Україна).

При монозброджуванні гною ВРХ в ферментер завантажувалось 8.5 кг субстрату, який складався із 3.5 кг гною ВРХ і 5 кг води. При використанні гранул соломи вміст води довелось збільшити до 8 кг, оскільки субстрат був густим, що негативно впливало на ефективність метанового бродіння.

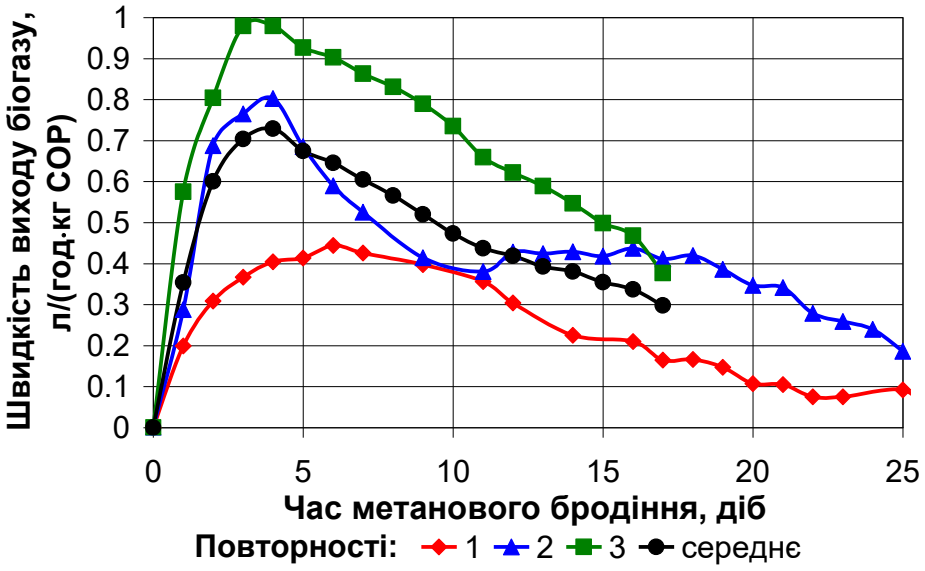
Температура метанового бродіння становила 40°С.

Гранули виготовлялись шляхом гранулювання попередньо подрібненої на лабораторному подрібнювачі 8011S Waring (США) в грануляторі STILER продуктивністю 100 кг/год. з потужністю електродвигуна 3 кВт (Польща). При виготовленні гранул соломи з сирим гліцерином до подрібненої соломи додавалось за вагою 20% сирого гліцерину, отриманого після виготовлення біодизеля.

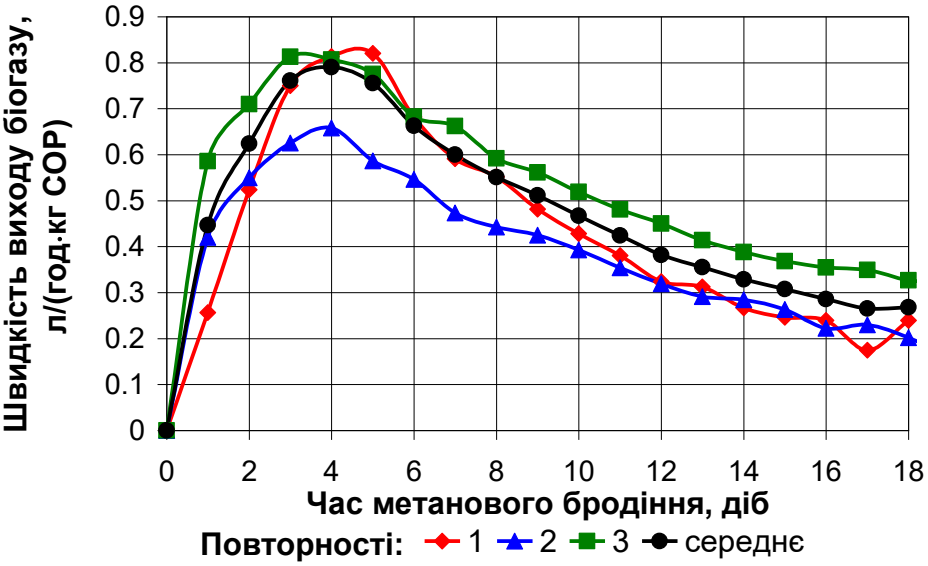
Гній ВРХ містить 16.2% сухої речовини (СР), із якої 77% – суха органічна речовина (СОР) [30]. В пшеничній соломі міститься 82% СОР [31]. Сирий гліцерин є відходом виробництва біодизеля. Він містить близько 80% гліцерину, приблизно 15% води і 5% неорганічних речовин [32]. Тобто СОР сирого гліцерину становить 80%.

В результаті дослідження отримана динаміка швидкості виходу біогазу, яка наведена на рис. 1 і має характерний вигляд для періодичного завантаження ферментера. На протязі перших 3-5 діб спостерігається експоненціальна фаза розвитку метаногенів, які внаслідок активного споживання субстрату інтенсивно розмножуються, збільшуючи мікробну біомасу, про що свідчить суттєве зростання виходу продуктів метаболізму метаногенів – біогазу. По мірі вичерпання поживних речовин субстрату настає стаціонарна фаза, при якій спостерігається рівновага між появою нових метаногенів і їх відмиранням. В нашому випадку вона дуже коротка і характеризується максимальним виходом біогазу. Після цього настає фаза відмирання, коли внаслідок недостатньої кількості поживних речовин в субстраті швидкість відмирання мікроорганізмів перевищує швидкість їх розмноження. Фаза відмирання супроводжується поступовим зменшенням виходу біогазу і може продовжуватись досить довгий час. Однак продовжувати досліди вже не було сенсу, тому вони зупинялись при значному зниженні виходу біогазу.

Динаміка швидкості виходу біогазу характеризується максимальним виходом біогазу, середнє значення якого при метановому монозброджуванні гною ВРХ, як видно із рис. 3, становило на четверту добу 0.729 л/(год.·кг СОР). Максимальний вихід біогазу при сумісному метановому зброджуванні гною ВРХ і гранул соломи з додаванням сирого гліцерину на четверту добу становив 0.791 л/(год.·кг СОР). Додавання гранул соломи з гліцерином до гною ВРХ дозволяє збільшити максимальний вихід біогазу на 8%.




а)




б)

Рис. 1. Динаміка швидкості виходу біогазу при: а) метановому монозброджуванні гною ВРХ; б) сумісному метановому зброджуванні гною ВРХ і гранул соломи з додаванням сирого гліцерину.

Максимальний вихід біогазу при сумісному метановому зброджуванні гною ВРХ і гранул соломи з сирим гліцерином становить 0.759 л/год.·кг СОР, що більше від максимального виходу біогазу при метановому монозброджуванні гною ВРХ - 0.729 л/год.·кг СОР. Отже, суміш гною ВРХ і гранул соломи з сирим гліцерином забезпечить більший вихід метану в промислових біогазових установках, які працюють при квазібезперервному режимі завантаження субстрату, порівняно із гноєм ВРХ.

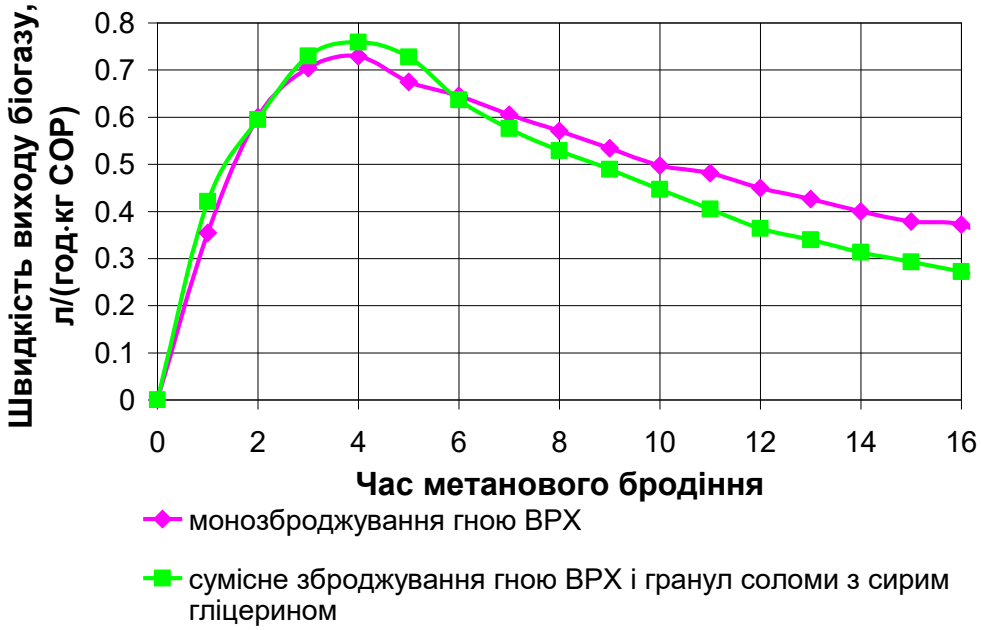



Рис. 2. Порівняння середніх значень динаміки швидкості виходу біогазу при метановому монозброджуванні гною ВРХ і сумісному метановому зброджуванні гною ВРХ і гранул соломи з додаванням сирого гліцерину.

## Список використаних джерел

1. Куріс Ю.В. Біоенергетичні установки. Обладнання та технології переробки органовмісних ресурсів: монографія. Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 275 с.

2. Господаренко Г.М. Агрохімія. Київ: ТОВ "СІК ГРУП Україна", 2018. 560 с.

3. Schuster H., Moosmeyer M. Use of glycerin and polypropylene glycol, 2017. URL: https://soft-agro.com/wp-content/uploads/2017/03/Glycerin_Propylenglykol.pdf.

**УДК 621**

# ALGORITHM OF PROCESS OPTIMIZATION USING THE METHOD OF DYNAMIC SURFACE PLASTIC DEFORMATION

**O. BARANOVA,** assistant,
***Mykolayiv National Agrarian University***

Today, mechanical engineering is one of the industries that is actively developing, responsible for virtually all stages of the life cycle of the machine, the duration of which depends on the performance properties.

The formation of performance properties occurs during all stages of manufacture, especially in finishing operations.

One of the promising methods used in the finishing stages of processing is surface plastic deformation. In the process of surface plastic deformation is strengthening the surface of the part and, as a consequence, there is an improvement in performance, which in turn leads to an increase in the life cycle of parts.

On the basis of results of theoretical and experimental researches the technique of designing of technological processes of processing by dynamic methods of surface plastic deformation taking into account maintenance of the maximum realization of reserves of strengthening of material is developed.

The calculation is based on the mathematical dependences presented earlier. The search for the best of the many design solutions is based on a set of theoretical process models. In fig. 1-2 presents a structural and logical block diagram of the program and a block diagram of the algorithm for optimizing the processing of dynamic methods of surface plastic deformation.

To optimize the technological processes of processing by dynamic methods of surface plastic deformation as the objective function chosen intensity of deformation, ie with all the crowd of design solutions stands out one that provides a certain combination of technological factors, the value of the intensity of deformation closest to equilibrium. As the initial data necessary for the beginning of calculation parameters of a certain type of processing of a dynamic method of surface plastic deformation surface plastic deformation are used. As the initial data the values of the set depth of the strengthened layer and degree of deformation, initial and set roughness of a surface, characteristics of material of a detail, range of radii of the used indenter, an array of processing modes are used. In this case, as a limiting function, depending on the technological problems to be solved, a given depth of the reinforced layer, the degree of deformation or surface roughness is used. When searching and analyzing options, only a subset of design solutions is taken into account, which satisfies the specified technical conditions.

An algorithm has been developed for developing the optimal parameters of technological processes of dynamic methods of pressure maintenance with a method of maximizing the implementation of value reserves. In this case, as an intermediary function, the parameters and the thickness of the surface ball of the obliterated parts

are determined.

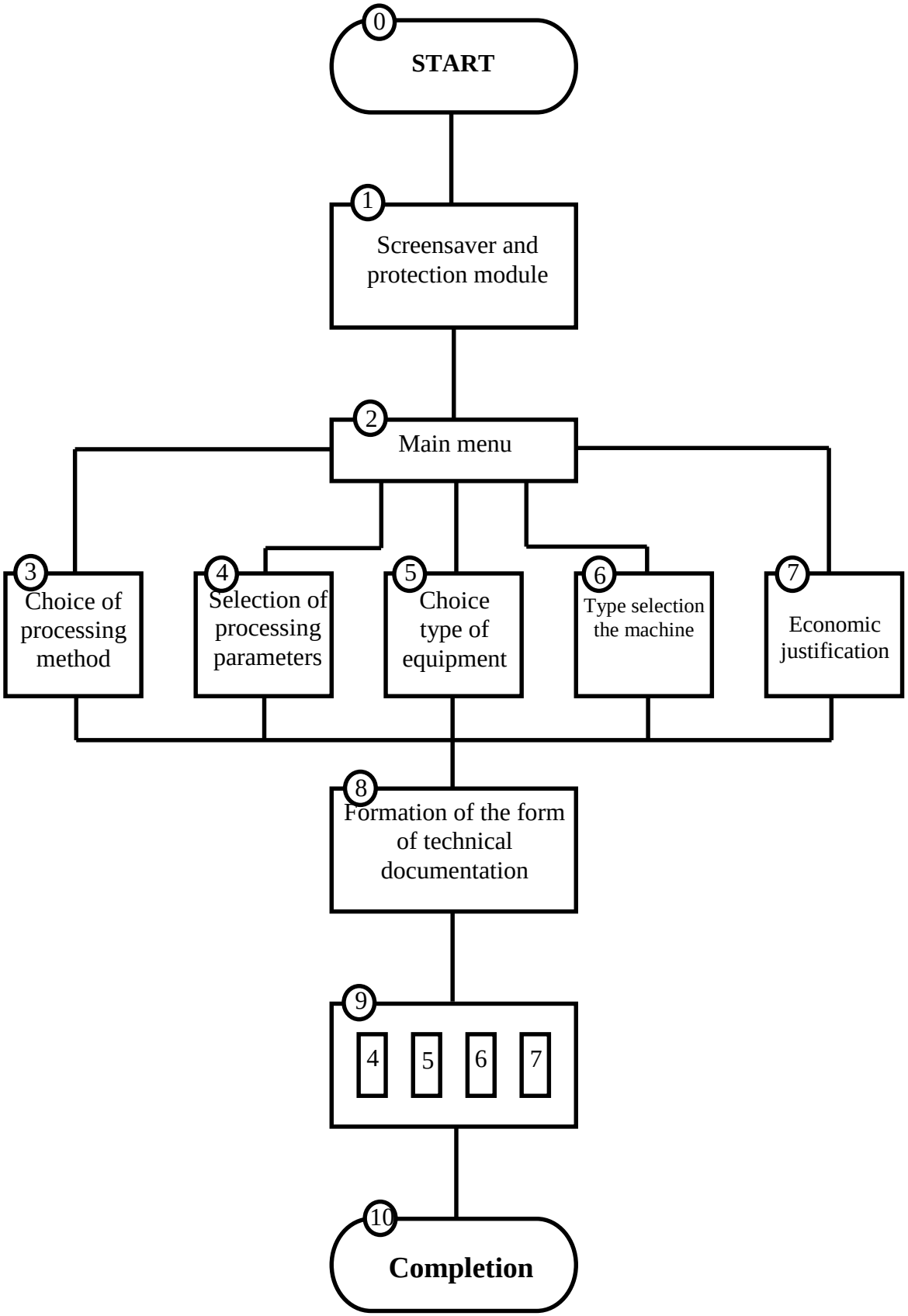



Figure 1. Structural and logical block diagram of the program

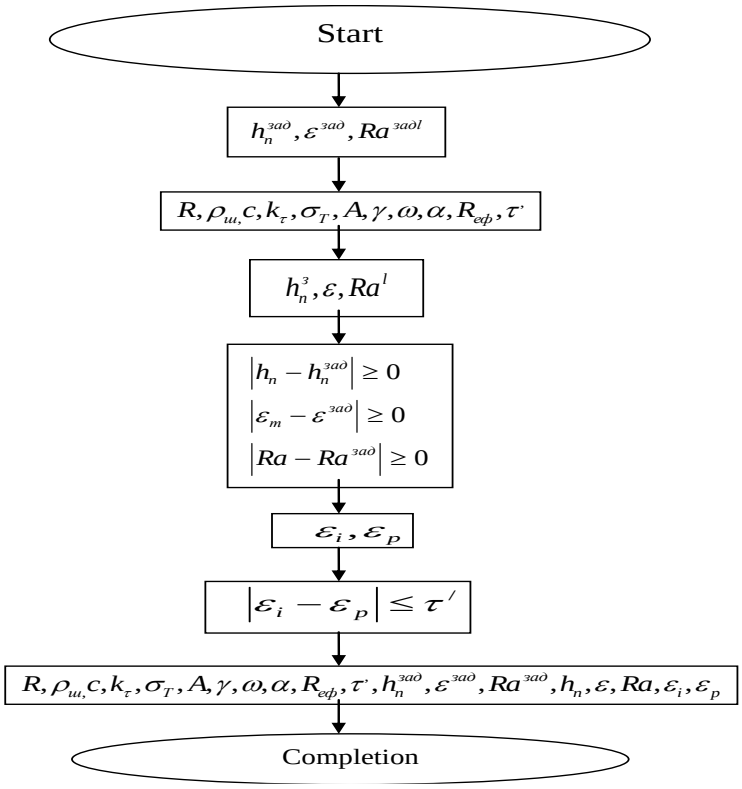



Figure 2. Block diagram of the algorithm for optimizing the processing of dynamic methods of surface plastic deformation

The solution of the tasks is considered on the example of WHO parts such as brackets and are presented in table 1.

Table 1. Example of calculation of the technological process of vibration processing and strengthening treatment (VPST)

| **Source data** | |
|---|---|
| Material | Steel45 |
| Initial roughness *Ra* | 4,5 mkm |
| Permissible roughness $Ra_з$ | 1,25 mkm |
| The allowable depth of the reinforced layer $h_{n\,з}$ | not less 0,5 mm |
| Permissible degree of deformation $\varepsilon_з$ | not less 5% |
| Liquidity limit $\sigma T$ | 340 MPa |
| **Calculation results for VPST** | |
| Boundary uniform deformation $\varepsilon_p$ | 0,1 |
| Intensity of residual deformation $\varepsilon_i$ | 0,062 |
| The amplitude of oscillations of the working chamber *A* | 2,5 mm |
| Frequency of oscillations of the working chamber $\gamma$ | 27 Hz |
| The radius of the balls *R* | 4 mm |
| Expected roughness *Ra* | 0,82 mkm |
| The expected depth of the reinforced layer $h_n$ | 0,9 mm |
| The expected degree of deformation $\varepsilon$ | 6,3% |
| Processing time *t* | 53,2 minutes |

**УДК 631.363.2**

# ШУМ, ЯК ФАКТОР КОМФОРТУ КОНЕЙ

**О. О.ЗАБОЛОТЬКО**, к.т.н., доцент
**Н. В. БУРЛАКА ,** студент магістратури
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail*: zabolotko@nubip.edu.ua

Будівлі для утримання коней до них пред'являється комплекс обов'язкових умов, що забезпечують здоров'я тварин і зручність догляду за ними. У сучасних умовах коні живуть доволі у неприродному середовищі. Вибір води –за якістю, так і за експлуатаційними показниками обладнання – відповідальне завдання. Кінь споживає в середньому 20-50 літрів на день, залежно від пори року, температури навколишнього середовища, навантажень, спокою та віку тварини. Ця кількість становить приблизно 5% її живої маси.

Сучасні системи, за якими утримують коней є стаєнна. Головний елемент стаєнні - індивідуальні денники. За зоогігієнічним нормам розмір денника для жеребця-виробника становить 16 «квадратів», для підсосної кобили з лоша - 14 м2, для племінного молодняку в тренінгу - 12 м2. Кожен денник обладнується відповідними комплектами машин та обладнання (годівниці, засоби напування, комфорту, освітлення і ін.). Серед інших ключових факторів комфорту, також: температура; освітленість; рівень шуму; відсутність протягів; запиленість.

Наявність чистої води сприяє здоров'ю коней і дає високі результати при утриманні та відтворенні. Технологічні лінії водопостачання та напування, які доставляють воду до поїлок та самі напувалки, під час експлуатації створюють шум, який відрізняється від природного.

Аналіз літературних джерел [1-2] показує, що з комплексною механізацією виробничих процесів у тваринницьких підприємствах і фермерських господарствах рівні шумів в порівнянні з природними умовами значно вище. Шум – це сукупність звуків різної частоти та інтенсивності, що виникають у результаті коливального руху частинок у пружних середовищах (твердих, рідких, газоподібних). Поняття шумового забруднення формується в результаті вивчення впливу різноманітних звуків на біологічну істоту. Інтенсивність шумового забруднення (тиску) вимірюється в децибелах (дБА) та критеріями шуму (NC) - криві Noice Criteria застосовуються для визначення максимальних рівнів шуму фону в різних приміщеннях, залежно від їх призначення.

У сучасних тваринницьких приміщеннях шуми створюються в результаті роботи технологічного обладнання: механізмів і машин для мікроклімату, водопостачання та напування, , підготовки кормів та роздавання корму, кормороздавачі, прибирання гною та його видалення та ін.

Рівень шуму і частота звуку в тваринництві вивчені недостатньо. Однак наявні дані досліджень дозволяють вважати, що високий рівень шуму

шкідливий не тільки для обслуговуючого персоналу, а й для сільськогосподарських тварин. Багато шумів можна віднести до надмірних подразників, які викликають занепокоєння і стресовий стан. Виробничі шуми пригнічують умовно-рефлекторну діяльність організму, негативно впливають на здоров'я і продуктивність тварин.

Профілактиці шуму в приміщеннях для тварин необхідно приділяти велику увагу оскільки під впливом звукових подразників в організмі тварин відбуваються глибокі фізіологічні зміни: частішають пульс (на 8,9%) і дихання (на 35,2%), знижується використання кисню (на 13%), падає рівень теплопродукції (на 6,7%), погіршується поїдаємось корму (на 18,2%) і засвоювання корму (на 5,8%), зменшується продуктивність (на 5%). Великі шуми в приміщеннях ферм походять від неправильно встановлених і технічно неграмотно експлуатованих напувалок. теплогенераторів, вентиляторів та інших механізмів.

За розподілом енергії в часі розрізняють шуми: - постійні (рівень змінюється в часі не більше як на 5 діб); - переривчасті (переривається паузами, при цьому тривалість шуму зберігається 1 с. і більше); - непостійні; - імпульсивні (шуми які мають ударний характер- рух заслінок загороді і ін.).

Зменшити шум можна за рахунок облаштування щілинних підлог замість прибирання гною мобільним транспортом або транспортерами. У тваринницьких приміщеннях не можна також допускати звуки радіорепродуктора, транзисторів, магнітофонів і впливу на тварин інших шумів. Шкала шуму (рівень шуму в децибелах): 120 - больовий поріг; 90 - трактор; 60 - розмова; 50 - тиха територія; 40 - тиха стайня; 30 - цокання годинника (на відстані 1 метра); 20 - шепіт; 10 - шелест листя від вітру і 0 - поріг чутності. Допустима інтенсивність шуму при низьких частотах 90 дБ, а при частотах понад 1 кГц 70 ... 85 дБ.

У сучасній технології виробництва продуктів тваринництва недостатньо повно реалізується комплекс зоогігієнічних вимог, що призводить до численних стресів, що приносить значний матеріальний збиток внаслідок зниження кількості та погіршення якості продукції.

На кафедрі були проведені дослідження рівня шуму при роботі напувалок різної конструкції при наповненні їх водою, за різним тиском води у системі водопостачання та конструкцією перепускного клапана напувалки.

Отже, для забезпечення подачі води в напувалку для коней за меншим рівнем шуму є жолобкові напувалки за постійним рівнем води системи водопостачання.

## Список використаних джерел

1. Особливості проектування стайнь //Електронний ресурс / https://blog.ntkzavod.com.ua/ua/stati/osobennosti-proektirovaniya-konyushen/

2. Практичний посібник з конярства Утримання, догляд, навчання та використання коней //Електронний ресурс /

https://eu.worldhorsewelfare.org/documents/horse-guide/ukranian-version-eu-horse-guide.pdf

**УДК 637.115**

## ВИМ'Я КОРОВИ - СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНА СИСТЕМА

**О. О. ЗАБОЛОТЬКО**, к.т.н., доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail*: zabolotko@nubip.edu.ua

Поглиблене знання закономірностей основних фізіологічних функцій лактуючого організму високопродуктивних корів є основою у стимуляції молочної продуктивності а, отже, у підвищенні використання генетичного потенціалу тварини. Адекватне та ефективне доїння високопродуктивних корів полягає в тому, щоб найбільш доцільно використовувати фізіологічні реакції організму тварини та морфологічну будову вимені, які лежать в основі утворення молока і молоковіддачі, здоров'я.

Рівень надою молочної корови знаходяться у прямій залежності від ємності вимені [1]. Вважається, що місткість вимені, як ознака, об'єктивно характеризує його залозисту структуру. Розрізняють фізіологічну (максимальний разовий надій) і анатомічну (місткість молоко-накопичувальної системи) ємність вимені [2]. Перша залежить від стану вимені (його інволюції, інтенсивності секреції), друга – від об'єму цистерн, розвитку альвеол, молочних ходів і протоків.

Оцінювання системи ощадного доїння корів необхідно враховувати вплив на соски вимені корів не лише таких ознак, як молочна продуктивність дійного стада, утримання соматичних клітин в молоці, динаміка молоковіддачі, пікова швидкість молоковіддачі та час доїння, але й приділяти увагу стану сосків вимені із врахуванням їх зв'язку з іншими ознаками [3].

Морфологічна будова вимені має складну біологічну модель, яка описано [4]. Сполучна тканина (строма) у молочній залозі виконує механічну, підтримуючу й захисну функції. У ній розміщуються кровоносні й лімфатичні судини та нерви. Проте, дехто уважає, що роль сполучної тканини, як опорної частини молочної залози, напевно чисто механічною функцією не обмежується, оскільки через неї проходить потік рідин та обмін речовин між кровоносними судинами і секреторними клітинами молочної залози.

Сполучна тканина поділяє паренхіму на частки і часточки, що видно навіть неозброєним оком. За кольором, у великої рогатої худоби вона біла, у той час як паренхіма має жовто-оранжеве забарвлення. Сполучнотканинна основа залози, як правило, є безпосереднім продовженням сполучнотканинного апарату черевної стінки й у жуйних переходить в область основи вим'я по

обидва боки білої лінії черева. У корів вона проходить між правими и лівими частками вим’я і називається підвішуючою (підтримуючою) зв’язкою вим’я. Ця зв’язка, що складається із двох тісно розміщених листів жовтої черевної фасції, багата на еластичні волокна та поділяє вим’я на праву й ліву половину.

У кожній частині вим’я обидва листи підвішуючою зв’язки розходяться кожний на відповідну половину. Кровоносні судині й нерви обох половин вим’я через, цю зв’язку, мають численні анастомоз, зовні молочна залоза підтримується поверхневою фасцією, яка є продовженням поверхневої черевної. Ця фасція, покриваючи кожну половину молочної залози, виконує функцію бічної зв’язки. Вона білого кольору й бідна на еластичні волокна. Поверхнева фасція, без видимих меж, переходить у глибоку (власну) фасцію вим’я, яка покриває залозисту частину органу. Від неї у середину вим’я, відходять численні перегородки – трабекуля. Котрі проникають між долями, дольками й альвеолами залози, утворюючі чарункову сполучнотканинну сітку. Таким чином бічна зв’язка сполучається з підвішуючою зв’язкою, що дозволяє утримувати вим’я в певному положенні. Проте більшість савців такої зв’язки не мають. Різниця в еластичності бічних і підтримуючих зв'язок при наповнені вим’я молоко сприяє більшому його розширенні у горизонтальному напрямі, ніж у вертикальному.

Високопродуктивні корови для продукування 50 літрів молока корові необхідно пропустити через вим'я 25 000 літрів крові [5].

Дійні корови носять підтримують ремені, корисні для вимені. Ремінці або (вільно пов'язані) «бюстгальтери» впливають на благополуччя і здоров'я тварин. Що корисно для молочного залози, в тому числі для елітної худоби. Часто тварину з високою генетичною цінністю вибраковують, так як вона не може давати молоко протягом ще 1 або 2 лактацій через слабкість зв'язок вимені. Таким чином, механічна підтримка вимені може сприяти довголіттю тварин [6].

Побудова механічної моделі вимені дозволить удосконалити доїльний апарат для доїння високопродуктивних корів. Складність біологічної моделі вимені можна описати, як статично невизначуваних системах з додатковими в'язями.

Необхідною і достатньою ознакою статично невизначуваної системи є наявність надлишкових в'язей, які можна видалити без порушення геометричної незмінності системи.

Термін «зайві в'язі» є умовним. Ці в'язі є зайвими з точки зору розрахункових передумов. У дійсності вони створюють додаткові резерви для конструкції, як у плані забезпечення її механічної жорсткості, так і міцності.

Різниця між кількістю невідомих зусиль і кількістю незалежних (значущих) рівнянь рівноваги, що пов'язують ці зусилля, називається ступенем статичної невизначеності системи, яка розглядається.

Основними методами розрахунку статично невизначуваних систем є метод сил і метод переміщень, у яких за вихідні (зайві) невідомі приймаються відповідно зусилля або переміщення. Метод, що ґрунтується на виборі однієї

частини невідомих у вигляді зусиль, а іншої – у вигляді переміщень, називається змішаним. Головні труднощі при розрахунку статично невизначуваних систем з високим ступенем статичної невизначеності полягає у необхідності складання й розв'язування систем рівнянь з великою кількістю невідомих. Крім зазначених аналітичних методів при розрахунку особливо складних систем використовуються різноманітні чисельні методи.

Отже, для створення біологічної моделі вимені використаємо основи будівельної механіки, як статично невизначуваних систем з додатковими в'язями.

**Список використаних джерел**

1. Луценко М. Дослідження процесу доїння корів у спеціалізованих доїльних залах [текст] / М. Луценко, Д. Зволейко // Техніка і технології АПК. – 2012. – №9 (36). – С. 31–34.
2. Палій А. П. Інноваційні основи одержання високоякісного молока : монографія [текст] / А. П. Палій. – Х. : Міськ. друк. – 2016. – 270 с.
3. Палій А.П. Встановлення впливу доїльних систем на корів під час доїння сільське господарство. тваринництво Харьків. 2016 //Електронний ресурс / https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2016/04/17.pdf
4. Костенко В.І Фізіологія лактації [підручник] / В. І. Костенко. – ФОП Ямчинський О.В., К.-2020р
5. Milk production, a cow's daily challenge (англ.). DeLaval. 2013 //Електронний ресурс / https://uk.wikipedia.org/wiki/
6. Бразилія: в центрі уваги оригінальний метод підтримки вимені корови //Електронний ресурс/ https://www.vetfactor.com/ua/news/braziliya-v-tcentri-uvagi-originalnii-metod-pidtrimki-vimeni-korovi/

**УДК 662.8:517.93**

## АНАЛІТИЧНИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ БРИКЕТІВ З БІОМАСИ УДАРНИМ СПОСОБОМ

**О. І. ЄРЕМЕНКО,** канд. техн. наук, доцент
**С. І. ФОМІН,** студент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Фізична сутність процесу брикетування біомаси полягає в інтенсивному зближенні частинок матеріалу і виникненні молекулярних сил їх зчеплення. Весь процес можна поділити на три фази [1].

**Перша фаза.** В каналі пресування зменшується об'єм сировинної біомаси за рахунок попереднього ущільнення і витіснення повітря. Частинки матеріалу

зближуються і збільшується площа їхнього дотику. Енергія, що підводиться до біомаси, витрачається на подолання тертя між частинками, об стінки пресувального каналу і робочих органів та на витіснення повітря.

**Друга фаза** характеризується інтенсивним розвитком пружно-в'язких деформацій та швидким збільшенням тиску пресування. Частина енергії, що підводиться, витрачається на подолання внутрішнього тертя і деформації частинок. Інша складова енергії накопичується у брикеті, що формується.

**Третя фаза** передбачає стиснення сформованого моноліту. Це супроводжується продовженням зростання тиску при незначному збільшенні щільності. Накопичена енергія у виробі, як потенціал пружної дії, може призвести до руйнування готових брикетів.

Одним із основних показником якості брикетів з біомаси є щільність, яка залежить від створеного тиску, способів брикетування, властивостей сировини тощо [1, 2]. Залежність між цими величинами дозволяє визначати зусилля, що діють у виконавчих органах брикетного преса, та енергію, потрібну для брикетування. Для отримання залежності тиску пресування $P$ ударним способом від нормативної щільності брикетів приймаємо наступні припущення [1]:

- початкова щільність біомаси $\rho_0$ однакова в усьому пресувальному каналі;
- нормальні напруги в кожній точці каналу пресування рівні;
- щільність біомаси у процесі стиснення зростає безперервно.

Вважаємо, що збільшення тиску при певному інтервалі деформації біомаси, залежить лише від щільності. Тобто похідна тиску за щільністю є безперервною функцією прикладеного тиску $dP/d\rho = f(P)$. Дослідження процесу брикетування біомаси [1, 2] дають підстави припустити, що функція $f(P)$ є лінійна, тобто $dP/dp = aP+b$. Розділивши змінні та інтегрувавши праву та ліву частини цього вихідного рівняння в межах від $0$ до $P$ та від $\rho_0$ до $\rho$, отримуємо:

$$P = C\,[\ e^{a(\rho-\rho_0)} - 1], \tag{1}$$

де $C = b/a$ (коефіцієнти $C$, $b$ і $a$ залежать від початкової щільності біомаси).

При $P = C(e - 1)$, $\rho = \rho_0+1/a$, де величина $1/a$ - збільшення початкової щільності біомаси.

Разом із залежністю $P=f(\rho)$, представленої рівнянням (1), зусилля брикетування функціонально залежить від лінійної деформації $S$ $(P = f(S))$.

Розглянемо процес стиснення біомаси в каналі довжиною $L$ і площею поперечного перерізу $u$, вважаючи, що весь об'єм заповнений масою $M$. Початкова щільність біомаси в каналі $\rho_0 = M/Lu$. Тоді вираз має такий вигляд:

$$\rho - \rho_0 = M\left[\frac{1}{(L-S)u} - \frac{1}{Lu}\right] = \rho_0\frac{S}{L-S}, \tag{2}$$

Підставивши вираз (2) до рівняння (1), отримуємо таке співвідношення:

$$P = C\,[\ e^{a\,\rho_0\,S/\ (L-S)} - 1], \tag{3}$$

Рівняння (3) свідчить, що при $S=0$, то $P=0$; при $S \to L$, то $P \to \infty$. Це визначає основи фізичного явища брикетування біомаси ударним способом.

На початок пресування (перша фаза) канал брикетування заповнюється біомасою, щільність якої $\rho_0$. Переміщення пуансона на величину $S$ (рис. 1) сприяє ущільненню біомаси та розширенню її перпендикулярно ходу пуансона. В результаті з'являються сили тертя біомаси об стінки каналу. Отже, пуансон долає не тільки опір біомаси стиску, а й опір тертя об стінки каналу. Після ущільнення (друга фаза) біомаса набуває щільність $\rho$ й займає об'єм, рівний $(L-S)u$.

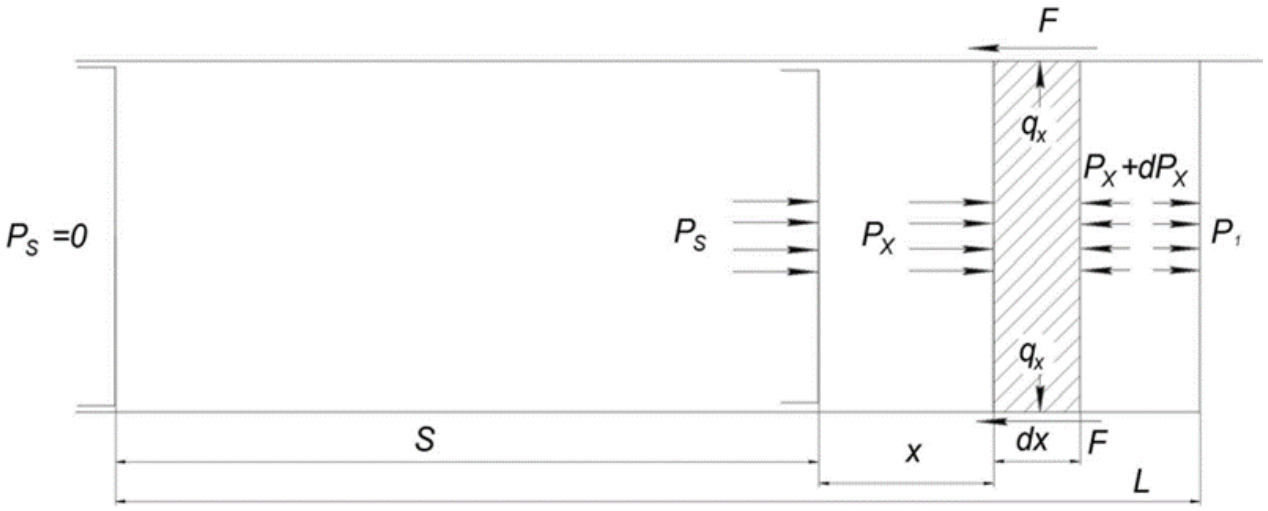



Рис. 1. Розрахункова схема процесу ударного брикетування біомаси в каналі

За час ходу пуансона тиск на біомасу зростає від нуля, у точці $O$ (рис. 2), до максимального значення $P$ за кривою $OB_1$, яка описується рівнянням (1).

Рівновага елементарного шару біомаси завтовшки $dx$ на відстані $x$ від пуансона (рис. 1) визначається за умови, коли діють тиски $P_X$ та $P_X+dP_X$, а по периметру - тиск $q_x$ та обумовлена ним сила тертя $F$, має такий вигляд:

$$Px\,u - (Px + dPx)u - f\ q_x\ l\ dx = 0, \tag{4}$$

де $f$ - коефіцієнт тертя біомаси об стінки каналу;

$l$ - периметр поперечного перетину камери, м.

Тиск $P$ залежить від положення пуансона та визначається за рівнянням (3). Таким чином, можна визначити тиск $P_X$ на будь-якій відстані від пуансона і він є рівнянням кривої $B_1C_1$, що показує падіння тиску від $P$ у точці $B$ до $P_1$ у точці $C$ (упор каналу).

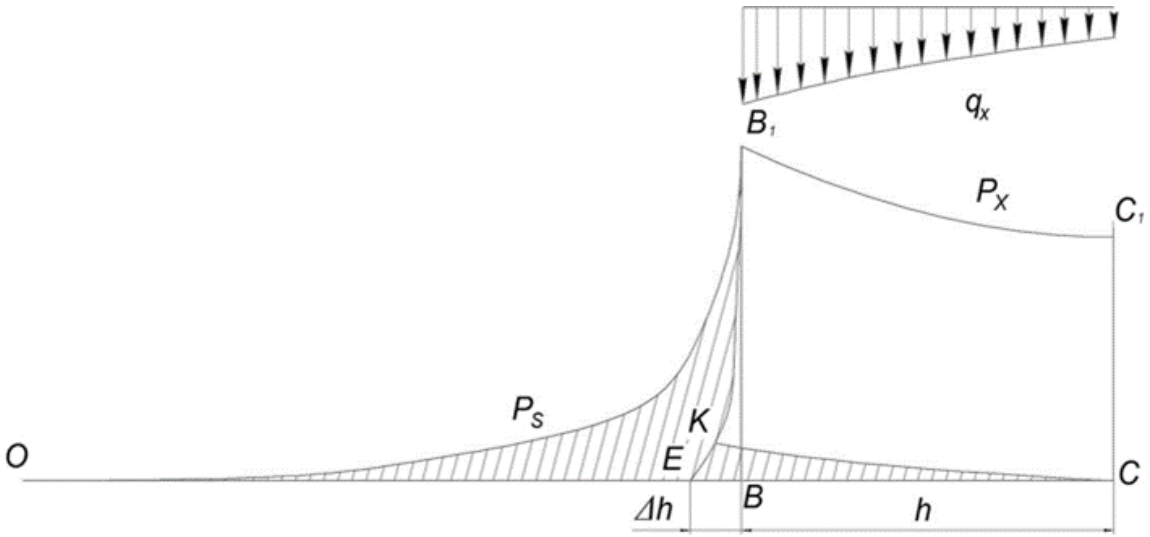



Рис. 2. Діаграма процесу брикетування біомаси

Після підстановки значень $q_x$ та перетворень для визначення тиску на упорі включимо у проміжні рівняння замість $x$ величину $L$-$S$, що дорівнює відстані між пуансоном і упором. Тоді маємо вираз для визначення тиску $P_X$ :

$$Px = \left[P + \frac{q_0}{\mu}\right] \exp\left[-f\ \mu \frac{(L-S)\ l}{u}\right] - \frac{q_0}{\mu}, \qquad (5)$$

де μ - коефіцієнт бокового розпору.

З рівняння (5) випливає, що зі збільшенням довжини брикету тиск на упорі зменшується, а щільність брикету від пуансона до упору не значно знижується.

**Висновки.** 1. Чим менше довжина формування брикету за один прохід пуансона, тим щільність стає більш рівномірною.

2. Залежність збільшення тиску пресування зі збільшенням ущільнення біомаси дозволяє отримувати брикети із заданими властивостями.

3. Отримані залежності визначатиме режимні параметри та основні конструктивні характеристики преса для реалізації брикетування біомаси.

## Список використаних джерел

1. Єременко О.І., Поліщук В.М., Шворов С.А., Скібчик В.І. Розрахунок обладнання для отримання біопаливних пелет і брикетів: монографія. Київ: НУБіП України, 2021. 248 с.

2. Практикум з машин та обладнання біоенергетики: [В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, С.В. Драгнєв]. Київ: Аграр Медіа Груп, 2013. 208 с.

**УДК 614.8:631.3**

# ДОСЛІДЖЕННЯ ОКРЕМИХ РИЗИКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ТА БЕЗПЕКИ ПРАЦІВНИКІВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

**Є. І. МАРЧИШИНА,** доцент, канд. с.г. наук,
**А. С. ІВЧЕНКО,** здобувач вищої освіти
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* marchyshyev@gmail.com

Управління персоналом на основі штучного інтелекту (УПШІ) - це система, яка збирає в реальному часі дані про працівників, їх роботу, робочий простір і цифрові інструменти, які вони використовують під час праці. Ці дані подаються в модель на основі штучного інтелекту (ШІ), яка приймає автоматичні рішення з питань управлінням персоналом. Управління персоналом на основі ШІ може надати потенційні можливості для покращення безпеки та гігієни праці (БГП) працівників, наприклад, надаючи інструменти для кращого моніторингу небезпек і психічного здоров'я працівників, покращуючи залученість працівників та задоволеність роботою, допомагаючи розробляти та впроваджувати заходи безпеки, навчання тощо.

Проте ця система створює не тільки можливості, але й ризики та виклики для безпеки та здоров'я персоналу, включаючи втрату працівниками контролю над своєю роботою, підвищення інтенсивності роботи, зниження соціальної підтримки з боку керівників, індивідуалізацію та дегуманізацію працівників, створення нездорового конкурентного середовища, відсутність прозорості, недовіру тощо. Ці ризики, у свою чергу, можуть призвести до численних негативних наслідків для фізичного та психосоціального благополуччя працівників, таких як розлади опорно-рухового апарату, серцево-судинні порушення, втома, стрес, занепокоєння та виснаження.

Одним з ризиків для здоров'я та безпеки працівників є інтенсифікація праці. Щоб підвищити продуктивність, роботодавець може запровадити систему управління на основі ШІ, спрямовану на роботу з високою швидкістю без міні-перерв, зменшення часу на певні виробничі операції. Типовий приклад інтенсифікації роботи завдяки ШІ можна знайти при роботах на складах: щоб прискорити роботу, ШІ використовують для відстеження часу виконання замовлень, а також рухів працівників, помилок і перерв, щоб усунути «непотрібний» час відставання.

Ще одним з ризиків є втрата контролю над роботою та самостійності працівників. Деякі системи УПШІ можуть взяти на себе контроль за роботою персоналу (наприклад, за змістом, темпом, розкладом) і мало що буде залишено для вирішення власне працівником. Більшість алгоритмічних систем і систем на основі ШІ диктують працівникові, як виконувати роботу чи завдання, і це може призвести до втрати контролю над його роботою, до стресу, а також до

зниження продуктивності та збільшення кількості днів непрацездатності. Робота з «високим навантаженням», де працівникам пред'являють високі вимоги і водночас вони дуже мало контролюють те, що роблять, - має найбільший негативний вплив на психічне здоров'я. Високі вимоги та низький контроль перешкоджають здатності працівника вибрати метод і часові рамки для виконання роботи, але потребують великої кількості когнітивних ресурсів, що може призвести до психосоціального погіршення здоров'я.

Активне використання систем УПШІ, наприклад, через надмірне керівництво працівниками, оцінювання чи дисципліну, також може призвести до дегуманізації працівників і, у довгостроковій перспективі, змусити їх поводитись як машини, що може призвести до зниження когнітивних та інтелектуальних здібностей, зниження творчого мислення, втрати автономії, нестачі незалежності мислення тощо. Варто зазначити, що системи УПШІ можуть призвести до дегуманізації працівників, оскільки вони можуть стати залежними від системи попередження, створеної ШІ та можливо, втратять власну здатність розпізнавати небезпеки, коли щось піде не так. У свою чергу, це може призвести до погіршення здоров'я або нещасних випадків на роботі.

Використання систем УПШІ також може призвести до дискримінації працівників, оскільки інтрузивний моніторинг може передбачати збір конфіденційних даних, які, у свою чергу, можуть використовуватися для прийняття автоматичних рішень щодо працівника. Це може призвести до надання переваги певним працівникам і дискримінації інших, наприклад, за статтю, віком, гендерною ідентичністю на етапах найму чи оцінювання або просування працівників.

УПШІ може змусити працівників працювати швидше за допомогою постійного моніторингу, включаючи контроль дій, які вони виконують, і їхньої продуктивності. Коли працівники знають, що за ними постійно спостерігають і оцінюють їхню роботу, вони можуть відмовлятися від перерв, коли це необхідно, і нехтувати соціальними взаємодіями, щоб наздогнати графік. Системи, які створюють повний огляд ефективності роботи, який бачать колеги, також можуть призвести до нездорового конкурентного середовища між колегами. У свою чергу, такий тиск може призвести до занепокоєння та низької самооцінки працівників.

УПШІ слід розробляти, впроваджувати та керувати надійним, прозорим, та зрозумілим способом, гарантуючи консультації працівників, участь та рівний доступ до інформації. Системи УПШІ на робочому місці можуть надати потенційні можливості для покращення БГП, оскільки їх можна використовувати для покращення моніторингу небезпек на робочих місцях, що представляє важливий шанс покращити здоров'я, безпеку та добробут працівників.

**Список використаних джерел**

ойналович О.В., Марчишина Є.І. Білько Т.О. Охорона праці у сільському господарстві: підручник. К. Центр учбової літератури. 2017. 691 с.

**УДК 631.3:636**

# УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НА ФЕРМАХ

**В. І. РЕБЕНКО**, к.т.н., доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Якість технічного обслуговування як техніко-економічна категорія формується в процесі ремонтно-технічного впливу на машини і реалізується при використанні таких машин на фермах, комплексах і птахофабриках. Підвищення якості технічного обслуговування є вирішальним фактором ефективності тваринництва. Вона виражається в поліпшенні техніко-економічних властивостей, підвищенні продуктивності праці, подовженні терміну служби, підвищенні надійності засобів виробництва і витратних матеріалів в промисловості при однаковій кількості споживаних величин, що еквівалентно збільшенню обсягів виробництва.

Основними показниками якості обслуговування і ремонту є довговічність, надійність і економічність підтримуваного обладнання. Для машин і устаткування ферм, крім цього, вони також є і показниками, що характеризують їх якість роботи - доїння корів, подрібнення і приготування кормів, мікроклімат в приміщеннях, тощо.

Огляд літератури і практика показує, що багато теоретичних і методичних питань управління якістю машин і устаткування в тваринництві недостатньо вивчені, не приділяється належної уваги організаційним методам підвищення її рівня. Цим пояснюється низька якість технічного обслуговування фермської техніки, що в основному обумовлено:

- відсутністю у багатьох господарствах необхідної база технічного обслуговування:
- недостатнім рівнем професійних знань у сільськогосподарських монтажників і їх відповідальності за виконану роботу;
- відсутністю системного контролю якості та ефективних заходів для забезпечення матеріального та морального стимулювання обслуговуючого персоналу для досягнення високого рівня технічного обслуговування.

Погане обслуговування сільськогосподарської техніки також значною мірою пояснюється недостатньою увагою до управління у виробництві. Якість роботи технічних працівників тваринницького виробництва не входить до числа основних показників оцінки виробничої діяльності бригад інженерно-технічних служб галузі. Технічні та технологічні вимоги до якості обслуговування, що застосовуються у тваринництві, розпорошені, хоча і мають певні позитивні результати, однак не дозволяють повністю вирішити проблему підвищення якості обслуговування та мають відповідний ефект. Досвід промислових підприємств показує, що вирішенням цієї проблеми є розробка та впровадження інтегрованої системи управління якістю. Лише науково

обґрунтована система поточних заходів з управління якістю обслуговування тваринницької техніки може мати певний економічний ефект.

Як показує практика, основою системи управління якістю різних послуг є заходи щодо забезпечення бездефектної праці, без якої неможливе якісне виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту.

Система управління якістю обслуговування машин і устаткування в тваринництві передбачає здійснення наступних взаємопов'язаних заходів: створення необхідних ремонтно-експлуатаційних потужностей в галузі; організація навчання та підвищення кваліфікації інженерно-технічних кадрів; запчастини та ремонтні матеріали; забезпечення технологічної дисципліни та якості ремонтних робіт; планування та контроль якості обслуговування ферми та ремонту обладнання; забезпечення якості зберігання обладнання; удосконалення методів оцінки якості праці, матеріального та морального стимулювання працівників інженерно-технічних служб до підвищення якості технічного обслуговування.

Розроблені регламенти та рекомендації щодо вдосконалення підтримувального виробництва у тваринництві разом складають систему управління якістю технічного обслуговування сільськогосподарської техніки.

Аналіз структури системи управління якістю технічних послуг показав, що вона залежить в основному від двох груп соціально-економічних факторів: стану виробничого обладнання інженерних служб (інструменти та заготовки) і людського фактору (середній вік монтажників на фермах, середня тривалість їх роботи за фахом, кваліфікаційний рівень тощо).

Основним критерієм оцінки якості технічного обслуговування, на думку автора, є показник безвідмовної роботи машин, що експлуатуються під час їх технологічних операцій на фермах, в яких накопичується дія перерахованих виробничих факторів. Цей показник можна визначити для машин за будь-який період часу - день, місяць, рік. Це вимагає лише запису простоїв машин, що підтримуються з технічних причин.

Наприклад, доїльний апарат має щомісячний робочий час 180 год (30 днів * 6 год), протягом місяця його зупиняли 7 разів через несправність, загальний час простою 3,5 год, показник безвідмовності дорівнює (180-3,5): 180 = 0,98, це нижня допустима межа. Якщо час простою машини з технічних причин збільшиться, його надійність знизиться, що призведе до порушення доїння корів, зниження продуктивності доїльних машин.

Для кожного типу машин і устаткування ферм встановлюються нижчі межі безвідмовних факторів, які варіюються від 0,90 до 99 в залежності від характеру виконуваних процесів. Ці обмеження дозволяють оцінити якість обслуговування сільськогосподарської техніки та обладнання. Зниження коефіцієнтів порівняно з зазначеними розглядається як низький рівень обслуговування.

З метою визначення впливу виробничо-економічних факторів на якість технічного обслуговування (на показник безвідмовності) проаналізовано умови виробництва та інженерно-технічних послуг на молочних фермах. У процесі

аналізу був зроблений підбір виробничих факторів, які, на думку автора, найбільш визначають рівень безвідмовності машин:

X1 - середній вік слюсарів на фермах, років;

X2 - середній рівень освіти слюсарів, років;

X3 - середня тривалість роботи слюсарів у господарствах за фахом, років;

X4 - середній кваліфікаційний рівень майстрів, кваліфікаційний розряд;

X5 - витрати на технічне обслуговування та ремонтні роботи на одиницю обладнання, люд.-год./ум. од.;

X6 - втрачений час працівниками господарства з організаційних причин (пошук запасних частин, ремонтних матеріалів, необхідних інструментів),% до часу зміни;

X7 - вартість обладнання пунктів технічного обслуговування та інструменту, розрахованого на одиницю машин та обладнання ферм, грн./ум.од.;

X8 - вартість запасних частин і ремонтних матеріалів, що використовуються в обслуговуванні та ремонті, розрахована на одиницю умовної сільськогосподарської техніки, грн./ум.од.;

X9 - витрати на утримання одного умовного підрозділу машин і устаткування ферм протягом року, грн./ум.од..

Ці фактори відображають реальний стан виробничих умов та людський фактор у ремонтно-технічному виробництві досліджуваних господарств.

Розрахунки показали, що якість обслуговування найбільше залежить від п’яти факторів: середнього віку механіків господарства (5,68%), середнього рівня освіти механіків (12,0%), середнього рівня майстерності механіків (8,42%), трудовитрат на технічне обслуговування та ремонт сільгосптехніки (на 7,94%) та фінансових витрат на утримання сільгосптехніки (на 21,44%).

Якість обслуговування менше залежить від інших факторів, що розглядаються в аргументах. Таким чином, середній термін служби сільськогосподарських слюсарів за спеціальністю та вартість обладнання пунктів обслуговування та інструментів при розрахунку умовної одиниці обладнання залежить від 1,62%, втрати робочого часу сільськогосподарських слюсарів з організаційних причин - на 1,35%, а вартість запчастин і ремонтних матеріалів, що використовуються при обслуговуванні сільгосптехніки, становить лише 0,64%. Однак це не означає, що їх не слід розглядати в процесі управління якістю обслуговування, оскільки вони позитивно впливають на нього. У цьому випадку їх невеликий вплив на якість пояснюється тим, що вони самі по собі є малими значеннями в порівнянні з значенням інших факторів.

Результати показують, що, впроваджуючи відповідні заходи щодо поліпшення організації ремонтно-обслуговувального виробництва, можна оперативно управляти якістю технічного обслуговування машин і обладнання в тваринництві.

Однак слід зазначити, що в тваринницьких господарствах немає спеціальної служби з контролю якості та приймання технічних послуг, оскільки інженерна служба на фермах невелика. У цьому контексті контроль якості та

прийняття технічних послуг у цих умовах покладається на інженера з трудомістких процесів у тваринництві, а там, де цього не відбувається, на головного інженера.

# Секція 5 *«Конструювання машин і обладнання»*

**УДК 519.6**

# РОЗРОБКА НОВИХ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ

**Ю. О. РОМАСЕВИЧ**, доктор технічних наук, професор,
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* romasevichyuriy@ukr.net

Уважний погляд на проблеми розвитку технологій (у найбільш загальному сенсі) та розробки нових технологій показує їхній тісний зв'язок із оптимізаційними задачами і методами. Дійсно, багато нових технологій у основі своїй мають оптимізаційні концепції. Можна навести декілька найбільш значимих для сучасності прикладів: машинне навчання і штучний інтелект (метод найменших квадратів, зворотне поширення помилки, методи стохастичного градієнтного спуску, Adam та його подальші модифікації), логістичні задачі (лінійне та нелінійне програмування), оптимальне керування (варіаційне числення, принцип максимуму, прямі варіаційні методи) та регулювання (динамічне програмування, конструювання лінійно-квадратичних регуляторів) тощо. Однак, навіть той багатий інструментарій, який виробило людство у цій галузі знань, не дозволить розв’язувати задачі, що постануть у майбутньому. Причин декілька. Порівнюючи між собою задачу знаходження мінімуму функції одного аргументу, наприклад $f(x)=x^2$, та задачу навчання штучної нейронної мережі для класу генеративного штучного інтелекту, легко помітити їхні відмінності: масштабність у сенсі кількості аргументів, різна форма доступу до цільової функції, різні топологічні властивості тощо. Екстраполюючи ці відмінності на оптимізаційні задачі майбутнього, можна прийти до висновку, що необхідно вже зараз провадити розробку методів оптимізації, які б спирались на принципово нові концепції пошуку розв’язку. Можна окреслити лише декілька загальних рис, якими повинні володіти такі методи: 1) бути ефективними лише для певних класів задач, що випливає із теореми про „відсутність безкоштовного обіду”; 2) інтегрувати декілька пошукових прийомів, які б мали різний концептуальний характер; 3) бути не „дорогими” у сенсі наявного бюджету розрахункових ресурсів; 4) мати якомога менше налаштовуваних параметрів, або параметри, величини яких добре обґрунтовані.

Крім того, варто відмітити і те, що існують достатньо прості методи оптимізації, що дозволяють виконувати їхню подальшу модифікацію. Отримані алгоритми показують на порядки кращі пошукові властивості. Мабуть, такі підходи дозволять розв’язувати оптимізаційні задачі найближчого майбутнього. Однак, лише частина з них стане основою перспективних платформ для розробки нових методів оптимізації.

**УДК 621.87**

# ОПТИМІЗАЦІЯ СУМІСНОГО ПУСКУ МЕХАНІЗМІВ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ ТА СТРІЛИ СТРІЛОВОГО КРАНА

**В. С. ЛОВЕЙКІН** д.т.н., професор
**І. О. КАДИКАЛО** к.т.н., старший викладач
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* lovvs@ukr.net, kadykaloivan@nubip.edu.ua

При сумісному русі механізмів підйому вантажу та стріли стрілового крана зростають динамічні навантаження, що спричиняє додаткове енергоспоживання та призводить до передчасного зношування конструктивних елементів крана. Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування стрілового крана шляхом оптимізації режимів сумісного запуску механізмів підйому вантажу та стріли, що дозволить зменшити енергоспоживання.

Для досягнення цієї мети використано методи аналітичної механіки, варіаційного числення та модифікований метаевристичний метод рою частинок. У результаті застосування цих методів було оптимізовано сумісний запуск механізмів стріли та підйому вантажу. Динамічна модель спільного руху механізмів крана представлена системою з чотирма ступенями вільності, що враховує основні переміщення механізмів, а також пружні коливання приводу механізму підйому вантажу та низькочастотні коливання вантажу на гнучкому підвісі.

На основі цієї динамічної моделі розроблено математичну модель у вигляді системи диференціальних рівнянь другого порядку, яку зведено до системи двох рівнянь четвертого порядку. Оптимізацію режиму запуску механізмів виконано за критерієм середньоквадратичного значення загальної потужності приводів з урахуванням обмежень на керуючі моменти приводів. Обмежену оптимізаційну задачу зведено до задачі без обмежень шляхом формування узагальненого критерію.

Розв’язання нелінійної задачі оптимізації сумісного запуску механізмів стріли та підйому вантажу здійснено за допомогою модифікованого метаевристичного методу рою частинок. У результаті оптимізації визначено режими запуску механізмів, які мінімізують загальну потужність приводів та усувають низько- та високочастотні коливання конструктивних елементів крана, що сприяє підвищенню його надійності та зниженню енергоспоживання. Запропонований оптимальний режим рекомендовано для використання в системах керування механізмами підйому вантажу та стріли крана.

З метою мінімізації енергоспоживання у приводах механізмів підйому вантажу та стріли стрілового крана при дотриманні заданих обмежень сформульовано та вирішено оптимізаційну задачу. У цій задачі оптимальні режими запуску механізмів визначено шляхом мінімізації інтегрального

критерію, що задовольняє граничні умови руху системи та обмеження на момент приводу механізмів. Оскільки енергоспоживання системи стріли значною мірою залежить від потужності приводів механізмів стріли та підйому вантажу, критерієм оптимізації обрано середньоквадратичне значення загальної потужності обох приводів у процесі сумісного запуску.

З метою зменшення навантажень на конструктивні елементи крана та приводи механізмів враховано обмеження на мінімальні та максимальні значення моментів приводів. У сформульованій оптимізаційній задачі критеріальний вираз у вигляді середньоквадратичного значення потужності приводів, разом з обмеженнями на керуючі моменти, представлено як узагальнений критерій оптимізації. Спочатку розв'язано питання забезпечення обмежень на керуючі моменти приводів, після чого розглянуто задачу мінімізації середньоквадратичного значення критерію, що дозволило звести обмежену оптимізаційну задачу до задачі без обмежень.

Оскільки оптимізаційна задача визначення режиму руху механізмів стріли та підйому вантажу стрілового крана є нелінійною, її неможливо розв'язати аналітично. Тому застосовано апроксимаційний метод, де шукані функції для механізмів стріли та підйому вантажу представлено як суму двох поліномів. Перший поліном забезпечує виконання граничних умов руху, а другий містить вільні коефіцієнти, що мінімізують узагальнений критерій оптимізації. Значення вільних коефіцієнтів визначено із застосуванням модифікованого метаевристичного методу VCP-PSO.

Розв'язання оптимізаційної задачі дозволило визначити режими сумісного запуску механізмів стріли та підйому вантажу стрілового крана, що мінімізують загальне енергоспоживання приводів. Це досягнуто шляхом зменшення максимального значення моменту приводу механізму підйому вантажу на 13,9%.

У процесі оптимізації режимів сумісного запуску механізмів розглянуто два варіанти розрахунків: базовий та оптимізований. Їх порівняння показало, що отримані результати є близькими за більшістю показників. Однак базовий варіант забезпечує лише виконання граничних умов руху, тоді як оптимізований додатково враховує обмеження на керуючі моменти. Таким чином, при виборі режиму руху доцільно орієнтуватися на оптимізований метод розрахунку.

Подальші дослідження оптимізації режимів роботи стрілової системи крана доцільно проводити з урахуванням динамічної моделі з перемінною довжиною стріли.

## Список використаних джерел

1. Loveikin, V., Romasevych, Yu., Loveikin, Yu., Krushelnytskyi, V., & Kadykalo, I. (2024). Optimization of the joint startup of the boom and load hoisting mechanisms of a jib crane. Machinery & Energetics, 15(4), 9-21. https://doi.org/10.31548/machinery/4.2024.09

**УДК 62-523.6**

# ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНО-РЕЄСТРУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

**М.О. СПОДОБА,** Ph.D
**О.О. СПОДОБА,** Ph.D
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* spmisha@ukr.net

Експеримент є головною частиною наукових досліджень в основу якого покладено наукове дослідження з максимально точною реєстрацією умов та параметрів. Саме результати експерименту дозволяють встановити наявні залежності протікання певних процесів на реальному об’єкті. Для економії часу та ресурсів експериментальні дослідження необхідно реалізовувати таким чином, щоб за мінімальну кількість проведених дослідів отримати високоточні дані. Котрі у подальшому використовуватимуться у практичних та теоретичних цілях.

Достовірність результатів експерименту залежить від правильності розробки методики проведення експерименту, вибору високоточного вимірювально-реєструючого обладнання та місця його розташування на експериментальній установці. Оскільки, більшість існуючого вимірювально-реєструючого обладнання потребує джерела живлення постійного струму напругою 5, 12 та 24 вольти, важливу роль у підготовці до проведення експерименту та отримання достовірних результатів є вибір джерела живлення для високоточного вимірювально-реєструючого обладнання [1-3].

Принципова схема за якою проводилось дослідження блоків живлення наведено на рис. 1.

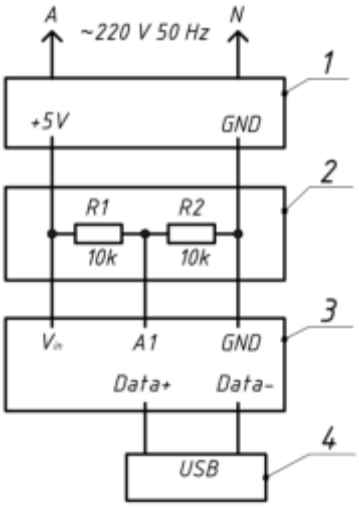



Рис. 1. Принципова схема дослідження блоків живлення: 1 – блок живлення; 2 – резистивний подільник напруги; 3 – мікроконтролер Arduino Nano V 3.0; 4 – ноутбук HP EliteBook 8440p; R1, R2 – постійні резистори 10 кОм, 0,25 Вт, ±0,1%; A1 – вхід аналого-цифрового перетворювача

мікроконтролера Arduino Nano V 3.0.

Дослідження проводили наступним чином. Блок живлення (1) під'єднували до однофазного джерела змінного струму, до виходу блоку живлення (5 В) під'єднували резистивний подільник напруги побудований на постійних резисторах 10 кОм (2), який виступає у ролі статичного вимірювального датчика. Падіння напруги на резистивному подільнику вимірювали за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) мікроконтролера Arduino Nano V 3.0 (3). Інформація з АЦП через USB, за допомогою програми Arduino IDE виводилась на монітор ноутбуку HP EliteBook 8440p (4). Час дослідження для кожного блоку живлення прийнято 1000 мілісекунд. Частота опитування виходу АЦП складає 6,67 мс.

Результати експериментальних досліджень трансформаторного блоку живлення із лінійною стабілізацією напруги наведено на рис. 2.

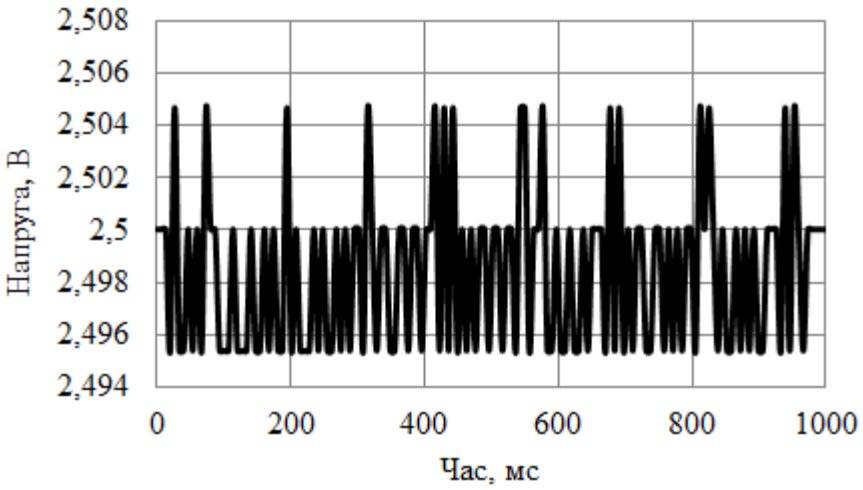



Рис. 2. Коливання показів напруги на резистивному подільнику при живленні останнього від трансформаторного блоку живлення із лінійною стабілізацією напруги.

На рис. 2 помітно, що використовуючи у якості живлення трансформаторний блок із лінійною стабілізацією напруги, вихідний сигнал з резистивного подільника має імпульсний характер з піковим розмахом імпульсів 0,0093 В. Протягом часу дослідження (1000 мс) явно вираженим є скупчення імпульсів у зоні нижче значення ($U_н$ = 2,5 В) та відсутні ділянки зі стабільною вихідною напругою, максимальна послідовність вимірювання номінальної напруги на резистивному подільнику ($U_н$ = 2,5 В) становить 20 мс. Середнє значення виміряної напруги складає 2,49845 В, що на 0,062 % менше від номінальної напруги. Кількість виміряних значень напруги ($U_н$ = 2,5 В) за період дослідження складає 44,67 % від загальної кількості вимірювань.

Практична цінність отриманих у роботі результатів полягає у тому, що використання у експериментальних дослідженнях блоків живлення з меншою пульсацією вихідної напруги дозволить знизити час програмної обробки отриманих масивів даних, підвищить ефективність проведення експерименту та точність отриманих залежностей [1-4].

**Список використаних джерел**

1. Zablodskiy, M., & Spodoba, M. (2021). Power supply of measuring sensors when performing experimental studies of electrical thermal mechanical system. *Energy and Automation, 0*(4), 39-48. doi:http://dx.doi.org/10.31548/energiya2021.04.039
2. M. Zablodskiy, M. Spodoba and O. Spodoba, "Experimental investigation of energy consumption for the process of initial heating of a substrate to the fermentation temperature", *Problemele energeticii regionale Moldova*, no. 1, pp. 83-96, 2022.
3. Заблодський М. М., Сподоба М. О., Сподоба О. О. Експериментальне дослідження витрати енергії на процес початкового нагріву субстрату за використання електротепломеханічної системи. Електротехніка та електроенергетика. Запоріжжя, 2022. Випуск 1. 49–59 с. https://doi.org/10.15588/1607-6761-2022-1-5
4. Zablodskiy, M., Spodoba, M., & Spodoba, O. Експериментальне дослідження енергетичних втрат біогазового реактора в навколишнє середовище при мезофільному режимі зброджування. *Енергетика і автоматика*, (2), 18-32.

**УДК 62-523.6**

# ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ НА РОБОТУ МЕХАНІЧНИХ ПЕРЕМІШУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

**М.О. СПОДОБА,** Ph.D
**О.О. СПОДОБА,** Ph.D
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* spmisha@ukr.net

У процесі анаеробного зброджування субстрату в біогазовому реакторі має властивість розділятися на фракції. На дні реактора скупчується нерозчинний осад, а легкі фракції, піднімаються на поверхню утворюючи плаваючу кірку, все це уповільнює швидкість реакції, а разом з тим, і виділення газу [1, 2]. Для рівномірності протікання анаеробного зброджування використовують один з методів інтенсифікації – перемішування [3, 4].

Перемішування створює інтенсифікацію процесів у біогазовому реактора та запобігає утворенню осаду та кірки на поверхні субстрату, також за рахунок перемішування можна досягти рівномірного розподілу поживних речовин по всьому робочому об’єму метантенка, а також при поєднанні роботи перемішуючого та нагрівального пристроїв можна отримати рівномірний

розподіл температури по субстрату [4]. Всі перераховані переваги перемішування, призводять до збільшення утворення біогазу із органічних відходів, а отже, відбувається зростання ефективності біогазової установки.

Проведений аналіз різних видів змішування показав, що механічне перемішування сприяє створенню однорідності речовини при меншому часі перемішування та пришвидшеному масообміні, особливо, це стосується неньютонівських рідин з високим рівнем органічної речовини [4-6]. Механічне перемішування здійснюється лопатевими, пропелерними, турбінними, якірними та спеціальними мішалками. Класифікація механічних пристроїв змішування, що використовуються у біогазових реакторах наведено на рис. 1.

Рис. 1. Класифікація механічних пристроїв змішування

**Список використаних джерел**

1. M. Zablodskiy and M. Spodoba, "Determination of energy efficient level of the speed of mixing body of electromechanical system", Kremenchuk: Electromechanical and energy saving systems, vol. 4, no. 52, pp. 17-26, 2020. http://dx.doi.org/10.30929/2072-2052.2020.4.52.17-26

2. Zablodskiy, M., Spodoba, M., & Spodoba, O. Експериментальне дослідження енергетичних втрат біогазового реактора в навколишнє середовище при мезофільному режимі зброджування. *Енергетика і автоматика*, (2), 18-32.

3. M. Zablodskiy, M. Spodoba O. Spodoba, "Experimental investigation of energy consumption for the process of initial heating of a substrate to the fermentation temperature", *Problemele energeticii regionale*, no. 1, pp. 83-96, 2022. https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.1-53.07

4. Сподоба М. О., Заблодський М. М. Залежність енергетичних витрат від типу використаної механічної мішалки у біогазовому реакторі. Електротехніка та електроенергетика. Запоріжжя. 2021. Вип. 1. С. 26-33 doi.org/10.15588/1607-6761-2021-1-3.

5. Trad Z., Fontaine J., Larroche C., Vial C. Multiscale mixing analysis and modeling of biohydrogen production by dark fermentation. Renew. Energy. 2016.

Vol. 98. P. 264–282. 103.

6. Ameur H. Mixing of complex fluids with flat and pitched bladed impellers: effect of blade attack angle and shear-thinning behavior. Food Bioprod. Process. 2016. Vol. 99. P. 71-77.

**УДК 62-523.6**

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАЛОГАБАРИТНИХ БІОГАЗОВИХ РЕАКТОРІВ

**М.О. СПОДОБА,** Ph.D
**О.О. СПОДОБА,** Ph.D
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* spmisha@ukr.net

У зв’язку з розробкою та впровадженням з боку держав програм підтримки виробників та населення, що використовує альтернативну енергетику – біогазові технології набувають все більшого поширення. Адже, біогазові реактори є найбільш економічно та екологічно вигідними рішеннями для перетворення органічних відходів тваринництва та рослинництва у альтернативне паливо у вигляді біогазу. Іншим, позитивним ефектом від використання біогазових реакторів є зменшення накопичених відходів. Однак, ефективне зброджування, можливе за підтримки температури у межах допустимих відхилень ±1°С.

Проведені дослідження [1-3] вказують, що поєднання перемішування та підігріву речовини, що зброджується у одну систему призводить до зниження енергетичних витрат на підігрів речовини у малогабаритному біогазовому реакторі в середньому на 15%.

Враховуючи проведені дослідження для подальшого підвищення ефективності малогабаритних біогазових реакторів, а також збільшення зацікавленості населення та інвесторів у впроваджені біогазових технологій у енергетичну систему, додатково необхідно провести аналіз середнього споживання газу приватними будинками та малими фермерськими господарствами у різні пори року.

### Список використаних джерел

1. Zablodskiy, M.M., Spodoba, M.O. (2020). Improvement of the method for determining energy consumption in a biogas reactor. XII International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" ICEPOM-12, (June 01-05, 2020), Kamianets-Podilskyi, 311.

2. M. Zablodskiy, M. Spodoba and O. Spodoba, "Experimental

investigation of energy consumption for the process of initial heating of a substrate to the fermentation temperature", *Problemele energeticii regionale Moldova*, no. 1, pp. 83-96, 2022.

3. Заблодський М. М., Сподоба М. О., Сподоба О. О. Експериментальне дослідження витрати енергії на процес початкового нагріву субстрату за використання електротепломеханічної системи. Електротехніка та електроенергетика. Запоріжжя, 2022. Випуск 1. 49–59 с. https://doi.org/10.15588/1607-6761-2022-1-5

**УДК 621.86**

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПАРАМЕТРИЧНОГО 3D – МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ РОБОТІВ

**О. О СПОДОБА,** Ph.D,
**М. О. СПОДОБА,** Ph.D
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* sp1309@ukr.net

3D параметричне моделювання – це метод автоматизованого проектування (CAD), який передбачає створення 3D-моделей з використанням параметрів, взаємозв'язків і обмежень. Він дає інженерам змогу швидко створювати 3D-об'єкти та працювати з ними швидко змінюючи параметри об'єкту.

Параметри використовуються для відображення розмірів, кутів або інших характеристик дизайну. Наприклад, як параметри можна визначити кількість зубів шестерні, ширину зубчастого вінця, модуль, кут зачеплення та коефіцієнт зміщення. Цим параметрам можна поставити у відповідність значення, формули та зв'язки між ними [1].

Обмеження – це правила або відношення, які визначають, як певні частини моделі пов'язані між собою. Найчастіше застосовуються геометричні, габаритні та монтажні обмеження. Ці обмеження забезпечують незмінність форми та взаємозв'язків моделі в разі внесення змін.

Елементи в 3D-моделях можуть бути пов'язані один з одним за допомогою параметричних зв'язків. У разі зміни одного параметра, який зв'язаний через математичну залежність з другим відповідно виникне і зміна другого для збереження співвідношення.

Перевагами параметричного 3D-моделювання є змога створювати гнучкі моделі з можливістю їх подальшого швидкого редагування. Це може бути корисно в процесах проектування, де інженери часто вносять зміни, які можуть суттєво вплинути на кінцевий результат.

Такий підхід сприяє ітеративному проектуванню, адже забезпечує інженерам змогу досліджувати різні варіанти геометричного розміщення елементів моделі та її дизайну.

Крім того, параметричне моделювання здатне впорядкувати та автоматизувати численні завдання, що допомагає підвищити ефективність проектування та зменшити помилки при проектуванні, які можуть виникнути за рахунок людського фактору.

Параметричне 3D-моделювання за рахунок своєї гнучкості та ефективності широко використовується в різних галузях промисловості для розробки складних й адаптивних 3D-моделей.

Щоб скористатися всіма перевагами параметричного 3D-моделювання, інженер повинен добре розуміти параметричні взаємозв'язки й обмеження і знати, як їх ефективно використовувати [2]. Крім того, робота зі складною моделлю, може бути ускладненою за рахунок великої кількості взаємозв'язків.

**Список використаних джерел**

1. Loveikin V., Spodoba O., Spodoba M., Romasevych Y. Research of dynamics of hydraulic drive with a hydraulic distributor. TEKA. Quarterly journal of agri-food industry. Rzeszow- Lviv, 2019, Vol. 19, No. 3, P. 45-54.

2. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О., Сподоба О. О. Оптимізація режимів руху кранаманіпулятора з гідроприводом: монографія. К.: ЦК «КОМПРІНТ», 2021. 262 с.

**УДК 621.86**

## ОПТИМІЗАЦІЯ ФОРМИ ЗА ДОПОМОГОЮ CAD ПРОГРАМ 3D – МОДЕЛЮВАННЯ

**О. О СПОДОБА,** Ph.D,
**М. О. СПОДОБА,** Ph.D
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* sp1309@ukr.net

У процесі формування моделі деталі, збірки або проведені досліджень [1] інженер-конструктор має можливість оцінити її властивості (масо-габаритні параметри, міцність, частотні характеристики тощо) не виходячи за рамки середовища проектування CAD програми.

Для стандарту 3D-моделювання характерна наявність безлічі інструментів такого експрес-аналізу.

Для вирішення завдань оптимізації необхідно спочатку виконати базове дослідження, або всі дослідження, на основі яких проводиться подальша оптимізація конструкції, або її елементів [2].

За наявності результатів базових досліджень, проведених для однакових умов кріплення та схем навантаження конструкції, здійснюється перехід до завдання оптимізації. Для цього необхідно:

- визначити мету оптимізації;
- визначити змінні проектування, для яких слід явно встановити граничні значення;
- визначити обмеження мінімум на одну характеристику виробу (обмеження можуть відповідати різним типам завдань);
- вказати варіант ітераційного процесу що забезпечує мінімізацію числа проміжних розрахунків;
- при розв'язанні задачі комплексної оптимізації для моделей, що входять до неї, повинен використовуватися однаковий матеріал.

Виконання вищезазначених етапів, за допомогою CAD програм 3D-моделювання дає можливість досягти необхідних результатів, встановити оптимальні геометричні форми при цьому не витрачаючи кошти на виготовлення великої кількості діючих фізичних експериментальних моделей [3, 4]. Отже, CAD програми 3D-моделювання, це перспективний напрямок для наукових досліджень, проведення віртуального комп’ютерного аналізу та розв’язку оптимізаційних задач.

## Список використаних джерел

1. Сподоба, М. О., & Сподоба, О. О. (2024). Осліджeння розповсюдження потоків субстрату у біогазовому реакторі циліндричної форми.

2. Loveikin V.S., Romasevich Yu.O., Spodoba O.O., Loveykin A.V., Pochka K.I. (2023).Optimization of the mode of movement of the boom system of the loader crane. Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles. Issue 111. P. 223-236. DOI: 10.32347/2410- 2547.2023.111.223-236.

3. Loveikin V., Spodoba O., Spodoba M., Romasevych Y. Research of dynamics of hydraulic drive with a hydraulic distributor. TEKA. Quarterly journal of agri-food industry. Rzeszow- Lviv, 2019, Vol. 19, No. 3, P. 45-54.

4. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О., Сподоба О. О. Оптимізація режимів руху кранаманіпулятора з гідроприводом: монографія. К.: ЦК «КОМПРІНТ», 2021. 262 с.

**УДК 621.86**

# РОЗРАХУНОК ДЕМФЕРА КІНЦЕВОГО ПОЛОЖЕННЯ ЛАНОК МЕХАНІЗМУ

**О. О СПОДОБА,** Ph.D,
**М. О. СПОДОБА,** Ph.D
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* sp1309@ukr.net

Промислові амортизатори використовуються, як компоненти демфуючих механізмів зупинки в кінцевих положеннях елементів маніпуляційної системи промислових роботів [1] або елементів верстатів та вантажів на конвеєрних лініях завдяки плавному уповільненню їх переміщення із мінімальним перевантаженням та мінімальною силою протидії.

В більшості випадків використовуються гідравлічні або гідро-пневматичні амортизатори, які характеризуються використанням новітніх та інноваційних технологій. В їх конструкції за часту присутні такі елементи, як поршнева трубка, еластична чи гофрована діафрагма. В свою чергу, безумовно такі механізми задовольняють потребам довгої тривалості роботи та надійності, з поглинанням енергії. Вони здебільшого мають невеликі габаритні розміри при значній енергопоглинальній здатності.

Але при всій їх позитивних характеристиках дані механізми потребують високоточного обладнання для їх виготовлення. Відповідно, затрати праці та енергетичних ресурсів впливають на кінцеву собівартість виготовлення даних механізмів.

В даній роботі пропонується в якості демфера використовувати механічний пружний елемент, який може мати форму як витої циліндричної, конічної або листової пружини. Даний елемент можна використовувати для оптимізації перехідних режимів руху ланок маніпуляційних голономних систем [2, 3].

В якості прикладу розглянемо випадок переміщення голономної маніпуляційної системи з масою m=10 кг, швидкістю переміщення V=2 м/с, максимальним переміщенням пружного елементу h=0,1 м.

Визначимо кінетичну енергію пружного елементу:

$$Ek = \frac{1}{2} mV^2; \quad (1)$$

Відповідно потенціальна енергія пружного елементу буде дорівнювати:

$$En = \frac{c \cdot h^2}{2}; \quad (2)$$

де: с - жорсткість пружного елементу, Н/м.

В подальшому провівши розрахунки та обравши необхідні параметри пружного елементу отримаємо пружний елемент з характеристикою наведеною на рис. 1.

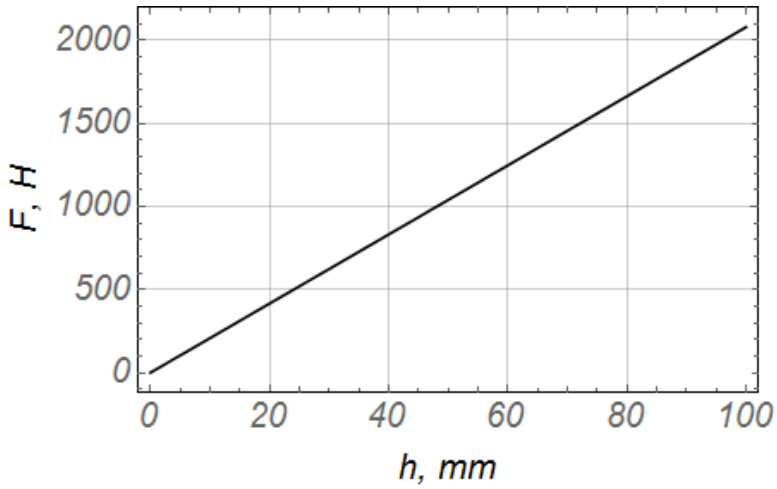



Рис. 1. Залежність зміни зусилля пружини від переміщення

Визначимо час переміщення пружного елементу за наступною залежністю:

$$tc = \frac{h}{V}; \tag{3}$$

Визначимо прискорення за наступною залежністю:

$$ac = \frac{V}{tc}; \tag{4}$$

Визначимо величину перевантаження за наступною залежністю:

$$g = \frac{ac}{9{,}81}; \tag{5}$$

Із проведених розрахунків видно, що час стикання пружного елементу під дією навантаження становить 0,05 с. При цьому прискорення на початку руху становить 40 м/с$^2$. А при поглинанні енергії пружними елементом при стисканні перевантаження становить всього 4g.

## Список використаних джерел

1. Loveikin V., Romasevych Yu., Spodoba O., Loveikin A., Pochka K. Mathematical model of the dynamics change departure of the jib system manipulator with the simultaneous movement of its links. Strength of Materials and Theory of Structures. 2020. Issue 104. P. 175-190. DOI: 10.32347/2410-2547.2022.108.267-282.

2. Loveikin V.S., Romasevich Yu.O., Spodoba O.O., Loveykin A.V., Pochka K.I. (2023).Optimization of the mode of movement of the boom system of the loader crane. Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles. Issue 111. P. 223-236. DOI: 10.32347/2410- 2547.2023.111.223-236.

3. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О., Сподоба О. О. Оптимізація режимів руху кранаманіпулятора з гідроприводом: монографія. К.: ЦК «КОМПРІНТ», 2021. 262 с.

**УДК 621.873.11**

# ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОПТИМАЛЬНОГО ЗА ШВИДКОДІЄЮ РУХУ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ БАШТОВОГО КРАНА

**Ю. О. РОМАСЕВИЧ**, д.т.н., проф.,
**Я. С. ГУБАР**, аспірант,
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* romasevichyuriy@ukr.net, yarik252@meta.ua

Основною метою проведення експериментальних досліджень є практична перевірка достовірності теоретичних розрахунків стосовно оптимального за швидкодією руху механізму повороту баштового крана їх на лабораторній установці (рис. 1), при яких коливання вантажу мають бути відсутні.

Для проведення дослідження було розроблено дванадцять варіантів експериментів з параметрами які варіюються - це виліт стріли, довжина гнучкого підвісу та маса вантажу.

Рис. 1. Лабораторна установка баштового крана з навішеним вантажем

Практична перевірка теоретичних результатів здійснена за допомогою написаного коду в системи програмування ArduinoUNO.

Кут відхилення вантажу відносно стріли визначався за допомогою потенціометра [1] та підключеного до нього модуля 18-бітного АЦП [2] для більш точного відображення даних.

В результаті проведення експерименту підтверджено, що теоретичні дані задовольняють умови роботи системи та відсутність коливань вантажу наприкінці руху системи.

**Список використаних джерел**

1. Резистор змінний B10K потенціометр WH148 15мм [Доступ 04.02.2025]
2. Модуль 18-бітного дельта-сігма АЦП на MCP3421 [Доступ 04.02.2025]

**УДК 629.359, 681.513.1**

# СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ В РЕЖИМІ СТАБІЛІЗАЦІЇ СВОГО ПОЛОЖЕННЯ

**Ю. О. РОМАСЕВИЧ**, д.т.н., проф.,
**О. Ю. ЗАРІВНИЙ**, аспірант, e-mail:
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* romasevichyuriy@ukr.net, Alex-zar@ukr.net

Розроблений пристрій для транспортування малогабаритних вантажів є нестійкою динамічною системою і потребує постійного керуючого впливу для збереження рівноваги, тому постає питання синтезу оптимального керування рухом пристрою в режимі стабілізації свого положення.

Для розробленої математичної моделі пристрою [1] в якості керуючого впливу обрано кут відхилення механізму балансування $\beta$. Наступне диференціальне рівняння пов'язує керування $\beta$ з кутом нахилу пристрою $\alpha$:

$$\begin{aligned}&\left(I_{lк}+I_{кк}\right)\cdot\ddot{\alpha}+m_1\cdot\left(\ddot{x}_{c1}\cdot\left[l+\frac{c}{2}+r\cdot\left(1-\cos(\beta)\right)\right]-\right.\\&\left.-\left[l+\frac{c}{2}+r\cdot\left(1-\cos(\beta)\right)\right]\cdot\alpha(t)\cdot\left[l+\frac{c}{2}+r\cdot\left(1-\cos(\beta)\right)\right]\right)=\\&=-\left(m_1\cdot\left(-\alpha(t)\cdot\left[l+\frac{c}{2}+r\cdot\left(1-\cos(\beta)\right)\right]\right)+m_к\cdot\frac{D}{2}\cdot\alpha(t)\right)\cdot g;\end{aligned}\qquad(1)$$

де $I_{lк}$ – момент інерції рами відносно точки контакту з поверхнею; $I_{кк}$ – момент інерції колеса відносно точки контакту з поверхнею; $m_1$ – маса рами; $m_к$ – маса колеса; $x_{c1}$, $\ddot{x}_{c1}$ – координата центра ваги рами пристрою та її друга похідна по часу; $l$ – відстань від рами до точки контакту колеса з землею; $c$ – висота рами; $r$ – радіус кривошипа; $D$ – висота колеса; $\alpha, \ddot{\alpha}$ – кут нахилу пристрою та його друга похідні по часу; $\beta$ - кут відхилення механізму балансування.

Метою розробки оптимального керування є збереження стійкості пристрою з оптимальним режимом роботи приводу механізму балансування. В якості показника ефективності режиму роботи, введено квадратичний

інтегральний критерій оптимізації. Він характеризує плавність регулювання, забезпечує мінімальні кутові швидкості і відхилення пристрою та механізму балансування на всьому проміжку регулювання:

$$K_I = \sqrt{\frac{1}{T}\cdot\int_0^T\left(\delta_1\cdot\left(\frac{\alpha(t)}{|\alpha_0|}\right)^2+\delta_2\cdot\left(\frac{\dot\alpha(t)}{|\dot\alpha_0|}\right)^2+\delta_3\cdot\left(\frac{\beta(t)}{|\alpha_0|}\right)^2\delta_4\cdot\left(\frac{\dot\beta(t)}{|\dot\alpha_0|}\right)^2\right)dt}; \qquad (2)$$

де $T$ – час регулювання пристрою;

Для зведення критерію (2) до безрозмірної величини, значення $\alpha(t)$, $\dot\alpha(t)$, $\beta(t)$, $\dot\beta(t)$ поділено на початкові умови. Коефіцієнти $\delta_1$, $\delta_2$, $\delta_3$, $\delta_4$, відображають різну ступінь важливості показників.

Для забезпечення умови збереження рівноваги пристрою, застосовано термінальний критерій наступного вигляду:

$$K_T = \begin{cases} \left(\left|\frac{\alpha(T)}{\alpha_0}\right|+\left|\frac{\dot\alpha(T)}{\dot\alpha_0}\right|+\left|\frac{\beta(T)}{\alpha_0}\right|+\left|\frac{\dot\beta(T)}{\dot\alpha_0}\right|\right)\cdot\sigma_T, \textit{якщо}: \\ |\alpha(T)|>\Delta\alpha\cup|\dot\alpha(T)|>\Delta\dot\alpha\cup|\beta(T)|>\Delta\beta\cup|\dot\beta(T)|>\Delta\dot\beta; \\ 0, \textit{якщо}: |\alpha(T)|\le\Delta\alpha\cap|\dot\alpha(T)|\le\Delta\dot\alpha\cap|\beta(T)|\le\Delta\beta\cap|\dot\beta(T)|\le\Delta\dot\beta, \end{cases} \qquad (3)$$

де $\alpha(T)$, $\dot\alpha(T)$– значення кута нахилу пристрою і його першої похідної по часу, в момент часу $T$; $\beta(T)$, $\dot\beta(T)$– значення кута нахилу пристрою і його першої похідної по часу, в момент часу $T$; $\Delta\alpha$, $\Delta\dot\alpha$, $\Delta\beta$, $\Delta\dot\beta$– допустимі значення кутів ( $\Delta\alpha=\Delta\beta=0{,}001$рад; $\Delta\dot\alpha=\Delta\dot\beta=0{,}001$рад/с) і кутових швидкостей пристрою в момент часу $T$ ($T$=0,5с); $\sigma_T$– ваговий коефіцієнт ($\sigma_T=10^8$), який вказує на важливість мінімізації термінального критерію, тобто забезпечення крайових умов. Загальний критерій оптимізації, який потребує мінімізації, знаходиться як сума інтегрального і термінального критеріїв:

$$K_{заг} = K_T + K_I \to \min. \qquad (4)$$

де $K_T$, $K_I$– термінальний і інтегральний критерій відповідно.

Для забезпечення оптимального керування необхідно задати характер зворотного зв'язку, тобто вибрати тип регулятора. В даному випадку було розглянуто ПІД-регулятор (5), та його частинний випадок ПІ-регулятор:

$$\beta = k_1\cdot\alpha(t)+k_2\cdot\int\alpha(t)dt+k_3\cdot\dot\alpha(t), \qquad (5)$$

де $k_1$, $k_2$, $k_3$ – відповідно пропорційний, інтегральний та диференціальний коефіцієнти регулятора.

Для застосування оптимізаційних алгоритмів розроблено цільову MISO-функцію, входами якої є коефіцієнти регуляторів ($k_1$, $k_2$, $k_3$), а виходом – значення критерію оптимізації ($K_{заг}$).

Для оптимізації коефіцієнтів ПІ- ($k_1$, $k_2$) та ПІД- ($k_1$, $k_2$, $k_3$) регуляторів застосовано модифікований метод рою часточок VTC-PSO [2]. Проведено мінімізацію цільової функції для 11 конфігурацій вагових коефіцієнтів інтегрального критерію.

Проведено оцінку отриманих результатів за показниками максимального кутового прискорення нахилу пристрою для ПІ-регулятора ($\ddot{\alpha}_{\max}$ =1,10·10$^4$...5,79·10$^5$ рад/с$^2$), максимального кутового прискорення механізму балансування ($\ddot{\beta}_{\max}$ =2,32·10$^4$...1,22·10$^6$ рад/с$^2$) та їх середньоквадратичні значення ($\ddot{\alpha}_{RMS}$ =2,02·10$^2$…8,18·10$^3$ рад/с$^2$; $\ddot{\beta}_{RMS}$ = 4,27·10$^2$…1,73·10$^4$ рад/с$^2$). Також проведено оцінку часу регулювання ($t_{рег}$=0,058…0,105 с). Введення диференційної складової (ПІД-регулятор) зменшило показники максимальних ($\ddot{\beta}_{\max}$ 6…1021 у разів; $\ddot{\alpha}_{\max}$ у 6…1026 разів) та середньоквадратичних ($\ddot{\beta}_{RMS\,y}$ 3…108 разів; $\ddot{\alpha}_{RMS}$ у 3…187 разів) кутових прискорень. Час регулювання при цьому збільшився на 0,001…0,052 с.

Обрано найкращий розв’язок задачі для ПІ- та ПІД-регуляторів, які відповідають мінімальним значенням показників кутових прискорень та тривалості регулювання (0,058 с – для ПІ-регулятора та 0,111 с для ПІД-регулятора). Такі результати досягнуто при коефіцієнтах ПІ-регулятора: $k_1$=-2,133, $k_2$=-1,744, та коефіцієнтах ПІД-регулятора: $k_1$=-2,113, $k_2$=-1,747, $k_3$=-4,92·10$^{-6}$. Серед найкращих розв’язків показники кутових прискорень менші при застосуванні ПІД-регулятора. У 20 разів кращі показники максимальних кутових прискорень, у 4,8 рази кращі показники середньоквадратичних кутових прискорень. Час регулювання при цьому незначною мірою збільшився на 0,053 с.

Проведена робота дозволить використати отримані результати для експериментальної перевірки роботи розроблених регуляторів стабілізації пристрою для переміщення малогабаритних вантажів.

## Список використаних джерел

1. Loveikin, V., Romasevych, Yu., & Zarivnyi, O. (2024). Development of a mathematical model of stabilisation of device for small-sized cargo transportation. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 20(4), 57-71. doi: 10.31548/dopovidi/3.2024.57.

2. Romasevych Y., Loveikin V., Loveikin Yu. (2022). Development of a PSO Modification with Varying Cognitive Term. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology, Kharkiv, Ukraine, 2022. doi: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916413.

**УДК 621.87**

# ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

**В. С. ЛОВЕЙКІН**, д.т.н., проф.,;
**А. П. ЛЯШКО**, к.т.н., доц.,
**Н. С. СТЕЛЬМАХ**, студент
***Національний університет біоресурсів природокористування України***
net

Гвинтові конвеєри мають широке застосування в різних галузях сучасного виробництва, зокрема сільськогосподарського, при транспортуванні зернових матеріалів. Під час пуску гвинтового конвеєра в елементах приводу та гвинтового валу спостерігаються динамічні перевантаження, тому виникла потреба в більш детальному дослідженні динамічних процесів в елементах гвинтового конвеєру на цій ділянці руху за методикою розробленою в роботі [1].

Для дослідження динаміки руху гвинтового конвеєра при транспортуванні зернових матеріалів розроблено його двомасову динамічну модель, в якій враховано інерційні та пружні характеристики конвеєра.. В представленій моделі в якості зведених обертальних мас використані обертальні маси приводу та гвинта з вантажем. Таку динамічну модель гвинтового конвеєра представлено як механічну систему з двома ступенями вільності. За узагальнені координати моделі використані кутові координати відповідно першої $\varphi_1$ та другої $\varphi_2$ зведених мас. Крім того, в цій моделі прийняті такі позначення: $J_{П1}$ та $J_{П2}$ - зведені моменти інерції відповідно першої та другої мас; $M_{П1}$ та $M_{П2}$ - зведені моменти сил першої та другої частин гвинтового конвеєра (перша частина відображає привод, а друга – робочий орган з вантажем ; $C_n$ - коефіцієнт жорсткості пружного елемента, що з'єднує обертальні маси приводу і робочого органу з вантажем.

На основі розробленої динамічної моделі побудовано математичну модель гвинтового конвеєра. При побудові математичної моделі застосуємо принципом Даламбера, в результаті чого отримано систему двох нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку, в якій нелінійність досягнена за рахунок рушійного моменту, який для асинхронного електродвигуна визначається за формулою Клосса. В результаті чого отримано таку систему диференціальних рівнянь:

$$J_{n1}\ddot{\varphi}_1 = M_{n1} - c(\varphi_1 - \varphi_2);$$
$$J_{n2}\ddot{\varphi}_2 = c(\varphi_1 - \varphi_2) - M_{n2}.$$

В результаті чисельного розв'язування системи нелінійних диференціальних

рівнянь розраховані кінематичні, динамічні та енергетичні характеристики гвинтового конвеєра для транспортування зернових матеріалів. На рис.1 наведено графічну залежність зміни моменту в пружному елементі, що з'єднує приводний механізм з робочим органом гвинтового конвеєра.

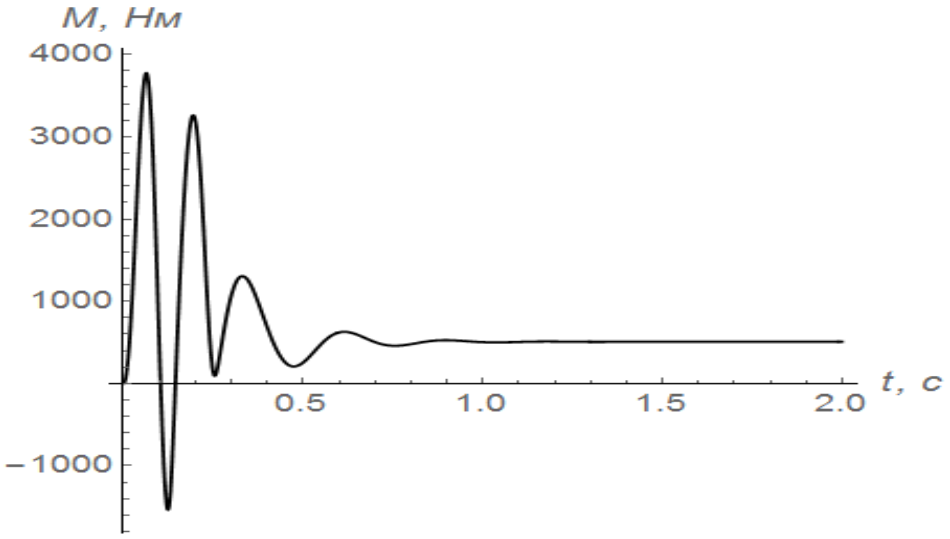



Рис.1. Графік зміни моменту в пружному елементі, що з'єднує привод з робочим органом конвеєра

З рис.1 видно, що на початку руху максимальне значення моменту в пружному елементі, що з'єднує зведені маси динамічної моделі, становить 3800 Нм, а під час усталеного руху воно становить не більше 600 Нм. Така зміна пружного моменту дає можливість побачити, що його максимальне значення в 6,3 рази перевищує усталене значення. Наведена графічна залежність показує на наявність коливань та значне перевантаження приводного механізму в процесі пуску гвинтового конвеєра при транспортуванні зернового матеріалу.

Для зменшення коливань в елементах приводного механізму та робочого органу гвинтового конвеєра в процесі пуску необхідно цілеспрямовано вибирати режим руху приводу. Одним із шляхів досягнення поставленої мети є проведення оптимізації режиму пуску гвинтового конвеєру з використанням інтегральних динамічних критеріїв, що мінімізують коливальні процеси в елементах приводного механізму та робочого органу. Прикладом такої оптимізації може бути оптимізація режиму одночасного пуску кранових механізмів з гнучким підвісом вантажу [2].

## Список використаних джерел

*Loveikin V., Romasevych Y., Loveikin A., Liashko A., Pochka K.* Dynamic analysis of the simultaneous starting of the boom and load lifting mechanisms hoisting for the jib

and the cargo of the jib crane a hydraulic for drive. *Journal Strength of Materials and Theory of Structures,* 2024, №113, pp. 149-160.
*Loveikin, V., Romasevich, Y., Loveikin, A., & Khoroshun, A.* (2023). Optimizing the

**УДК 621.87**

# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СУМІСНОГО РУХУ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕСУВАННЯ ВІЗКА ТА ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ КОЗЛОВОГО КРАНА ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ДОВГОМІРНИХ ДЕРЕВНИХ МАТЕРІАЛІВ

**В. С. ЛОВЕЙКІН**, д.т.н., проф., **А. П. ЛЯШКО**, к.т.н., доц.,
**М. М. КОРОБКО**, к.т.н., доц. **С. С. ЛИШЕНЬ**, аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

При проведені досліджень сумісного руху механізмів підйому вантажу та переміщення візка козлового крана при транспортуванні довгомірних деревних матеріалів враховано основний рух приводних механізмів, а також відхилення від вертикалі гнучкого підвісу вантажу та деформацію каната механізму підйому, що намотується на барабан. В цьому випадку динамічну модель одночасного руху механізмів підйому вантажу та переміщення візка представлено механічною системою з чотирма ступенями вільності. За узагальнені координати такої системи прийняті наступні координати: $x,\ y-$ горизонтальна та вертикальна координати центру мас вантажу; $x_1-$ горизонтальна координата центру мас віка; $\varphi-$ кутова координата повороту барабана механізму підйому вантажу. В якості рушійних сил для такої механічної системи сумісного руху механізмів використані рушійні моменти приводів підйому вантажу $M$ та переміщення візка $M_1$ зведені відповідно до осей приводного барабану та приводного колеса візка.

Для такої динамічної моделі сумісного руху механізмів підйому вантажі да переміщення візка за допомогою рівнянь Лагранжа другого роду побудовано математичну модель, яка представлена системою чотирьох нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку:

$$\varphi=M-Crh;\quad m1x1=M1r1+Cnhx-x1u-F0;$$
$$x=-Cnhx-x1u;\quad my+g=-Cnhyu. \qquad (1)$$

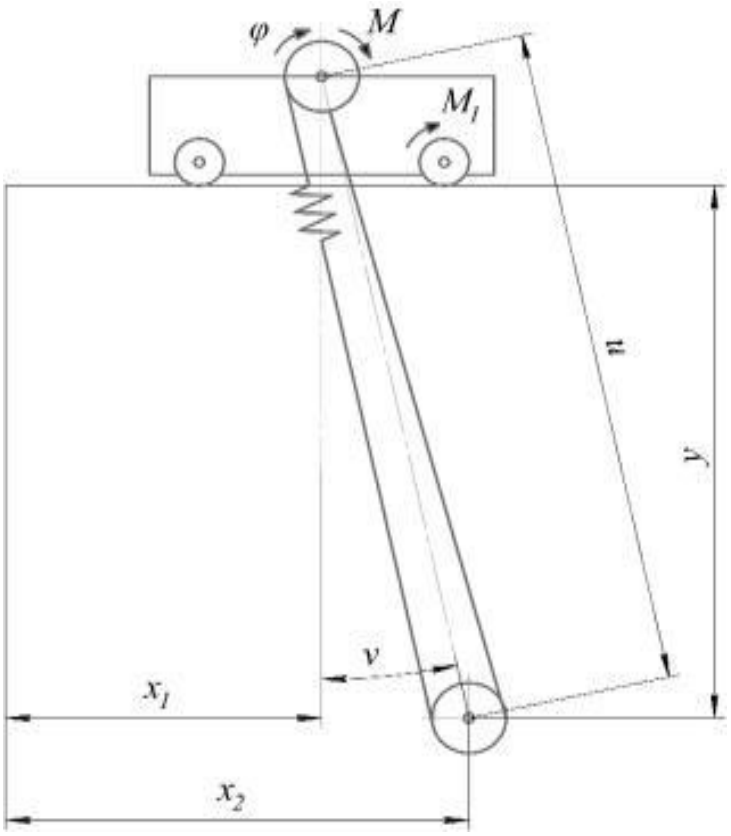



Рис.1. Динамічна модель руху механізмів підйому вантажу та переміщення візка

В системі рівнянь (1) прийняті такі позначення: $J-$ зведений до осі приводного барабану момент інерції елементів приводу механізму підйому вантажу; $m-$ маса вантажу; $m_1-$ зведена маса візка з урахуванням інерційних властивостей приводного механізму; $C-$ коефіцієнт жорсткості канату поліспасту механізму підйому вантажу; $n-$ кратність поліспасту; $u-$ довжина гнучкого підвісу вантажу; $h-$ деформація канату механізму підйому вантажу; $g-$ прискорення вільного падіння; $r$ – радіус приводного барабану механізму підйому вантажу; $r_1-$ радіус приводного колеса візка; $u_0-$ початкова довжина гнучкого підвісу вантажу; $F_0-$ сила опору переміщенню візка.

Параметри $u$ і $h$ визначаються наступними залежностями:

$$x-x12+x2;\ h=qr-u0-un \quad (2)$$

Для козлового крана при підйомі довгомірної деревини та переміщенні візка розв'язані чисельним методом за допомогою комп'ютерної програми нелінійні рівняння (1) з урахуванням виразів (2). В результаті отриманого розв'язку згідно методики, наведеної в роботі [1], визначені кінематичні, динамічні та енергетичні характеристики механізму підйому вантажу при переміщенні візка.

На рис.2 наведено графічну залежність зміни зусилля в канаті механізму підйому вантажу при набіганні на барабан.

З отриманого графіка (рис.2) видно, що на початку пуску механізму підйому вантажу спостерігаються інтенсивні коливання засилля в канаті, які з часом затухають. При цьому максимальне значення зусилля в канаті досягає 70

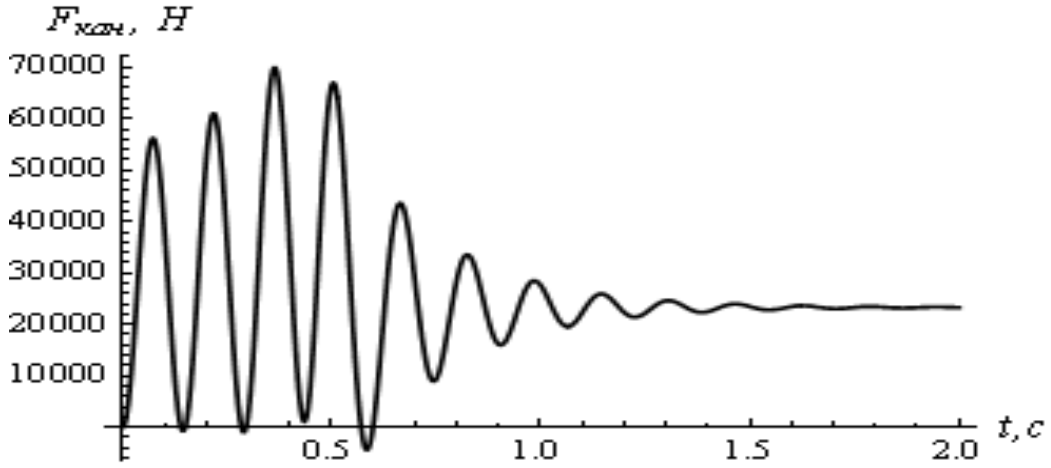



Рис.2. Графік зміни зусилля в канаті механізму підйому вантажу

кН, яке втричі перевищує усталене значення. Це вказує на те, що механізм підйому вантажу на ділянці пуску працює зі значним перевантаженням. Тут максимальне значення зусилля в канаті в 2,8 рази перевищує усталене значення.

**Список використаних джерел**

Loveikin V., Romasevych Y., Loveikin A., Liashko A., Pochka K. Dynamic analysis of the simultaneous starting of the boom and load lifting mechanisms hoisting for the jib and the cargo of the jib crane a hydraulic for drive. Journal Strength of Materials and Theory of Structures, 2024, №113, pp. 149-160.

**УДК 621.873**

## АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ВИЛЬОТУ СИСТЕМИ «ВІЗОК-ВАНТАЖ» ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПІДВІСУ ВАНТАЖУ ОДИНАРНИМ ТА ПОДВІЙНИМ МАТЕМАТИЧНИМИ МАЯТНИКАМИ

**В. С. ЛОВЕЙКІН**, д.т.н., проф.
**Ю. О. РОМАСЕВИЧ**, д.т.н., проф.;;
**О. СТЕХНО**, PhD,
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Актуальними залишаються питання дослідження динамічних навантажень в елементах механізмів баштових кранів, зокрема у системі «візок-вантаж». В цій системі коливання закріпленого на гнучкому підвісі вантажу на певних етапах руху може моделюватися в формі подвійного математичного маятнику, що має вплив на достовірність отриманих результатів при виконанні динамічного аналізу.

При виконанні досліджень в прийнятій динамічній моделі системи коливання вантажу на гнучкому підвісі представимо моделлю у формі

подвійного математичного маятнику. Така динамічна модель представлена на рис. 1 [1].

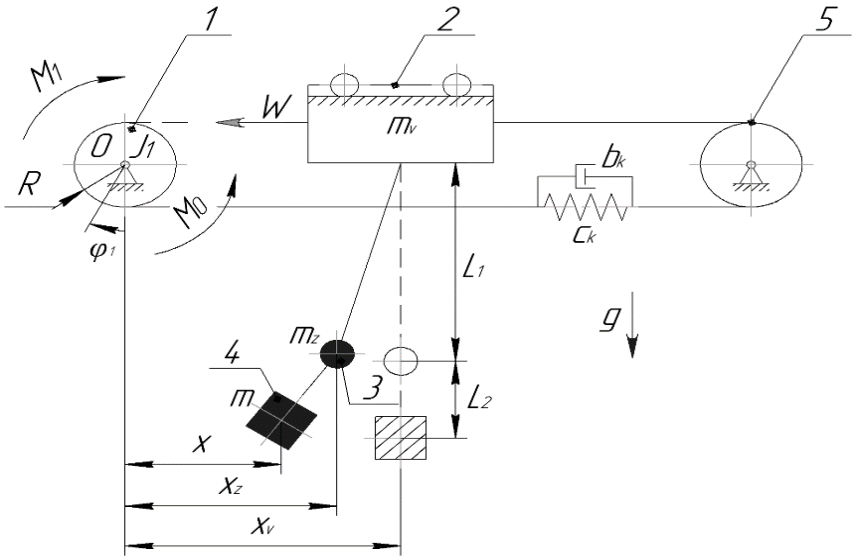



Рис. 1. Розрахункова динамічна модель системи «візок-вантаж»

На рис. 1 використано наступні позначення: *1* – канатний барабан приводу механізму переміщення вантажного візка; *2* – вантажний візок; *3* – захватний пристрій (гакова підвіска); *4* – вантаж; *5* – канатний блок; $R$ – радіус канатного барабану; $L_1$ та $L_2$ – відповідно довжини гнучкого підвісу захватного пристрою та вантажу; $W$ – зведена сила статичного опору переміщення вантажного візка; $J_1$ –зведений до осі приводного барабану момент інерції приводу механізму візка; $m_v$, $m_z$ та $m$ – зведені маси вантажного візка, захватного пристрою та вантажу відповідно; $c_k$ та $b_k$ –зведені коефіцієнти жорсткості та демпфування тягового канату; $g$ – прискорення вільного падіння; $\varphi_1$ – кутова координата повороту канатного барабану; $x_v$, $x_z$ та $x$ – узагальнені лінійні координати переміщення центрів мас вантажного візка, захватного пристрою та вантажу відповідно; $M_1$ $M_0$ – зведені до канатного барабану відповідно рушійний момент приводу електродвигуна та момент від сили статичного опору переміщення візка.

Рушійний момент приводу визначається за рівнянням статичної механічної характеристики електродвигуна [1]:

$$M_1 = \frac{2 \cdot M_{MAX} \cdot U \cdot \eta}{\dfrac{\omega_0 - \dot{\varphi}_1 \cdot U}{\dfrac{\omega_0}{s_{kr}} + \dfrac{s_{kr}}{\dfrac{\omega_0 - \dot{\varphi}_1 \cdot U}{\omega_0}}}}, \qquad (1)$$

де $M_{MAX}$ – максимальний обертовий момент електродвигуна; $U$ – загальне передавальне число приводу; $\eta$ – ККД приводу; $\omega_0$ – кутова швидкість ідеального холостого ходу електродвигуна; $s_{kr}$ – критичне ковзання електродвигуна [1].

Рух у часі представленої на рис 1, динамічної моделі, описується за допомогою системи диференційних рівнянь:

$$\begin{cases} J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 = M_1 - M_O - c_k \cdot (\varphi_1 \cdot R - x_v) \cdot R - b_k \cdot (\dot{\varphi}_1 \cdot R - \dot{x}_1) \cdot R; \\ W + m_v \cdot \ddot{x}_v = c_k \cdot (\varphi_1 \cdot R - x_v) + b_k \cdot (\dot{\varphi}_1 \cdot R - \dot{x}_v) - m \cdot \dfrac{g}{L_1} \cdot (x_v - x); \\ m_z \cdot \ddot{x}_z - m_z \cdot \dfrac{g}{L_1} \cdot (x_v - x) + m \cdot \dfrac{g}{L_2} \cdot (x_v - (x_z - x)) = 0; \\ m \cdot \ddot{x} - m \cdot \dfrac{g}{L_2} \cdot (x_v - (x_z - x)) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Оскільки рух системи починає відбуватися у кінці другого етапу $t = t_2$, тоді початкові умови для системи диференційних рівнянь (2) мають вигляд [1]:

$$\begin{cases} \varphi_1(t_2) = \omega \cdot (t_1 - t_2); \\ \dot{\varphi}_1(t_2) = \omega; \\ x_v(t_2) = \dot{x}_v(t_2) = x_z(t_2) = \dot{x}_z(t_2) = x(t_2) = \dot{x}(t_2) = 0. \end{cases} \quad (3)$$

де $\omega$ – кутова швидкість обертання канатного барабану; $t_1$ – тривалість першого етапу руху механізму (вибір слабини тягового канату).

Для порівняння отриманих результатів чисельних інтегрувань, наведемо математичну модель, у якій коливання закріпленого на гнучкому підвісі вантажу описуються у формі одинарного математичного маятнику. Такі рівняння руху із відповідними до них початковими умовами виглядають наступним чином [1]:

$$\begin{cases} \begin{cases} J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 = M_1 - M_O - c_k \cdot (\varphi_1 \cdot R - x_v) \cdot R - b \cdot (\dot{\varphi}_1 \cdot R - \dot{x}_1) \cdot R; \\ W + m_v \cdot x_v = c_k \cdot (\varphi_1 \cdot R - x_v) + b_k \cdot (\dot{\varphi}_1 \cdot R - \dot{x}_v) - m \cdot \dfrac{g}{L} \cdot (x_v - x); \\ \ddot{x} = \dfrac{g}{L} \cdot (x_v - x). \end{cases} \\ \varphi_1(t_2) = \omega \cdot (t_1 - t_2); \\ \dot{\varphi}_1(t_2) = \omega; \\ x_v(t_2) = \dot{x}_v(t_2) = x(t_2) = \dot{x}(t_2) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

У системі диференційних рівнянь (4) довжина гнучкого підвісу $L$ виражається наступним чином: $L = L_1 + L_2$, а до маси вантажу $m$ додається маса захватного пристрою $m_z$. Чисельний розв'язок системи диференційних рівнянь (4) здійснено за наступними параметрами: $P_{пот}$ = 180 Вт; $U$ = 20; $R$ = 0,065 м; $W$ = 35 Н; $J_1$ = 256 кг · м$^2$; $L_1$ = 0,7 м; $L_2$ = 0,5 м; $\eta$ = 0,85; $M_0$ = 0,19 Нм; $m_v$ = 6 кг; $m_z$ = 6 кг; $m$ = 13 кг; $c_k$ = 8.25 · 10$^3$ Н/м; $b_k$ = 75.3 Н · с/м; $g$ = 9,81 м/с$^2$; $\omega_{пот}$ = 143,3 рад/с; $\omega_0$ = 157,0 рад/с; $\omega$ = 7,1 рад/с.

В результаті розв'язування систем диференційних рівнянь (3) та (4), отримано графічні залежності, що відповідають коливанням гнучкого підвісу при моделюванні одинарним і подвійним математичним маятником, а також наведена залежність отримана експериментальним шляхом (рис. 2):

З аналізу графічних залежностей (рис 2) можна зробити наступні висновки: величина похибки максимального відхилення від вертикалі гнучкого підвісу вантажу під час першої секунди руху системи при порівнянні експериментальних даних з теоретичними з моделлю коливань подвійного ма-

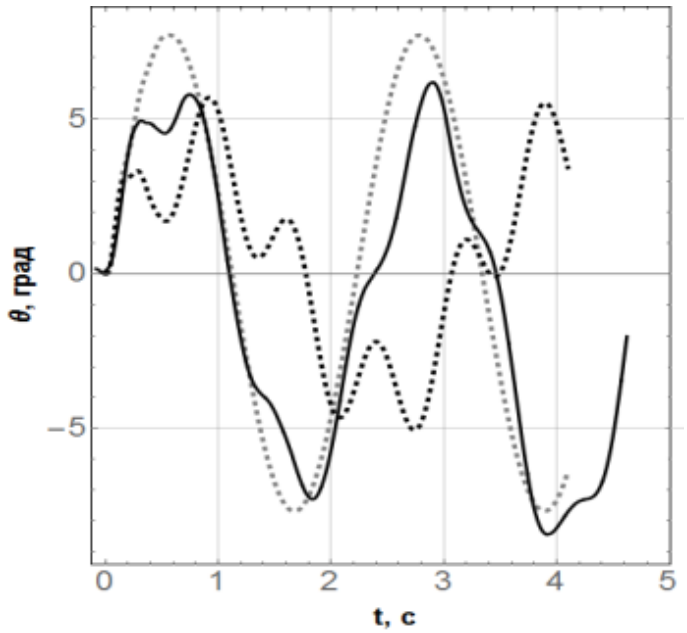



Рис. 2. – Графічні залежності відхилення від вертикалі тягового канату із вантажем: сіра пунктирна крива - одинарний математичний маятник; чорна пунктирна крива - подвійний математичний маятник; чорна суцільна крива експериментальна залежність

тематичного маятнику становить 0,5 %, а з моделлю одинарного маятника - 20 %. Після першої секунди руху системи, значення похибки при порівнянні експериментального значення із аналогічним показником, отриманим з моделлю подвійного математичного маятнику становить 28.5 % і 13.3 % з моделлю одинарного математичного маятнику. Тому гнучкий підвіс вантажу на початку руху доцільно моделювати математичним маятником, а у подальшому русі, моделлю одинарного маятника.

## Список використаних джерел

1) В. С. Ловейкін, Ю. О. Ромасевич, О. В. Стехно. Порівняльний аналіз динаміки зміни вильоту вантажу баштового крана з одинарним та подвійним математичним маятниками. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування Вип. 2. 2024. С. 42-50. DOI: 10.20998/2078-6840.2024.2.05.

**УДК 621.873**

# МОДИФІКАЦІЯ КОМПЛЕКСНОГО ОПТИМАЛЬНОГО ЗАКОНУ РУХУ СИСТЕМИ «ВІЗОК-ВАНТАЖ» БАШТОВОГО КРАНА

**В. С. ЛОВЕЙКІН**, д.т.н., проф.
**Ю. О. РОМАСЕВИЧ**, д.т.н., проф.;;
**О. СТЕХНО**, PhD,
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* lovvvs@ukr.net, romasevichyuriy@ukr.net, AlexeyStekhno1992@ukr.net

Для проведення дослідження використаємо двомасову динамічну модель системи «візок-вантаж», яка представлена на рис. 1 [1].

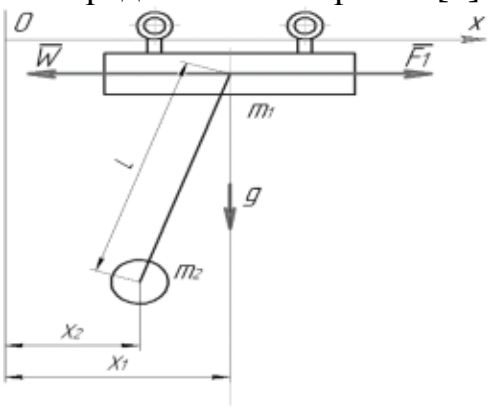



Рисунок 1. Динамічна модель системи «візок-вантаж»

Рух системи (рис. 1) в часі описується диференційними рівняннями [1]:

$$\begin{cases} m_1 \cdot \ddot{x}_1 + m_2 \cdot \ddot{x}_2 = F - W \cdot sign(\dot{x}_1); \\ \ddot{x}_2 + \dfrac{g}{L} \cdot (x_2 - x_1) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де $m_1$ – зведена маса вантажного візка з приводним механізмом; $m_2$ – зведена маса вантажу; $x_1$ та $x_2$ – узагальнені координати центрів мас візка та вантажу відповідно; $g$ – пришвидшення вільного падіння; $L$ – довжина гнучкого підвісу вантажу; $F$ – рушійна сила приводу; $W$ – сила статичного опору, яка протидіє руху вантажного візка [1].

У якості критерію оптимізації обрано інтегральний функціонал, який відображає середньоквадратичне значення швидкості зміни рушійного зусилля:

$$F_{C.K} = \left[ t_1 \int_0^{t_1} \dot{F}_1^{\,2} dt \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

де $t_1$ – тривалість процесу пуску; $\dot{F}_1$ – швидкість зміни рушійного зусилля приводного механізму.

Умовою мінімуму функціоналу (2) є рівняння Ейлера-Пуассона, яке для наведеної системи має наступний вигляд [1]:

$$\overset{X}{x}_2(t) + 2 \cdot k^2 \cdot \overset{VIII}{x}_2(t) + k^4 \cdot \overset{VI}{x}_2(t) = 0, \quad (3)$$

де $k = \sqrt{(1+m_2/m_1)\cdot g/L}$ - частота власних маятникових коливань вантажу відносно точки його підвісу. Розв'язок рівняння (3) виконано за крайових умов [1]:

$$\begin{cases} t=0: x_2=0,\ \dot{x}_2=0,\ \ddot{x}_2=0,\ \overset{V}{\ddot{x}}_2(0)+2\cdot k^2\cdot\ddot{x}_2(0)=0; \\ t=t_1: \dot{x}_2=v_y,\ \ddot{x}_2=0,\ \ddot{x}_2=0; \\ \overset{V}{x}_2(t_1)+2\cdot k^2\cdot\ddot{x}_2(t_1)=0;\ \overset{IX}{x}_2(t_1)+2\cdot k^2\cdot\overset{VII}{x}_2(t_1)+k^4\cdot\overset{V}{x}_2(t_1)=0. \end{cases} \quad (4)$$

Проаналізуємо отримані результати розв'язку рівняння (3) при умовах (4). Для цього знайдено, який описує динамічну складову рушійного зусилля на початку та у кінці керованого режиму руху системи [1]:

$$F_1(0)=F_1(t_1)=\left(6\cdot k^3\cdot L\cdot m_1\cdot v_y\cdot(k\cdot t_1\cdot(2+\cos(k\cdot t_1))-3\cdot\sin(k\cdot t_1))\right)\times$$
$$\times\left(g\cdot(12\cdot(-2+k^2\cdot t_1^{\,2})+6\cdot(4+k^2\cdot t_1^{\,2})\cdot\cos(k\cdot t_1)+k\cdot t_1\cdot(-6+k^2\cdot t_1^{\,2})\cdot\sin(k\cdot t_1)\right)^{-1}. \quad (5)$$

Аналіз отриманої аналітичної залежності (5) показує, що в моменти часу, коли $t = 0$ та $t = t_1$ функція $F_1$ терпить розриви першого роду, які призводять до виникнення небажаних динамічних навантажень коливального характеру на початку та в кінці пуску досліджуваної системи. Для зменшення таких динамічних навантажень у крайових умовах руху (4) зроблено наступні заміни:

$$\begin{cases} \begin{cases} t=0:\ x_2=0,\ \dot{x}_2=0,\ \ddot{x}_2=0,\ \overset{IV}{x}_2=0; \\ t=t_1: \dot{x}_2=v_y,\ \ddot{x}_2=0,\ \ddot{x}_2=0,\ \overset{IV}{x}_2=0. \end{cases} \\ \overset{IX}{x}_2(t_1)+2\cdot k^2\cdot\overset{VII}{x}_2(t_1)+k^4\cdot\overset{V}{x}_2(t_1)=0. \end{cases} \quad (6)$$

Назвемо оптимальний закон руху системи, що знайдений із використанням умов (4), оптимальним законом №1, а інший закон руху системи, що отримано із використанням умов (6), – оптимальним законом №2. Для цих законів руху побудовано графіки функцій рушійного зусилля [1]:

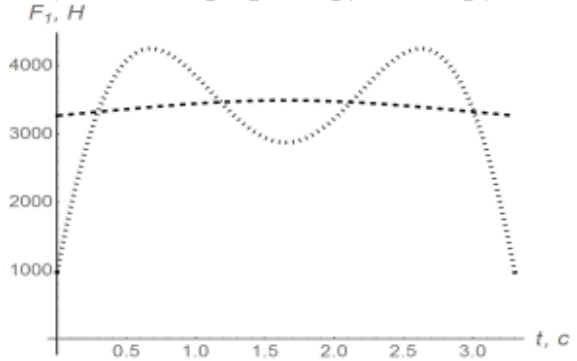



Рисунок 2. Графіки функцій рушійного зусилля для оптимальних законів руху №1 (пунктирна крива) та №2 (штрихова крива)

Аналіз графічних залежностей, які наведені на рис. 2, дає змогу зробити наступні висновки: рушійне зусилля, що відповідає оптимальному закону руху №2, характеризується значно меншими початковим та кінцевим значеннями, що забезпечує більш плавний розгін механізму до усталеної швидкості ніж при оптимальному законі №1. Однак максимальне значення рушійного зусилля, що відповідає оптимальному закону №2, є більшим порівняно з таким же

значенням для закону №1. Оскільки знайдені оптимальні закони руху мають протилежні властивості, то запропоновано виконати синтез оптимального закону руху системи, який би враховував їхні бажані властивості і був би позбавлений небажаних властивостей [1].

Для врахування бажаних властивостей отриманих оптимальних законів руху системи запропоновано комплексний оптимальний закон руху, який представлено в наступному вигляді [1]:

$$x_2^{КОМПЛ.} = \sigma \cdot x_2^{№1} + (1-\sigma) \cdot x_2^{№2}, \quad (7)$$

де $x_2^{№1}$ і $x_2^{№2}$ - функції положення вантажу, які відповідають оптимальним законам №1 і №2 відповідно; $\sigma$ – вагова функція, що визначає вагу оптимального закону №1, її отримано в результаті розв'язку триточкової крайової задачі [1]:

$$\begin{cases} \overset{VII}{\sigma}(t) = 0; \\ \begin{cases} \sigma(0) = 0; \\ \sigma\left(\frac{t_1}{2}\right) = 1, \dot{\sigma}\left(\frac{t_1}{2}\right) = \ddot{\sigma}\left(\frac{t_1}{2}\right) = \dddot{\sigma}\left(\frac{t_1}{2}\right) = \overset{IV}{\sigma}\left(\frac{t_1}{2}\right) = 0; \\ \sigma(t_1) = 0. \end{cases} \end{cases} \quad (8)$$

Розв'язок крайової задачі (8) буде мати наперед задані бажані властивості. У моменти часу $t = 0$ і $t = t_1$ комплексний оптимальний закон руху буде відповідним закону №2. Це означає, що рушійне зусилля не буде мати розривів першого роду на початку і в кінці руху система буде мати плавний режим розгону. Рівність одиниці $\sigma$ в момент часу $t = t_1/2$ означає, що комплексний закон руху буде відповідним оптимальному закону №1. Вищі похідні $\sigma$ в момент часу $t = t_1/2$ забезпечують формування «пологої» функції розв'язку крайової задачі (8). Таким чином, досягається «поширення» бажаних характеристик закону №1 на проміжок часу, що передує моменту $t = t_1/2$ та на той же проміжок, що йде за ним.

Поглиблений аналіз параметрів досліджуваної системи дозволив встановити, що при певній тривалості розгону до усталеної швидкості, ($t_1$ = 3.3 с), величина максимального рушійного зусилля оптимального закону №1 є більшою за аналогічний показник оптимального закону №2, тобто $F_{№1}^{MAX} > F_{№2}^{MAX}$

.

Для того, щоб комплексний оптимальний закон руху у процесі пуску системи використовував мінімальне значення рушійного зусилля, то його вагова функція $\sigma$, повинна описуватись за наступним виразом:

$$\sigma = \begin{cases} -\dfrac{4 \cdot (16 \cdot t^6 - 48 \cdot t^5 \cdot t_1 + 60 \cdot t^4 \cdot t_1^2 - 40 \cdot t^3 \cdot t_1^3 + 15 \cdot t^2 \cdot t_1^4 - 3 \cdot t \cdot t_1^5)}{t_1^6}, \text{ якщо } F_{№1}^{MAX} < F_{№2}^{MAX}; \\ 0, \text{ якщо } F_{№1}^{MAX} > F_{№2}^{MAX}. \end{cases} \quad (9)$$

У разі, якщо $F_{№1}^{MAX} > F_{№2}^{MAX}$, то пуск системи «візок-вантаж» буде відбуватись виключно за оптимальним законом №2.

**Список використаних джерел**

1. В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, О.В. Стехно, Д.І. Муштин. 2023. Наукове обґрунтування і розробка методів динамічного моделювання та режимно-параметричної оптимізації сучасних вантажопідйомних машин. Монографія. ЦП „КОМПРІНТ”. Київ. 458 с.

**УДК 62-50:519.6:620.1**

# ГОМОГЕНІЗАЦІЯ У ТОПОЛОГІЧНІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ: ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИНОБУДІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЧЕРЕЗ МІКРОСТРУКТУРНІ МОДИФІКАЦІЇ

**Р. Р. ПИШКА**, аспірант
**Б. Я. БАКАЙ,** канд. техн. наук, доцент
***Національний лісотехнічний університет України, Львів***
*E-mail:* roman.pyshka@nltu.edu.ua, bakay@nltu.edu.ua

Топологічна оптимізація конструкційних елементів є сучасним напрямом підвищення ефективності виробів машинобудування за рахунок оптимального розподілу матеріалу в межах заданого об’єму. Запропонований у дослідженні метод гомогенізації дає змогу визначати оптимальну структуру матеріалу на мікрорівні шляхом періодичного розподілу малих порожнин у вихідному ізотропному матеріалі. Це забезпечує можливість отримання анізотропних характеристик без необхідності змінювати склад самого матеріалу, що особливо важливо при проєктуванні елементів, що працюють в умовах складного навантаження.

Підхід, заснований на гомогенізації, дає можливість не лише знаходити оптимальні форми конструкцій, але й визначати оптимальний розподіл внутрішніх мікроструктур, що підвищує жорсткість і міцність без суттєвого збільшення маси. Наприклад, у випадку оптимізації форми конструктивних елементів, що працюють на згин, застосування методу гомогенізації дозволяє знизити вагу до 30% без втрати жорсткості, порівняно з традиційними методами оптимізації. Розрахунки підтверджують, що використання матеріалу з мікроструктурами забезпечують зменшення напруження в критичних зонах до 15%, що значно збільшує довговічність виробів. Додатково, аналіз впливу мікропор показує, що їх оптимальне розташування надає змогу рівномірніше розподіляти навантаження, зменшуючи локальні піки напружень до 13-18%.

Практичні результати застосування методу показують, що оптимальна структура матеріалу формується при значенні пористості в межах 25-35%, що забезпечує максимальне співвідношення жорсткості до ваги. Наприклад, для конструкції, що піддається згинальному моменту, зміна розміру мікропор у межах від 0,1 до 0,5 відносних одиниць дозволяє досягти зменшення питомої

маси до 18% при збереженні механічних характеристик. Важливим фактором є також можливість адаптації внутрішньої структури під конкретні типи навантаження, що дає змогу розробляти спеціалізовані матеріали для критичних вузлів машинобудівних конструкцій. Зокрема, проведені експерименти показують, що застосування гомогенізованих структур у несучих елементах дає можливість зменшити деформації при динамічних навантаженнях на 18%, що є важливим фактором у різних галузях.

Дослідження доводять, що застосування методів топологічної оптимізації на основі гомогенізації надає змогу уникнути обмежень, притаманних класичним методам оптимізації форми. Наприклад, використання параметричного представлення меж конструкції значно ускладнює зміну топології під час оптимізаційного процесу, тоді як метод гомогенізації дозволяє здійснювати такі зміни автоматично. Розглянута методика є особливо ефективною для проектування деталей, що зазнають комбінованих навантажень, оскільки забезпечує точно визначити необхідний розподіл матеріалу. У порівнянні з традиційними підходами, застосування топологічної оптимізації дає змогу отримати більш ефективні конструкції, що демонструють підвищення жорсткості до 18% за тих самих габаритів та матеріаловитратах. Крім того, результати підтверджують, що оптимізація мікроструктури сприяє зменшенню чутливості конструкцій до виробничих відхилень, зокрема під час лиття чи адитивного виробництва.

Впровадження розглянутих підходів у сучасні системи комп'ютерного інженерного моделювання (CAE) дозволяє суттєво покращити процес створення нових виробів. Використання чисельних методів у поєднанні з кінцево-елементним аналізом дає змогу не лише знаходити оптимальні форми, але й прогнозувати поведінку виробів у реальних експлуатаційних умовах. Наприклад, аналіз тривимірних моделей, створених за допомогою методу гомогенізації, показує, що рівень напружень у критичних ділянках може бути знижений до 12% за рахунок більш рівномірного розподілу матеріалу. Це відкриває перспективи для застосування даної методики у машинобудуванні, де питання зниження ваги та підвищення міцності є критично важливими. Також перспективним є поєднання топологічної оптимізації з методами штучного інтелекту для прогнозування оптимальних параметрів конструкцій в умовах змінного навантаження.

Таким чином, метод гомогенізації в топологічній оптимізації відкриває нові можливості у проектуванні виробів машинобудування. Його використання надає змогу не лише знизити витрати матеріалу, але й значно підвищити ефективність конструкцій, забезпечуючи оптимальний розподіл навантажень. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення області застосування даного підходу для багатошарових композиційних матеріалів та адаптивних структур, що змінюють свої властивості залежно від експлуатаційних умов. Крім того, перспективним напрямом є розроблення методів багатокритеріальної оптимізації, що дозволить досягти найкращого поєднання ваги, міцності та технологічності виготовлення деталей.

**УДК 531.36:621.865.87:630.371**

# ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ КОМБІНОВАНОГО ТРЕЛЮВАЛЬНОГО УСТАТКОВАННЯ З ВРАХУВАННЯМ РОБОТИ У СКЛАДНИХ ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ

**І. В. РАДЯК**, аспірант
**Б. Я. БАКАЙ,** канд. техн. наук, доцент
***Національний лісотехнічний університет України, Львів***
*E-mail:* ivan.radiak@nltu.edu.ua, bakay@nltu.edu.ua

Моделювання роботи комбінованого трелювального устаткування з врахуванням складних виробничих умов є важливим завданням, що вимагає врахування багатьох аспектів інженерної механіки та взаємодії конструктивних елементів [1]. Сучасні методи проєктування спеціального устаткування для заготівлі деревини ґрунтуються на чисельних розрахунках, які дозволяють визначити параметри роботи устаткування та прогнозувати його експлуатаційну ефективність [2]. Особливе значення має розроблення математичних моделей, що дозволяє оцінити динамічні процеси, які виникають в устаткованні та встановити їхній вплив на навантаження конструктивних елементів трелювального устаткування.

На основі проведеного огляду літератури з’ясовано, що використання рівняння Лагранжа другого роду є одним із варіантів розрахунку динамічних параметрів устаткування для трелювання деревини. В основі такого підходу лежить принцип мінімальної дії, що дозволяє сформувати рівняння стану системи на основі кінетичної та потенціальної енергії її компонентів. Запропонована модель враховує розподілену масу балки стріли, її пружно-дисипативні властивості, а також параметри взаємодії з тяговим канатом і предметом переміщення. Вибір форми коливань стріли у вигляді півхвилі синусоїди забезпечив точний опис динамічних характеристик системи та дозволив отримати аналітичні залежності, які необхідні для подальших розрахунків.

Функція Релея, використана у математичній моделі, забезпечила коректний облік енергетичних втрат у системі, пов’язаних із демпфуванням та внутрішнім опором матеріалів. Це дозволило оцінити процеси затухаючих коливань, визначити рівень навантажень у різних режимах роботи устаткування та встановити критичні значення параметрів, за яких можуть виникати перевантаження. Дослідження показали, що у процесі переміщення деревини значна частина енергії витрачається на подолання внутрішніх опорів системи, що зумовлює необхідність реалізації інженерно-технічних заходів з удосконалення демпфуючих характеристик механізму.

Результати проведеного чисельного моделювання показали, що під час запуску устаткування відбувається інтенсивне зростання кутової швидкості барабана лебідки, що призводить до виникнення значних динамічних навантажень у канаті та стрілі. Максимальне зусилля в канаті у момент пуску перевищує його усталене значення у 2,4 рази, а у стрілі – у 2,9 рази. Крім того, максимальний рушійний момент приводу лебідки перевищує усталене значення в 2,3 рази, що свідчить про необхідність оптимізації пускових режимів для зменшення перевантажень. Надмірні перевантаження можуть спричинити швидкий вихід з ладу устаткування, зменшення показника загальної надійності трелювального устаткування та підвищення витрат на його експлуатацію.

Аналіз дослідження динамічних процесів у системі дозволив виявити критичні режими роботи устаткування, під час яких відбувається суттєве зростання навантажень та виникають негативні вібраційні явища. Зокрема, дослідження показали, що при коливаннях елементів трелювальної системи зростає ймовірність деформації стріли на якій встановлено лебідка. Це означає, що саме стріла є найбільш вразливим елементом конструкції, який потребує додаткового підсилення або покращення демпфуючих характеристик роботи лебідки.

З огляду на отримані результати, можна зробити висновок, що математичне моделювання відіграє ключову роль у процесі проєктування комбінованого трелювального устаткування. Використання сучасних методів чисельного аналізу дозволяє не лише оцінити кінематичні та силові параметри роботи устаткування, а й виявити потенційні проблеми, пов’язані з динамічними перевантаженнями та коливальними процесами. Оптимізація конструктивних параметрів, удосконалення демпфуючих характеристик та вибір оптимальних режимів роботи дозволить підвищити ефективність та надійність устаткування для виконання лісосічних робіт, що є важливим фактором для забезпечення ефективності роботи комбінованого трелювального устаткування.

**Список використаних джерел**

1. Адамовський М. Г., Бакай Б. Я. Аналіз і перспективи використання трелювальних тракторів у лісовому комплексі України // Наук. вісник УкрДЛТУ: збірник наук.-техн. праць. Лісова інженерія: техніка, технологія і довкілля. – Львів : УкрДЛТУ. 2004. – Вип. 14.3. – С. 175-182. DOI:

collected articles. – Kyiv : KNUCA, 2024. – Issue 113. – P. 149-160. DOI:

**УДК 514.18**

# ПОБУДОВА ЗАДАНИХ КРИВИХ ЛІНІЙ НА ПОВЕРХНЯХ НА ПРИКЛАДІ ГВИНТОВОГО КОНОЇДА ДЛЯ ЙОГО АПРОКСИМАЦІЇ РОЗГОРТНИМИ ВІДСІКАМИ

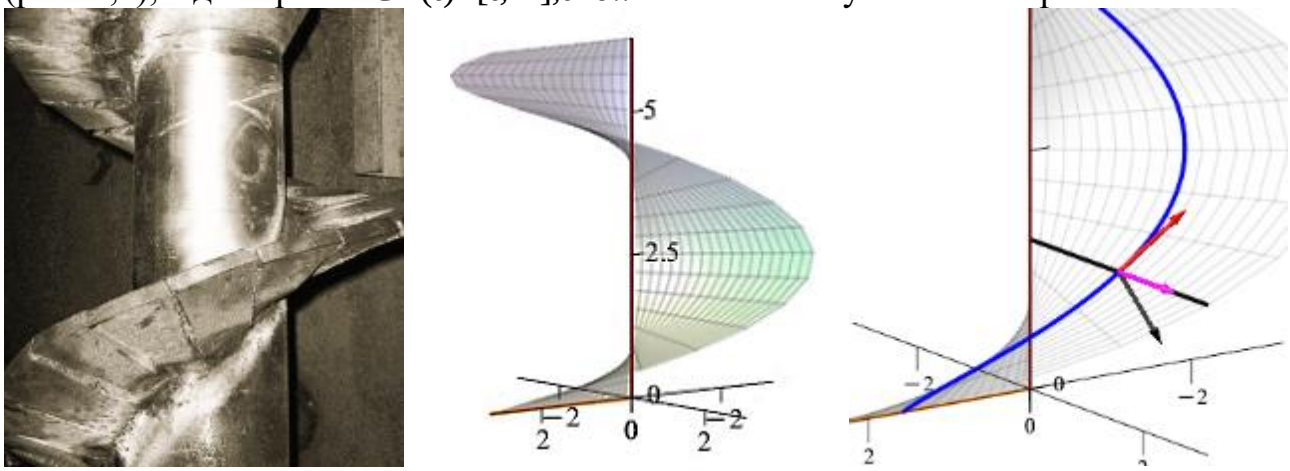
**А. В. НЕСВІДОМІН**, кандидат технічних наук, доцент
**С. Ф.ПИЛИПАКА**, доктор технічних наук, професор
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Сучасний стан наукових досліджень в різних галузях інженерії передбачає виконання досить складних аналітичних розрахунків, що без кодування у сучасних інтегрованих середовищах здійснити майже не можливо. Розкриємо рішення задачі апроксимації нерозгортних поверхонь робочих органів за різними умовами за допомогою розробленого нами пакета GeomForm для CAS MapleSoft. На рис. 1,а показано частину шнеку (поверхня гвинтового коноїда) зварених із плоских заготовок. Існуючі способи апроксимації гвинтового коноїда для його ремонту базуються на побудові заданих кривих на поверхні гвинтового коноїда *r(u,v)=[v cos(u),v sin(u), u]* (рис.1,б), як ребро звороту апроксимуючої розгортної поверхні. Побудову заданої кривої лінії на поверхні можна здійснити за різними умовами: 1) через внутрішні координати *[u(t), v(t)]*; 2) геодезичні, асимптотичні та лінії кривини поверхні знаходять розв'язанням диференціальних рівнянь поверхні; 3) криві перетину двох поверхонь знаходять розв'язанням їх систем рівнянь. Вже із цього переліку можна бачити необхідність оперування досить складними символьними обчисленнями в *CAS* середовищах та їх кодування на сучасному рівні, зокрема із застосуванням об'єктно-орієнтованого програмування.

Стосовно до MapleSoft програмний модуль можна розглядати як клас (у розумінні об'єктно-орієнтованого підходу): 1) внутрішні змінні модуля виконують роль властивостей; 2) функції та процедури – виконують роль методів класу. Базовими класами розробленого пакета GeomForm є модулі CURVe, SURFase, SURFCURVe. Так, в класі об'єктів CURV акумулюються методи обробки вектор-функції *r(u)* одної змінної, а класі SURF – методи вектор-функції двох змінних *r(u,v)*. Кількість методів (процедур) для кожного класу може нараховувати до 60 назв. Наприклад, створення об'єкту o1:=SURF(uvabHelicoidRight(u,v,a,b)) включає методи, як-то побудову зображення поверхні для конкретних параметрів форми *a,b* гвинтового коноїда та меж зміни незалежних параметрів *u,v* (рис.1,б), знаходження дотичних до координатних ліній поверхні, нормалі до поверхні, коефіцієнтів 1-ї та 2-ї квадратичних форм поверхні, побудову геодезичних ліній і багато іншого. Так виклик методу *o1:-norm(u,b)* повертає значення одиничного вектора нормалі в точці *[u.v]* поверхні *r(u,v)* коноїда.

Для побудови заданих кривих ліній та їх дослідження на будь-якій поверхні використовується клас об'єктів SURFCURV, конструктор якого для коноїда матиме вигляд SURFCURV(uvabHelicoidRight(u,v,a,b),CR(t),u,v,t). Створення об'єкту цього класу для конкретної кривої CR(t)=[Pi,t],t=0..Pi

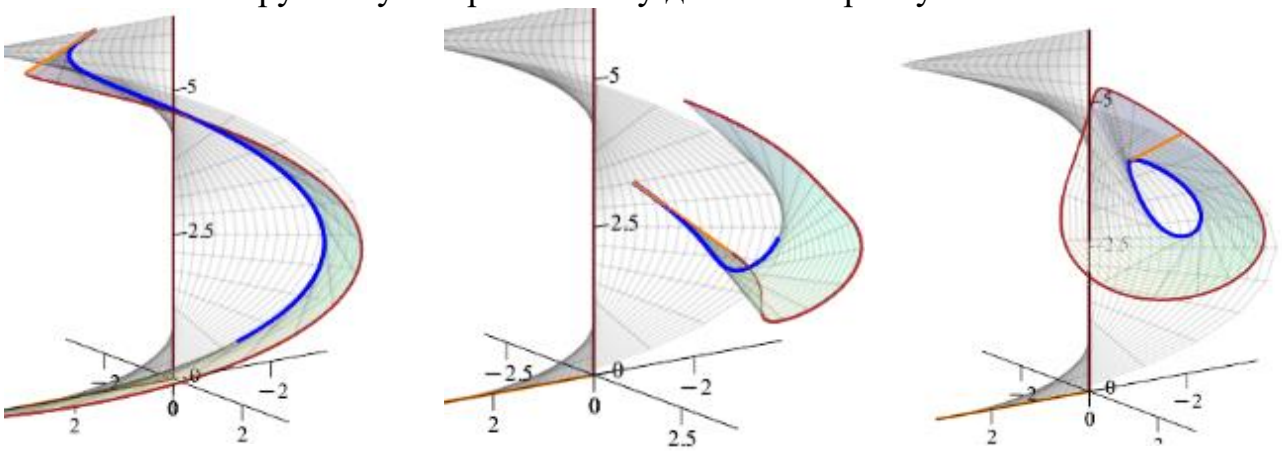
дозволяє сформувати прямолінійну координатну лінію на поверхні коноїда (рис. 1,в), а для кривої CR(t)=[t,Pi],t=0..2Pi – гвинтову лінію поверхні.




а) б) в)

**Рис.1. Гвинтовий коноїд та лінії на його поверхні**

На рис. 2 побудовані криві лінії та поверхні дотичних до них за різними вихідними умовами їх завдання: а) інтерполяційна крива через задані дві точки у внутрішніх координатах *[u0,v0], [u1,v1];* б) крива Без'є задана трьома вершинами характерного трикутника *[u0,v0], [u1,v1], [u3,v3];* в) замкнута крива (аналог кола) у внутрішніх координатах *[a cos(t)+u0,a sin(t)+v0]*. Всі досить трудомісткі аналітичні перетворення здійснюються в CAS MapleSoft автоматично в зручному інтерактивному діалозі з користувачем.




а) б) в)

**Рис.2. Поверхні дотичних з ребром звороту кривих на коноїді**

**Висновок**. Розроблений пакет GeomForm класів геометричних форм прикладної геометрії дозволяє розв'язок практичної задачі, зокрема, апроксимації гвинтового коноїда відсіками розгортних поверхонь, звести не до рутинного кодування окремих операцій, а до оперування потрібними об'єктами та їх аналізом.

**УДК 621.83/85**

# ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ПРИВОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

**В. Л. КУЛИКІВСЬКИЙ**, кандидат технічних наук, доцент
***Поліський національний університет, м. Житомир***
*E-mail:* kylikovskiyv@ukr.net

У конструкціях агрегатів механічні передачі є проміжною ланкою, яка забезпечує зв'язок (взаємодію) двигуна з виконавчими органами машин. Здебільшого механічні передачі у сільськогосподарській техніці використовуються для зміни швидкості, крутного моменту, напрямку руху тощо [1]. Механічні приводи сільськогосподарського призначення відрізняється від приводів інших машин, які використовуються у галузях народного господарства, конструктивними та техніко-економічними показниками, зумовленими особливостями експлуатації сільгосптехніки, а саме: сезонністю роботи протягом року, обмеженою невеликими агротехнічними періодами функціонування (90…250 годин на рік), залежно від типу машини, що призводить до збільшення терміну окупності техніки; експлуатацією та зберіганням сільськогосподарської техніки в постійно змінних, складних ґрунтово-кліматичних умовах (коливання температурних показників, опади, рослинне і абразивне середовище тощо), що особливо впливає на надійність, довговічність, працездатність та ремонтопридатність механізмів; нерівномірністю навантаження на робочі органи машин (виникнення динамічних навантажень), що обумовлено біологічними особливостями рослин, які збираються, рельєфом, розмірами та засміченістю полів; мінімальними витратами на технічне обслуговування та ремонт машин у період виконання сезонних робіт, зумовленими необхідністю щонайменшого зниження втрат під час простоїв техніки; низькою металомісткістю, пов'язаною з лімітуванням маси сільськогосподарських машин з огляду на агротехнічні та екологічні вимоги. Враховуючи проаналізовані особливості експлуатації машин зазначимо, що приводи сільськогосподарського призначення відносяться до технічних систем функціонування яких характеризується багаторазовістю та циклічністю. Тривалість експлуатації сільськогосподарських машин складає 5…10 років [2]. Отже, довговічність приводів та їх вузлів і деталей становить 450…2500 годин.

Для підвищення експлуатаційної надійності в конструкціях механічних приводів використовують матеріали, які не піддаються швидкому зношуванню, відзначаються підвищеною корозійною тривкістю та мають температуростійкі властивостями, а також зносостійкі покриття і захисні ущільнення. У ланцюгових передачах застосовують ланцюги, елементи яких виконані з легованих сталей із підвищеною твердістю та антикорозійними покриттям. Більшість ланцюгів проварюють в оливі, періодично змащують для подальшої

консервації та зберігання в осінньо-зимовий період. Ремені для більшості клинопасових передач виготовляють із спеціальних зносостійких та стійких до впливу мастила матеріалів (гума, поліуретан). У підшипникових вузлах механічних приводів використовують підшипники кочення з одноразовим мащенням та спеціальними ущільненнями з метало-гумових матеріалів. Ущільнення унеможливлюють потрапляння на поверхні елементів підшипників частинок абразивного матеріалу та запобігають витіканню мастила. Редуктори оснащують різними прокладками для ущільнення корпусних деталей та опор кочення, які запобігають витіканню мастила, а кріплення мають антикорозійні покриття. Зважаючи на те, що простої техніки можуть призвести до відчутних втрат сільськогосподарської продукції внаслідок зміни погодних умов під час проведення технологічних операцій, конструктори механічних приводів прагнуть забезпечити мінімум заходів технічного сервісу в даний період. З цією метою останнім часом широко застосовують: клинопасові передачі замість ланцюгових, які вимагають періодичного змащування та ремонту; ланцюгові передачі закритого типу у змащувальній ванні, відмовляючись від звичайних відкритих ланцюгових передач; зубчасті редуктори замість відкритих зубчастих передач, схильних до інтенсивного абразивного зношування і потребуючих періодичного змащування; підшипники кочення закритого типу, із сезонним або одноразовим змащуванням, взамін підшипників відкритого типу, що потребують регулярного нанесення мастила. Це підвищує можливість безвідмовної роботи техніки, зменшує витрати часу на технічний сервіс і знижує втрати мастильних матеріалів.

Слід зазначити, що через обмеження маси мобільної сільгосптехніки фахівці, виробники безперервно прагнуть знайти такі рішення механічних приводів, які б дозволили зменшити габаритні розміри та металомісткість машин. У зв'язку з цим вітчизняні та закордонні виробники техніки все частіше використовують: алюміній для деталей корпусів редукторів, шківів; зірочки зі спечених пластмас і металу; шківи менших розмірів та маси; ремені (паси) вузьких перерізів; захисні кожухи з пластику тощо. Аналіз відмов та пошкоджень механічних передач показує, що слід приділяти особливу увагу вдосконаленню процесів конструювання, проектування окремих деталей і вузлів приводів. Раціональний вибір матеріалів, геометричних параметрів, фахова перевірка кінематичних та силових характеристик механізмів дозволять зменшити кількість відмов та збільшити довговічність спроектованих передач. Для зменшення витрат на розробку, впровадження нових конструкцій економічно виправданим є використання спеціалізованих програмних продуктів, які дозволяють у найкоротші строки реалізувати сучасні інноваційні, технічні та технологічні рішення.

## Список використаних джерел

1. Токарський Ю. М., Янків В. В., Сірик З. О., Гошко М. О., Коненко І. Є. Механічні передачі. Розрахунок та конструювання : навч. посіб. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 152 с.

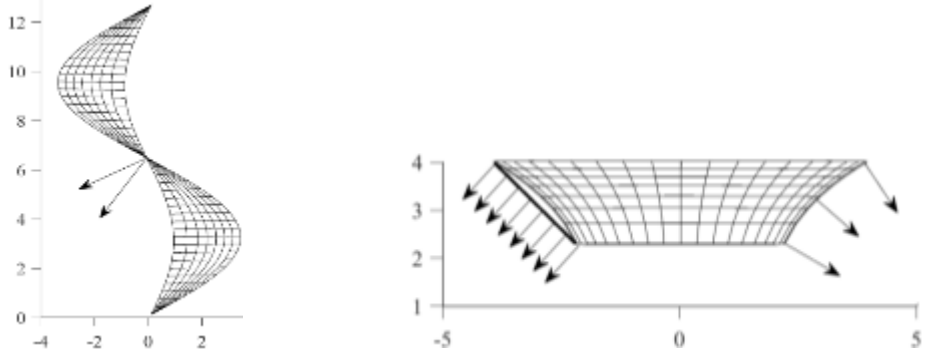
2. Юхимчук С. Ф. Випробування та сертифікація сільськогосподарської техніки : навч. посіб. Луцьк : ЛНТУ, 2017. 136 с.

**УДК 514.18**

## ОЦІНЮВАННЯ ВИТКА ШНЕКА НА СТУПІНЬ ЙОГО ВІДХИЛЕННЯ ВІД РОЗГОРТНОЇ ПОВЕРХНІ

**А. В. НЕСВІДОМІН**, кандидат технічних наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Як відомо, поверхні можуть бути розгортними і нерозгортними. Для розгортної поверхні можна знайти її точні контури плоскої заготовки у вигляді розгортки. Формування плоскої заготовки у готовий виріб відбувається її згинанням із мінімумом пластичних деформацій, які зумовлені товщиною листового металу. При виготовлені нерозгортної поверхні присутні значні пластичні деформації, зумовлені перерозподілом металу по об'єму деталі. Однак визначити візуально, чи є поверхня розгортною, або на скільки вона відрізняється від неї в загальному випадку неможливо. Для прикладу розглянемо виток гвинтового коноїда (шнека) – рис. 1,а. Відомо, що це нерозгортна поверхня. Також відомо, що вона зменшенням кроку згинається в поверхню обертання – катеноїд (рис. 1,б).




а б

Рис. 1. Зображення витка гвинтового коноїда:
а) фронтальна проекція; б) поверхня деформована у катеноїд

Якщо катеноїд апроксимувати зрізаним конусом, то ступінь відхилення катеноїда від конуса, тобто від розгортної поверхні, можна оцінювати величиною прогину між меридіанами. З теоретичної точки зору оцінювання можна проводити за допомогою сферичного відображення одиничних нормалей, побудованих вздовж контуру відсіку поверхні. Для розгортної повер-

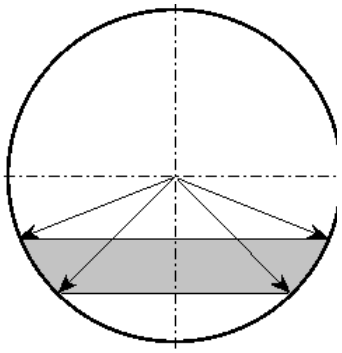


Рис. 2. Сферичне відображення нормалей поверхні

хні це відображення завжди є лінією на сфері, а для нерозгортної – певною ділянкою. Наприклад, для конуса всі нормалі вздовж бічної сторони паралельні, а для всіх його бічних сторін складають сталий кут із вертикальною віссю. Кінці цих векторів опишуть коло (паралель) на сфері. Відображенням коноїда і катеноїда буде смуга між двома паралелями (на рис. 2 вона зображена сірим кольором).

**УДК 621.86**

## ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ВІЗКА З ГАСІННЯМ КОЛИВАНЬ ВПРОДОВЖ РОЗГОНУ

**В. С. ЛОВЕЙКІН**, д.т.н., проф.
**Ю. О. РОМАСЕВИЧ**, д.т.н., проф.;
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
**В. В. СТРИЖАК**, PhD,
***Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»***
*E-mail:* lovvs@ukr.net, romasevichyuriy@ukr.net, stryzhak.vsevolod@gmail.com

Керування механізмами пересування кранів і кранових візків з підвішеним вантажем розглядається впродовж кількох десятиліть, в результаті чого накопичено величезний досвід і рішення в різних постановках задачі. Розвиток методів оптимізації та мікропроцесорної техніки, яка дозволяє реалізувати теоретичні рішення призводить до появи нових постановок цієї задачі і нових можливостей впровадження на реальних кранах. Велика кількість розв'язків задачі оптимального керування направлена в основному на забезпечення мінімізації витрат енергії, динамічних зусиль або комплексного або комплексного критерію. Питання швидкодії при цьому залишається висвітленим недостатньо і потребую подальшого вивчення.

Протиріччя, яке виникає при вирішенні завдання оптимальної швидкодії полягає в тому, що для його забезпечення необхідно рухатись з максимальною швидкістю і прискоренням на всьому шляху, але в той же час внаслідок гнучкого підвісу за такого керування неможливо привести систему в заданий кінцевий стан, коли різниця швидкостей і координат візка і вантажу дорівнюватимуть нулю. Тому завдання може зводитись до того, що в деякі

моменти часу необхідно виконувати перемикання з розгону на гальмування і навпаки, при цьому умова максимальної швидкості і прискорення зберігається. Розглянемо задачу, коли забезпечити заспокоєння коливань вантажу необхідно здійснити впродовж розгону.

Для розв'язку задачі скористаємось традиційною найпростішою моделлю системи «візок-вантаж», яка зображена на рисунку 1.

Рух системи описується системою диференційних рівнянь:

$$\begin{cases} m_1\ddot{x}_1 + \dfrac{m_2 g}{l}\left(x_1 - x_2\right) = \text{F-W}\cdot\text{sign}(\dot{x}_1); \\ m_2\ddot{x}_2 - \dfrac{m_2 g}{l}\left(x_1 - x_2\right) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Гасіння коливань впродовж перехідного режиму необхідно здійснювати з огляду на період коливань. Тому запишемо функцію керуючого впливу як кусково-сталу з урахуванням параметру:

$$F_0 = \sin\left(3\pi\frac{t}{T}\right) + A_0 \quad (2)$$

де: $T$ – період коливань;

$A_0$ – стала, що дає змогу врахувати початкове взаємне положення візка і вантажу при умові, коли візок розпочинає розгін зі швидкості, яка відрізняється від нуля.

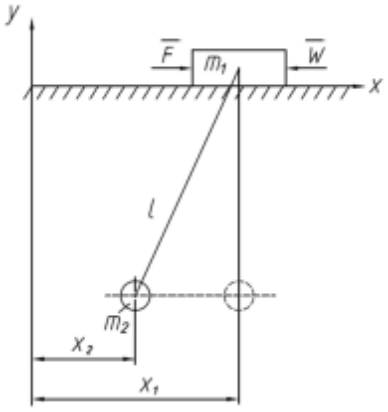
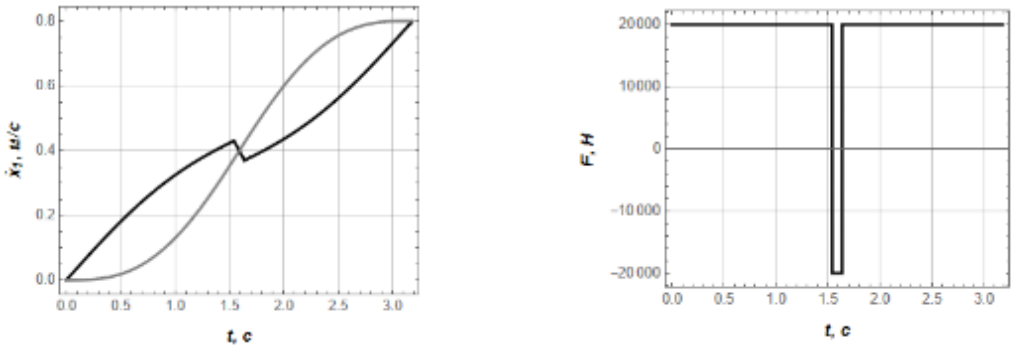



Рисунок 1. Схема до динамічної моделі системи «візок-вантаж»
$m_1$ – маса візка; $m_2$ – маса вантажу; $x_1$ та $x_2$ – узагальнені координати візка і вантажу відповідно; $g$ – прискорення вільного падіння; $L$ – довжина підвісу; $F$ – рушійне зусилля; $W$ – статичний опір пересування

Результат чисельного моделювання і приклад розв'язку задачі оптимальної зображено на рисунку 2.




*а* *б*

Рисунок 2. Розв’язок задачі оптимальної швидкодії при умові гасіння коливань впродовж розгону
*а* – зміна швидкості візка (чорна крива) і вантажу (сіра крива) в часі;
*б* - зміна в часі керуючого зусилля

Вирішення задачі оптимальної швидкодії показує, що для досягнення заданого положення системи необхідно застосовувати кусочно сталий закон керування. При цьому запропонований підхід оптимізації точок перемикання забезпечує врахування початкової швидкості і стану системи.

# Секція 6 *«Новітні матеріали і технології в сільськогосподарському машинобудуванні»*

**УДК: 621.747.53**

# АНАЛІЗ 3D-ДРУКУ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИБОРУ ПЛАСТИКА, ЩО ГАЗИФІКУЄТЬСЯ

**Є. АФТАНДІЛЯНЦ**, д.т.н., проф.,
**К. КВАСНИЦЬКА**, асистент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* kate.kvasnytska@nubip.edu.ua

Сучасні технології ливарного виробництва активно використовують 3D-друк моделей, що значно скорочує час виготовлення виливків. Завдяки цьому методу можна отримати деталі з високою точністю до 70 мкм, що усуває необхідність у використанні значної кількості металообробного обладнання. Тому дослідження технологій створення керамічних форм на основі водних зв'язувальних речовин із застосуванням разових 3D-друкованих моделей є актуальним завданням.

Виробництво експериментальних лопаток для газотурбінних двигунів наразі займає від пів року до 1 року через складність і тривалість виготовлення оснащення, включаючи розробку конструкції, створення креслень і виробництво пресформ. Однак для дрібносерійного виробництва цей підхід не є економічно доцільним через значні витрати на оснащення. Саме тому виникає потреба у впровадженні альтернативних рішень, які дозволять знизити виробничі витрати та підвищити ефективність процесу лиття за виплавлюваними моделями. Одним із перспективних варіантів є використання адитивних технологій для створення разових моделей замість традиційних воскових.

Суть адитивного виробництва полягає у створенні цифрової CAD-моделі, яка потім матеріалізується за допомогою 3D-друку. Завдяки цьому підходу час від розробки моделі до отримання готового виробу суттєво скорочується, що дозволяє знизити витрати ресурсів, а також підвищити точність і якість відливок. Адитивне виробництво дає змогу інженерам і конструкторам напряму отримувати необхідні деталі без потреби в складних технологічних операціях.

Застосування 3D-друку у ливарному виробництві дозволяє усунути потребу в додатковому механічному доопрацюванні та значно прискорює процес створення високоточних відливків складної форми. Завдяки цьому методу можна досягти високої якості поверхні виробів і підвищити точність лиття в порівнянні з традиційними технологіями.

**УДК 678.0675:621.892**

# ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНОЇ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ, ВИГОТОВЛЕНИХ З ПОЛІМЕРНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ МОДИФІКУВАННЯМ ФУЛЕРЕНОВИМИ МАТЕРІАЛАМИ

**В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф., **А. А. ТИХИЙ**, к.т.н., доц.,
**С. В. ЛИСЕНКО**, к.т.н., доц.
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
**О. Д. ДЕРКАЧ**, к.т.н., доц., **Д. О. МАКАРЕНКО**, к.т.н., доц.
***Дніпровський державний аграрно-економічний університет***
*E-mail*: AulinVV@gmail.com

Довговічність вузлів та механізмів багато в чому визначається явищами тертя та зносу. Використання нових конструкційних матеріалів забезпечує деталі автотранспортної і сільськогосподарської техніки заданими експлуатаційними характеристиками, причому важливе місце серед цих матеріалів займають полімерні нанокомпозити. Перевагою полімерних нанокомпозитів як матеріалів для вузлів тертя є їх підвищені характеристики міцності, пов'язані з особливостями взаємодії полімер-наночастинка. Підвищення міцності полімерних матеріалів зазвичай призводить до зниження коефіцієнта тертя і зносу в трибоспряженнях деталей. Однак ця закономірність не виконується для полімерних композитів, наповнених мікророзмірними наповнювачами (зокрема, волокнами). Це пов'язано з тим, що в процесі зношування мікророзмірні наповнювачі викришуються з полімерної матриці, що призводить до зростання абразивних властивостей поверхні і, як наслідок, зростання коефіцієнта тертя. Цю проблему можна вирішити при використанні полімерних нанокомпозитів, оскільки наночастинки міцніше утримуються в полімерній матриці, і їх відрив не призводить до зміни властивостей мікроповерхні (утворення задирів). Метою даної роботи є порівняльне дослідження трибологічних властивостей полімерних нанокомпозитів на основі поліаміду 6 (ПА-6), модифікованого мікророзмірними наповнювачами (вуглецеві волокна), мікророзмірними наповнювачами, що містять наночастинки (фулеренова сажа), наночастинками-наповнювачами (фулерен С60).

В якості термопластичної матриці обрано ПА-6 як полімер, широко застосовуваний для виготовлення підшипників ковзання. Оптимальним способом отримання нанокомпозитів є полімеризація in situ, через те, що інші методи їх створення пов'язані з важко подолати проблемами агрегації частинок наповнювача, що ускладнює їх рівномірний розподіл у полімерній матриці. У той же час, змішування готового полімеру з наповнювачем в екструдері є найбільш поширеним методом приготування полімерних композитів, тому отримані полімерні композиції з використанням обох методів. ПА-6 отримують

аніонною полімеризацією з використанням металевого натрію в якості ініціатора і толуїлендіізоціанату як сокаталізатора. Фулерен С60 хімічно нестійкий у цих умовах, і в результаті при отриманні полімерних композитів методом полімеризації in situ отримується хімічно модифікований полімер, в якому хімічно наночастинки пов'язані з полімерною матрицею. Як показали проведені дослідження, введення фулерену С60 у матрицю ПА-6 при синтезі методом полімеризації in situ забезпечує зростання модуля Юнга та міцності приблизно на 20% при рівні наповнення 0,01...0,1 ваг.%. Були проведені подібні випробування для нанокомпозитів полімерних, отриманих методом змішування розплаву полімеру з іншими компонентами в екструдері. отримані дані показали, що метод змішування в розплаві не призводить до істотного зростання характеристик міцності ПА-6 при вмісті фулерену С60 0,01 вага.% (зростання на 3%); введення і фулерену С60, і фулеренової сажі в кількостях 1 вага.% призводить до падіння механічних властивостей. Різке падіння механічних характеристик ПА-6, наповненого 1 вага.% фулерену С60, пов'язане з тим, що спостерігаєтьсянедостатньо рівномірний розподіл фулерену С60 у полімерній матриці. Це викликало необхідність введення сумісника (Ерукамід 0,05 вага.%), який одночасно діє як пластифікатор і перешкоджає кристалізації ПА-6, що призводить до падіння механічних характеристик. Зниження механічних властивостей нанокомпозитів при великих ступенях наповнення обумовлено нерівномірним розподілом наповнювача полімерної матриці.

В роботі досліджено трибологічні властивості полімерних нанокомпозитів. Для композиту (0,01 вага.% фулерену С60), отриманого методом полімеризації in situ, відбувається суттєве зниження коефіцієнта тертя з 0,30±0,02 до 0,19±0,05, порівняно з чистим ПА-6, синтезованим за аналогічних умов. Це можна пов'язати із зростанням механічної міцності полімерного нанокомпозиту. Однак для ПА-6, наповненого 10 мас.% вуглецевого волокна, спостерігається суттєве зростання коефіцієнта тертя до 0,55±0,05. Для пояснення отриманого результату досліджували оптичні фотографії плям зносу.

В результаті виконаних досліджень доведена можливість створення полімерних нанокомпозитів на основі матриць поліаміду 6, модифікованих фуллероїдними матеріалами. Показано, що введення фуллероїдних модифікаторів значно (удвічі) знижує коефіцієнт тертя полімерних композитів порівняно з чистим поліамідом 6. Зниження коефіцієнта тертя полімерних нанокомпозитів зумовлено підвищенням механічної міцності композитів за відсутності виносу агрегатів наночастинок на поверхню, що притирається.

## Список використаних джерел

1. Kobets, A., Aulin, V., Derkach, O., Makarenko, D., Hrynkiv, A., Krutous, D., Muranov, E. (2020). Design of mated parts using polymeric materials with enhanced tribotechnical characteristics. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(12 (107)), 49–57.

2. Аулін В.В., Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Гриньків А.В. Вплив

режимів експлуатації на зношування деталей, виготовлених з полімерно-композитного матеріалу. Проблеми трибології. 2018. №4. С.65-69.

**УДК 573.6.086.83**

## ОТРИМАННЯ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ (AG, CU) ФУНГІЦИДНОЇ ДІЇ

**К. ВИНАРЧУК**, асистент кафедри ТКМіМ
***НУБіП України***
*E-mail:* vinarchuk-k@ukr.net

Сучасні дослідження в галузі нанотехнологій відкривають нові можливості для розробки ефективних та екологічно безпечних засобів боротьби з патогенними мікроорганізмами. Одним із перспективних напрямків є використання наночастинок металів, які мають широкий спектр біоцидної активності, включаючи антибактеріальну та протигрибкову дію

Метою роботи є розробка ефективного методу отримання наночастинок металів (срібла та міді) за допомогою електроіскрового синтезу у водному середовищі та дослідження їх протигрибкових властивостей для захисту сільськогосподарських культур від патогенних мікроорганізмів.

Для отримання наночастинок металів використовувався електроіскровий метод, який передбачає синтез у реакційній камері з низькою провідністю. Наночастинки срібла та міді були отримані у вигляді колоїдних розчинів, а їх структура та розміри підтверджені за допомогою електронної мікроскопії. Дослідження протигрибкової активності проводилися на штаммах мікроорганізмів, які є збудниками хвороб зернових культур, таких як *Penicillium sp.* та *Alternaria alternata*.

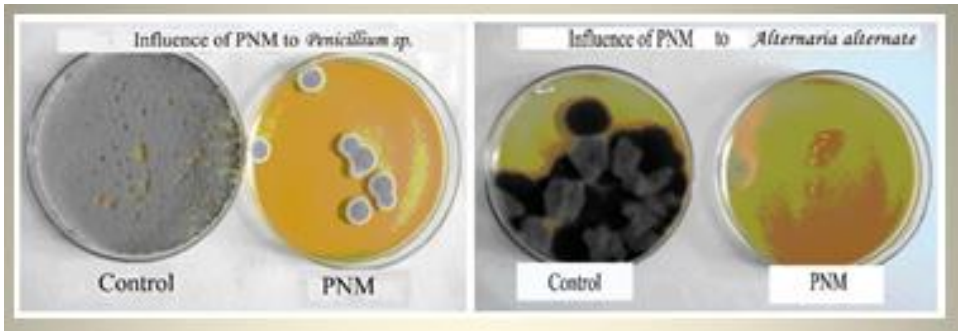



Рис.1 Мікробіологічні випробування Ag та Cu
на *Penicillium sp.* та *Alternaria alternata*.

Експериментально доведено, що отримані наночастинки срібла та міді мають високу протигрибкову активність. Колоїдні розчини цих металів

ефективно пригнічують розвиток патогенних грибів, що робить їх перспективними для використання у якості фунгіцидів. Наночастинки металів, на відміну від традиційних хімічних препаратів на основі солей металів, є менш токсичними для людини та навколишнього середовища, що відповідає сучасним вимогам до екологічної безпеки.

Використання наночастинок металів у сільському господарстві відкриває нові можливості для захисту рослин від патогенів. Електроіскровий метод синтезу дозволяє отримувати наночастинки з високою біологічною активністю, що робить їх ефективною альтернативою традиційним агрохімікатам. Однак, для повноцінного впровадження цієї технології необхідні подальші дослідження, спрямовані на оптимізацію процесу синтезу та вивчення довгострокового впливу наночастинок на екосистеми.

Електроіскровий метод синтезу наночастинок срібла та міді є перспективним для створення нових фунгіцидів, які можуть ефективно захищати сільськогосподарські культури від грибкових інфекцій. Отримані результати підтверджують високу протигрибкову активність наночастинок та їх низьку токсичність, що робить їх привабливими для використання у сучасному сільському господарстві. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення технології та вивчення її впливу на довкілля.

**УДК: 621.747.53**

## ВЛАСТИВОСТІ КЕРАМІЧНИХ ЛИВАРНИХ ФОРМ НА ОСНОВІ ВОДНИХ В'ЯЖУЧИХ КОМПОНЕНТІВ

**О. СЕМЕНОВСЬКИЙ**, к.т.н., доц.,
**К. КВАСНИЦЬКА**, асистент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* kate.kvasnytska@nubip.edu.ua

Процес лиття за виплавлюваними моделями є багатоступеневим технологічним циклом, що передбачає створення високоточних форм для отримання якісних виливків. Одним із ключових етапів цього процесу є вибір відповідних матеріалів для формоутворення, включаючи як зв'язувальні компоненти, так і наповнювачі. Саме вони визначають механічні характеристики, точність геометрії та загальну якість готових виробів. Керамічні оболонкові форми складаються з вогнетривкого наповнювача та зв'язувального компоненту (ЗК), який забезпечує необхідну міцність форми як у сирому, так і в спеченому стані.

Проблеми, пов'язані з якістю виливків, часто виникають ще на етапі створення керамічних форм через недосконаліть модельних мас та формувальних сумішей, що призводить до значних втрат у виробництві.

Важливо розробити ефективні заходи щодо зниження рівня браку, що включає вдосконалення складів модельних мас, покращення характеристик формувальних матеріалів та впровадження сучасних методів контролю. Крім того, необхідно оптимізувати процес формування керамічних оболонкових форм, щоб мінімізувати виникнення дефектів у готових відливках.

Досліджено особливості використання різних зв'язувальних компонентів, таких як кремнезоль та етилсилікат, у поєднанні з різними наповнювачами, зокрема пилоподібним кварцом та електрокорундом. Визначено основні властивості цих матеріалів і їхній вплив на якість кінцевої продукції, що дозволяє обґрунтовано підходити до вибору оптимальних складів для виготовлення високоякісних керамічних форм.

**УДК:621.771**

## ЗАЕВТЕКТОЇДНІ СТАЛІ: ВЛАСТИВОСТІ, ОБРОБКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ

**А. К. АВТУХОВ,** доктор технічних наук, професор
**О. С. БОРИСЕНКО**, аспірант
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків***

В останні роки для виготовлення робочих інструментів та обладнання, що працюють в умовах високих знакозмінних температур і питомих тисків широке використання знайшли заевтектоїдні сталі. Цей сплав містить більше 0,8% вуглецю, що робить його високоміцним матеріалом з підвищеною твердістю та зносостійкістю[1]. Особливо це важливо для виробів, які працюють в умовах значних механічних навантажень і абразивного зносу.

Заевтектоїдні сталі мають високу твердість, зносостійкість, міцність і довговічність у порівнянні з іншими матеріалами, що використовуються для виготовлення інструментів та обладнання, що працюють в умовах високих знакозмінних температур і питомих тисків

Висока твердість та зносостійкість цієї сталі забезпечується завдяки підвищеному вмісту цементиту ($Fe_3C$), що сприяє збільшенню твердості робочих поверхонь інструментів. Після термічної обробки (гартування та відпуску) твердість може досягати 55–65 HRC. Завдяки підвищеному вмісту карбідів інструменти та обладнання довше зберігають свою форму та робочі характеристики.

Тонкодисперсна структура сталі забезпечує високу ударну в'язкість і стійкість до втомних руйнувань. Термообробка дозволяє оптимізувати співвідношення міцності та пластичності.

При виготовленні виробів з заевтектоідної сталі можливо регулювання їх властивостей. Це забезпечується додаванням легуючих елементів (Cr, Mo, V),

що дозволяє покращити механічні властивості сталі, зменшити схильність до крихкості та підвищити термостійкість.

Поряд з явними первагами є і недоліки та виклики при використанні виробів, які працюють в умовах високих знакозмінних температур і питомих тисків, що виготовлені з заевтектоїдної сталі це такі як: крихкість та труднощі обробки. Крихкість цього матеріалу обумовлена тим, що при високому вмісті цементиту сталь стає більш крихкою, що може призводити до раптових руйнувань під дією знакозмінних навантажень.

Труднощі при обробці цього матеріалу обумовлені високою твердістю, тому потрібні спеціальні ріжучі інструменти та методи обробки.

З наведеної інформвції видно, що заевтектоїдна сталь є перспективним матеріалом для прокатних валків, особливо у випадках, коли необхідна висока твердість і зносостійкість. Однак її застосування потребує ретельного підбору хімічного складу, легування та оптимальної термічної обробки для запобігання крихкості і покращення експлуатаційних характеристик.

**Список використаних джерел**

1.Производство и применение прокатных валков : справочник / Т. С. Скобло и др. Ред. Т. С. Скобло. Харьков, 2013. ЦД № 1. 572 с.

**УДК: 621.747.53**

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ЛИВАРНИХ ФОРМ СКЛАДНО-ПРОФІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ

**О. СЕМЕНОВСЬКИЙ**, к.т.н., доц.,
**К. КВАСНИЦЬКА**, асистент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* semenovskyy@nubip.edu.ua, kate.kvasnytska@nubip.edu.ua

Виходячи з того, що в машинобудівній галузі витрати на отримання заготовок часто перевищують 60 % собівартості деталей машин, то розробка технології їх виготовлення є одним із визначальним фактором економічних показників виробництва. Зазвичай отримання заготовок методами обробки тиском є більш продуктивними. Крім того технології деформування сплавів дають можливість отримувати значно вищій рівень фізико-механічних характеристик матеріалів і навіть анізотропні властивості.

Але такі технології можливо застосовувати тільки для матеріалів, що володіють значною пластичністю. Аналіз структури двофазної латуні вказує на те, що при високому вмісті цинку наявність в структурі другої фази, з однієї сторони, підвищує рівень експлуатаційних властивостей та забезпечує здешевлення матеріалу, а з другої сторони, такий матеріал є абсолютно

непластичним. Тому заготовки з двофазної латуні можливо отримувати тільки методами литва.

Для складно профільних деталей не застосовуються методи литва в багаторазові форми. Це пояснюється не стільки дрібно серійністю виробництва, як складністю виготовлення кокілів , особливо для деталей з отворами. Литво в одноразові піщано-глинисті форми вимагає значних припусків на неточності литва, що значно ускладнює обробку різанням , крім того значна частина металу іде в стружку, що особливо не доцільно для досить дорогих сплаві на основі міді.

Також значним недоліком цієї технології є колосальні об’єми формівних матеріалів, що також знижує економічні показники виробництва.

Метою нашої роботи було підвищення точності отримання заготовок , а також зниження об’ємів використання формівних матеріалів.

Досягнення цієї мети можливо забезпечити застосуванням для виготовлення складно-профільних деталей технології литва в оболонкову форми.

**УДК 631.3.02.539.51**

## НОВІТНІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ МОДИФІКУВАННЯ ПОВЕРХНІ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

**М. І. ДЕНИСЕНКО**, канд. техн. наук, доцент
***ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»***
**О. С. Дев'ятко,** канд.техн.наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* mdenisenko317@gmail.com

В сучасних умовах різноманітності способів зміцнення і відновлення поверхонь пар тертя завдання вибору ефективного та оптимального варіанту є актуальною для процесів виготовлення та ремонту деталей машин. Технологічні можливості обробки металевих поверхонь значно розширюються з використанням висококонцентрованих потоків енергії. Аналіз, проведених на основі опублікованих даних ремонтних підприємств, дозволяє виділити найбільш прогресивні технології зміцнення і відновлення деталей машин: лазерна обробка, електроіскрове легування, плазмове напилення, іонна імплантація, нанесення гальваничних покриттів.

Методами так званого механо синтезу реалізуються нові, що не мають аналогів, молекулярні з’єднання. Проведені експерименти, у котрих тисячі і десятки тисяч молекул з’єднуються у кристали, що мають на початку задані властивості, котрі не зустрічаються у природних матеріалів. Сьогодні нанотехнології являються одними із самих стрімко розвинутих науково-

технічних напрямків. У їх розвиток вкладаються значні фінансові кошти. Безумовними лідерами у сфері нанотехнологій являються США, країни Європейського Союзу, Японія, активно поширюють дослідження та розробки у цьому напрямку Китай, Індія, Південна Корея, Бразилія.

Тертя і зношування треба розглядати як поверхневі явища, що протікають у достатньо тонких шарах контактуючих матеріалів. Тому для підвищення зносостійкості та зниження тертя часто модифікують поверхневі шари деталей трибосистем. Зносостійкі покриття – штучно сформований на поверхні деталей шар, що відрізняється від матеріалу основи за складом і фізико-хімічними властивостями. У сучасній трибології термін інженерія поверхні визначає швидко розвинуту галузь технологій впливу на поверхню, таких, як нанесення покриттів, поверхнева обробка та модифікація. [1,2].

Покриття являються продуктом нанесення матеріалу на підкладку. У цьому випадку можливо отримати поєднання об'ємних властивостей підкладки і поверхневих властивостей нанесеного матеріалу. Якщо структура або хімічний склад поверхневого шару змінюється за допомогою будь якого методу, такий процес називають модифікацією поверхні. В останні роки отримали розповсюдження безліч методів нанесення покриттів і обробки поверхні.

Загальна класифікація цих методів представлена на рис.1.

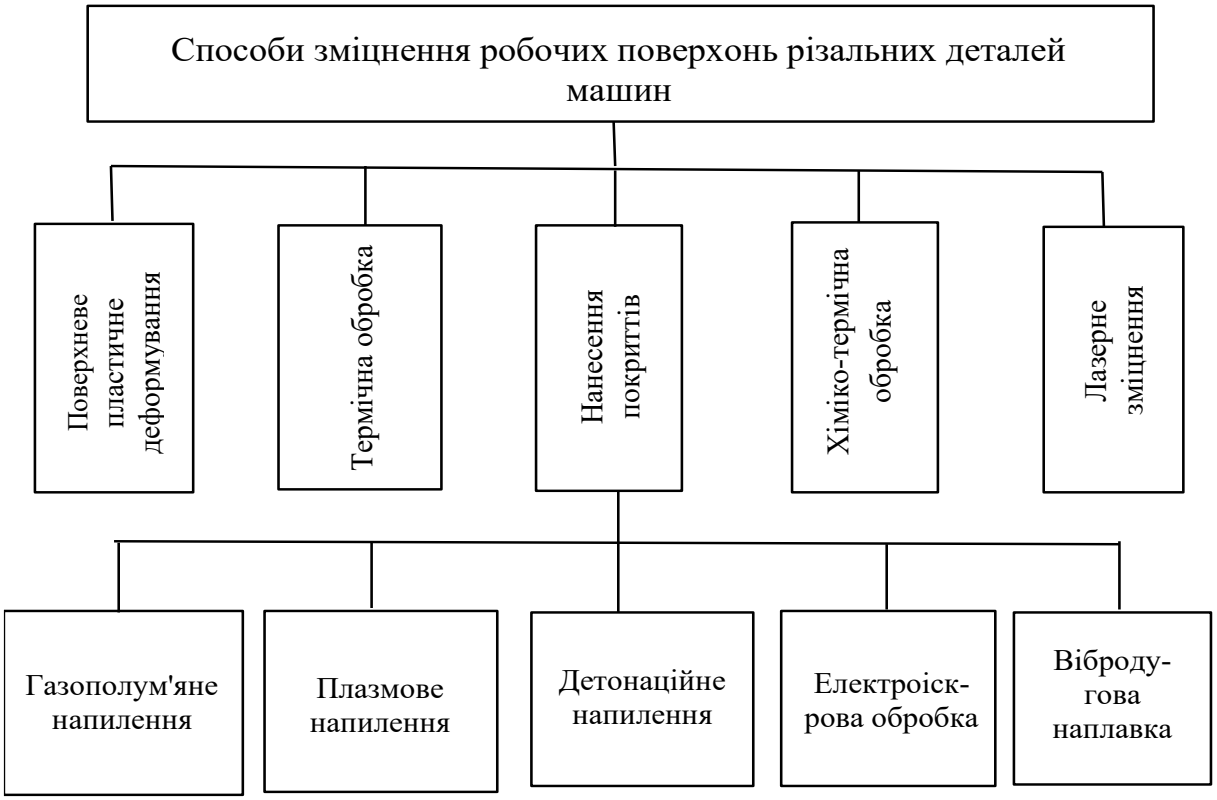



Рисунок 1. Загальна класифікація методів інженерії поверхні

Велика кількість деталей відновлюють методом нанесення гальваничних покриттів, заснованими на процесі осадження металів на деталь з електролітів.

Найбільш розповсюджені способи відновлення деталей -це зварювання і наплавлення. Цими способами відновлюють близько 60% деталей. Широке використання зварювання і наплавлення обумовлено простотою технологічного процесу і використаного обладнання, можливістю відновлення деталей з більшості використаних металів і сплавів, високою продуктивністю та низькою собівартістю.

**Нано покриття -** новий етап у розвитку функціональних покриттів, Вони дозволяють значно зменшити коефіцієнт тертя при збереженні зносостійкості, наростити в'язкість покриття при збереженні антикорозійних властивостей, та збільшити температуру експлуатації на 50˚С.

При виготовленні деталей машин і агрегатів особлива роль надається конструкційній кераміці, котра формується на основі карбіду та нитріду кремнію, оксидів цирконію і алюмінію, нітрідів алюмінія, титану, бора, цирконію та деяких інших з'єднань, та має підвищену міцність, твердість, зносостійкість, температурну та корозійну стійкість.

З неї виготовляють ріжучі елементи, екструзійні головки, сопла, штуцери, ущільнювачі, та інші деталі машин і агрегатів. Зокрема, вона являється перспективним матеріалом для виготовлення ріжучих елементів робочих органів ґрунтообробних машин. До основних недоліків кераміки належать низька тріщино стійкість та пластичність. Цих недоліків немає у нанокристалічній кераміці. Для неї характерна підвищена низькотемпературна пластичність, котру можливо використовувати у промислових процесах екструзії та прокатки кераміки. Зі зменшенням розмірів зерна до нанометрових, виникає можливість деформувати кераміку при досить високих швидкостях деформації (близько $10^{-2}$ $c^{=1}$ ).

Довговічність та ефективність роботи машин у значному ступені залежить від герметичності нерухомих фланцевих з'єднань. Конструкційні матеріали, поверхні котрих одночасно б мали високі антифрикційні і антикорозійні властивості, можуть бути отримані шляхом нанесення спеціальних наноструктурованих покриттів. В залежності від комбінації «покриття – підкладка» і умов використання покриття, спосіб нанесення покриття реалізується за допомогою самих різноманітних установок для нанесення покриттів.

Аналіз і вибір методів модифікування сталей, дозволяє отримати матеріали з підвищеною міцністю та корозійною стійкістю. Наплавлення твердим сплавом використовується для нанесення достатньо товстих покриттів (1 – 50 мм) на підкладку, нагріту до температури плавлення нанесеного матеріалу. Найбільш розповсюдженим матеріалом для таких покриттів являється спеціальна сталь (наприклад, аустенітна марганцева сталь або інструментальна), чавун з високим вмістом карбіду і твердий сплав (наприклад, карбід вольфраму з кобальтовою зв'язкою). Ці матеріали також використовують для виготовлення суцільних деталей, що працюють в умовах абразивного і корозійного зношування.

**Висновки.** До відновлюваних технологій відносяться процеси наплавлення і нанесення покриттів. При лазерному зміцненні деталей сільськогосподарських машин з технологічного циклу виключені наступні технологічні операції: загартування в оливі, мийка і термічна обробка інструменту.

**Список використаних джерел**

1. Чернец М.В., Клименко Л.П., Пашечко М.И., Невчас А. Трибомеханика, триботехника, триботехнологии: В 3 т/ Под общ.ред. М.В.Чернеца – Механика трибоконтактного взаимодействия при скольжении. -Николаев: Изд-во НГТУ им.Петра Могилы, 2006. – 476 с.

2. Ельцов В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: электронное учебное пособие. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015. – 335 с.

**УДК 621.793.536**

## ОСОБЛИВОСТІ УТВОРЕННЯ РЕЛЬЄФУ НА ПОВЕРХНІ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ ПІСЛЯ ЛАЗЕРНОЇ НАПЛАВКИ

**М. І. ДЕНИСЕНКО** канд. техн. наук , доцент
***ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»***
**О. С. ДЕВ'ЯТКО** канд. техн. наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* mdenisenko317@gmail.com

**Постановка проблеми.** В теперішній час все більше використання у різних галузях промисловості знаходить лазерне наплавлення покриттів [1,2,3].

Локальне зміцнення деталі за допомогою лазерного променю дозволяє ефективно вирішувати низку виробничих завдань, забезпечуючи переваги у порівнянні з традиційними технологіями за критерієм «ціна – якість».

**Основні матеріали дослідження.**

Лазерний промінь як технологічний інструмент, завдяки своїм унікальним характеристикам, насамперед всього високої інтенсивності і монохроматичності, можливості досягнення високих значень потужності та щільності потоку енергії, відрізняється від відомих технологічних засобів зміцнення поверхонь.

Лазерне зміцнення ножів і молотків (матеріали сталь 45, 65Г) для подрібнення комбікормів, лапи культиваторів (ґрунтообробна техніка) здійснювали на установці «Квант-16», і на газовому лазері $CO_2$ «Лотос-31». Глибина зміцнення складала 0,5…0,6 мм. Першими установками для поверхневої обробки матеріалів використовувались лазери імпульсної дії.

Протягом багатьох років $CO_2$ - лазер безперервної дії є самим потужним серед коли-небудь розроблених промислових лазерів.

Протягом багатьох років $CO_2$ - лазер безперервної дії є самим потужним серед коли-небудь розроблених промислових лазерів. Суть методу лазерного наплавлення полягає у тому, що під плавлена лазером поверхня перемішується з присадним матеріалом. При цьому, наплавленому шару за рахунок складу присадного матеріалу і високої швидкості охолодження, надаються потрібні фізико-механічні властивості (рисунок 1). Вміст вуглецю впливає на твердість лазерного зміцнення сталей. Так при зміцненні сталі 65Г твердість поверхневих шарів становить 61…67 HRC за режимів опромінення вказаних вище для газового лазера. Також встановлено, що геометричні параметри поперечного перерізу валиків зі самофлюсуючих сплавів на основі заліза залежать від режимів лазерного наплавлення.

Йому надається перевага у процесах зварювання, різання, термозміцнення. Потужність безперервних $CO_2$ - лазерів може досягати сотні кіловат, що дозволяє значно підвищити продуктивність обробки. У цих лазерах, у якості активного середовища використовували суміш газів $CO_2$, He, $N_2$ .

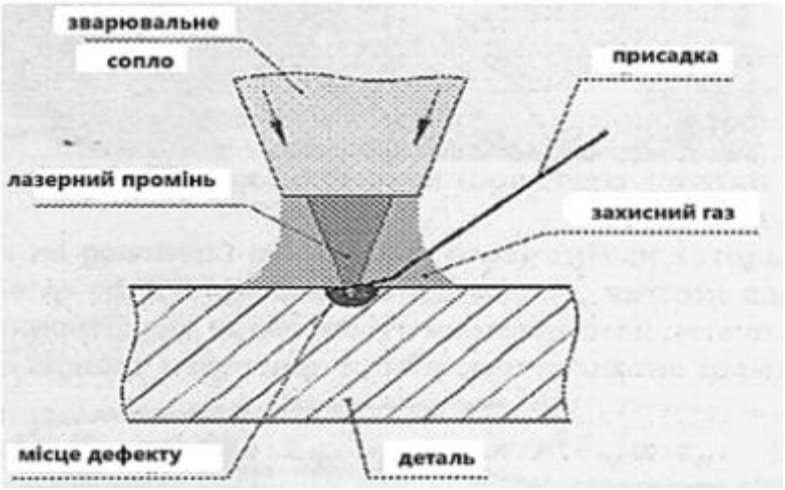



Рисунок 1. Функціональна схема процесу лазерного наплавлення

Довжина хвилі генеруючого випромінювання – 10,6 мкм. Вони здатні працювати у імпульсному та безперервному режимах, мають високу просторову когерентність і промисловий ККД, що дорівнює приблизно 10-15%. Лазери легкі у керуванні та безпечні за дотримання правил експлуатації. Також для оплавлення композиційних покриттів при розробці технології зміцнення треба використовувати лазерні установки безперервної дії ЛГН – 702 потужністю 800 Вт і Комета – 2, потужністю 1200 Вт.

**Результати та висновки.** У сучасному лазерному технологічному обладнанні по обробці матеріалів, в основному на сьогодні використовуються потужні газові і волоконні лазери, успішно, замість лазерів Nd – YAG. Використання лазерного випромінювання, як локального висококонцентрованого джерела інфрачервоного кольору відкриває широкі можливості при модифікуванні структури та властивостей поверхневих шарів

металевих матеріалів. Крім локальності, перевагами лазерної обробки являється можливість безперервного управління процесом: глибина нагрівання зменшується зі зростанням інтенсивності лазерного випромінювання, тому що при цьому відбувається більше швидке нагрівання поверхні тертя, за малої щільності потоку і тривалого часу зовнішнього опромінення, утворюється значна термодифузія в основний метал, а утворений температурний градієнт, недостатній для швидкого охолодження поверхневого шару, котре необхідне для отримання твердої структури.

Лазерна обробка являється одним з методів отримання покриттів, що підвищують їх міцність зчеплення з основою, з мінімальним об'ємним розігріванням деталі та високою локальністю процесу зміцнення. На сьогодні створено лазерні комплекси декількох модифікацій з багатоканальними випромінювачами [1,2,3]. Якість випромінювання зв'язане з просторовим розподіленням інтенсивності випромінювання у плямі та її геометрії.

Параметри рельєфу після лазерного наплавлення вимірювали і оцінювали за допомогою оптичної мікроскопії. Для контролю розплаву в роботі прямолінійний рух пучка було замінено рухом за кривою, що назвали **трохоїдою**.

Для даної кривої є два параметри: циклічна частота і ширина кривої. На рисунку 2 показана схема і траєкторія руху лазерного променю.

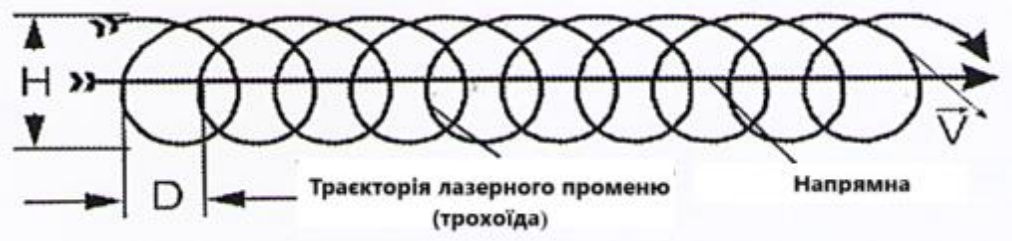



Рисунок 2 – Схема з параметрами і траєкторією руху лазерного променю, де D – відстань між петлями трохоїди, H – ширина (висота) трохоїди, V – швидкість переміщення променю на поверхні (швидкість сканування).

Проводячи аналогію з електродуговим наплавленням, напрямна крива – це крива, що показує траєкторію зварювального шва. Створення рельєфу на поверхні металевих виробів, що мають форму канавок або кратерів, можливо покращити і інші властивості поверхні, у тому числі трибологічні властивості поверхні сталі. Було виявлено. Що рух лазерного променю по поверхні сталевого виробу вздовж трохоїди призводить до утворення лінійного рельєфу – канавки, котра складається з заглиблення і бічного валику зі переплавленої сталі.

За розробленими технологіями на спеціалізованих лазерних комплексах, за останні роки вже зміцнили декілька тисяч деталей для підприємств різних галузей. Зміцнені деталі можуть бути різної складності з розмірами від десятків міліметрів до двох метрів і більше, масою від сотень грамів до двох тон. Лазерне гартування і наплавлення призводить до підвищення твердості, дисперсності структури та зростанню зносостійкості у 2-6 разів.

**Висновки.**

Лазерне наплавлення порошкових матеріалів забезпечує отримання нижче розташованого шару високого ступеню однорідності і якості без значного термічного впливу поверхні тертя.

Після лазерного наплавлення можливо утворення випуклого лінійного рельєфу різної геометрії.

**Список використаних джерел**

1. J.W. Elmer, P.W.Hochanadel, K. Lachenberg, C.Caristan, and T. Webber High Electron, Beam and Laser Beam Welding ASM Handbook, Volume 6A, Welding Fundamentals and Processes, T. Siewert, S. Babu, and V. Acoff, editors.

2. Технология формирования износостойких покрытий на железной основе методами лазерной обработки / О.Г.Девойно [и др.]. – Минск: БНТУ, 2020. – 280 с.

3. Огов В.И., Афанасьева Л.Е., Новоселова М.В. Особенности формирования структуры и микрогеометрии поверхности лазерных наплавок с использованием многоканального $CO_2$ -лазера // Упрочняющие технологии и покрытия. 2016. №11. С.19-22.

**УДК: 621.89**

## МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ

**О. СЕМЕНОВСЬКИЙ**, к.т.н., доц.,
**В. ЯКУБОВСЬКИЙ**, студент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* semenovskyy@nubip.edu.ua

В сучасному машинобудуванні визначальний вплив на техніко-економічні показники технологічних і, як наслідок, виробничих процесів має вибір економічно-доцільних операцій виготовлення і зміцнення деталей машин.

Якщо в масовому і серійному виробництві ці питання, в своїй більшості, вирішуються за допомогою широко відомих методичних рекомендацій та ІТ програм, то в умовах ремонтного виробництва необхідно враховувати цілий спектр проблем, тому що виробництво має одиничний або дрібносерійний характер. Процеси, що забезпечують виготовлення деталей, або обробку відновлених поверхонь, як правило, пов’язані з обробкою матеріалів різанням. Саме динамічні показники операцій, що пов’язані з процесом стружкоутворення, визначають спектр обладнання, інструменту, і режимів залежно від властивостей оброблюваних матеріалів.

В завдання роботи входило дослідження динамічних характеристик процесу різання матеріалів з різними фізико-механічними характеристиками.

При цьому ставилось завдання оптимізації і параметрів взаємодії між інструментом і заготовкою, з метою підвищення продуктивності процесу, точності і забезпечення вищої якості оброблених поверхонь. Основний акцент був зроблений на зниженні динаміки процесу різання за рахунок зменшення тертя між інструментом і заготовкою. Зрозуміло, що чим менше коефіцієнт тертя тим менше сили тертя. Це тісно пов'язано з роботою різання, яка залежить від зусиль різання і визначає потужність процесу та роботу різання.

Запропонована методика вимірювання коефіцієнтів тертя ковзання дозволяє отримувати результати, використовуючи силовимірювальний комплекс, який визначає співвідношення між силами тертя та навантаження направлених вздовж вертикальної та горизонтальної осей. Це значно спрощує розрахунки та висновки.

**УДК: 669.01**

## ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ГАЛУЗІ

**О. СЕМЕНОВСЬКИЙ**, к.т.н., доц.,
**К. КВАСНИЦЬКА**, асистент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* semenovskyy@nubip.edu.ua, kate.kvasnytska@nubip.edu.ua

При виробництві металів виникають значні екологічні проблеми, тому що металургія більше всіх галузей народного господарства забруднює навколишнє середовище, викидаючи в навколишню атмосферу аерозолі. Сучасний металургійний завод викидає в атмосферу у 300-500 разів більше радіоактивних елементів, ніж атомна електростанція.

Окрім того, металургія є надзвичайно капітало-ємкою галуззю, тому не завжди є можливість вкладати в неї великі капіталовкладення, а це гальмує впровадження в неї необхідних досягнень науки і техніки з необхідністю підвищення якості металургійної продукції.

Постійне вдосконалення технологічних процесів є необхідним для розвитку сучасної металургійної промисловості, особливо в галузі виробництва складно-профільних деталей.

Литво є основним процесом металообробки та використовується в багатьох галузях. Наприклад, одними з таких галузей є машинобудування, автомобілебудування, аерокосмічна галузь та інші. Складність геометричної форми та вимоги до якості складно профільних елементів машин та обладнань є основними вимогами до литва складно-профільних деталей.

Виробники зіштовхуються зі значними складностями, які вимагають сучасні технології виробництва. Необхідність у забезпеченні високої міцності,

якості та продуктивності створює потребу в покращенні технологічних процесів литва.

Економічна ефективність підприємств напряму залежить від ефективності технологічного процесу литва. Зменшити витрати на виробництво, збільшити швидкість виготовлення та покращити якість виливків. Ефективний технологічний процес литва здатен вирішити такі проблеми виробництва як зменшення відходів, скорочення часу виготовлення, підвищення якості і точності виготовлення виливка.

**УДК:621**

## ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ

**А. К. АВТУХОВ,** доктор технічних наук, професор
**О. С. КОРНЄВ**, аспірант
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків***

Забезпечення виробництва нових перспективних металевих профілів визначається якістю та стійкістю інструментів, що використовуються при їх формуванні.

Матеріали, що зміцнюються за рахунок диспресійного твердіння, є перспективними для виробництва таких інструментів. Їх перевага полягає в тому, що вони відрізняються меншою тенденцією до викрошування, ніж інші матеріали, а також характеризуються високою термічною витривалістю та стійкістю до зносу. Такий комплекс властивостей досягається завдяки наявності в структурі залишкового аустеніту, розпад якого можна контролювати за допомогою термічної обробки.

У світовій практиці сталі, що зміцнюються за рахунок диспресійного твердіння, застосовують для иготовлення валків чистових клетей дрібносортних станів та станів спеціального призначення, наприклад, кулькопрокатних.

В даний час широко використовується сталі наступного хімічного складу: 0,6-0,7% С, 0,5-0,65% Si, 1,22,6% Мп, 2,2-3,3% Сг, 3,7-4,0% №, 0,16-0,25% V, 0,4-0,7% Мо, 0,5-0,7 Си [1].

Виконані дослідження показали, що необхідний комплекс властивостей: $\sigma_{в}$ = 95-108 Мпа, $\sigma_{зг}$ = 120-150 Мпа, відносне подовження 1,9%, твердість в межах 370-430НВ в таких сталях утворюється після низькотемпературної обробки. Найкращий набір властивостей у сплаві досягається із вмістом елементів, що сприяють утворенню карбіду та графіту, у співвідношенні 1,5-2,0. Посилення експлуатаційних властивостей таких сталей відбувається внаслідок виділення карбідної фази, особливо спеціальних видів.

Сталі, що зміцнюються за рахунок диспресійного твердіння, є перспективними матеріалами для виготовлення формуючих інструментів завдяки високій стійкості до зносу, теплової витривалості та зниженій схильності до викрошування, але питання їх використання в конкретних умовах виробництва потребують подальшого вивчення.

**Список використаних джерел**

1.Производство и применение прокатных валков : справочник / Т. С. Скобло и др. Ред. Т. С. Скобло. Харьков, 2013. ЦД № 1. 572 с.

**УДК 66.067**

# ГІДРАВЛІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРИСТИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЗМІНЕНИХ УМОВАХ ФІЛЬТРАЦІЇ ГАЗУ

**О. Б. КАЛЮЖНИЙ** к.т.н., доц.**, І. І. БРИК** магістрант
***Державний біотехнологічний університет Україна, м. Харків***
**В. Я. ПЛАТКОВ** д.ф.-м.н., проф.
***Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля Україна, м. Київ***
*E-mail:* albokal@ukr.net, vplatkov@gmail.com

Фільтраційні властивості високопористих матеріалів визначаються їхнім гідравлічним опором, який, у свою чергу, залежить від гідравлічного режиму течії фільтруемого середовища, її параметрів (в'язкість, густина) та характеристик порової структури (пористість, середній діаметр пор, коефіцієнт звивистості порових каналів, шорсткість поверхні пор).

Для узагальнення гідравлічних характеристик пористих полімерних матеріалів використовують в'язкісний α та інерційний β коефіцієнти пористого середовища, а також критеріальні залежності коефіцієнта гідравлічного опору $\xi_d$ від числа Рейнольдса $Re_d$ [1]. Ці узагальнені характеристики зазвичай отримують на основі експериментальних даних, отриманих під час продувки газу через пористий матеріал за умов фільтрації, наближених до нормальних (T = 293 K; P = $10^5$ Па).

Можливість екстраполяції отриманих гідравлічних характеристик на інші умови експлуатації фільтрів має бути перевірена експериментально, оскільки значні відхилення температури та тиску фільтруємого середовища від нормальних умов можуть призводити до змін втрат тиску не лише внаслідок зміни в'язкості та густини середовища, а й унаслідок змін структурних характеристик пористого матеріалу.

Для теоретичної оцінки впливу температури на гідравлічний опір пористого середовища розглянемо ідеальне пористе середовище з порами

діаметром $d_п$ та довжиною l, припускаючи ламінарний характер течії газу в порах.

Для такого середовища, згідно з законом Гагена-Пуазейля, перепад тиску $\Delta P$ при ламінарному режимі течії газів у порах визначається формулою [2]:

$$\Delta P = \frac{32\mu V_n l}{d_n^2} \tag{1}$$

де $V_п$ - швидкість газу в порах, м/с;

μ - коефіцієнт динамічної в'язкості газу, Н·с/м$^2$.

З рівняння (1) випливає, що зміна втрат на тертя при ламінарному режимі течії і постійної швидкості газу в порах визначається зміною в'язкості газу, що фільтрується, і зміною геометричних розмірів пор.

Розглянемо послідовно відносну зміну втрат на тертя від зміни в'язкості $\overline{\Delta P}_\mu$ та геометричних розмірів пор $\overline{\Delta P}_{l,d}$, вважаючи, що температура газу, що фільтрується, змінюється від 293К до 353К. Тоді:

$$\overline{\Delta P}_\mu = \frac{(\Delta P_\mu)_{353}}{(\Delta P_\mu)_{293}} = \frac{\mu_{353}}{\mu_{293}} = \frac{2082}{1816} = 1{,}146 \tag{2}$$

$$\overline{\Delta P}_{l,d} = \frac{(\Delta P_{l,d})_{353}}{(\Delta P_{l,d})_{293}} = \frac{d_{n293}^2 l_{353}}{d_{n353}^2 l_{293}} = \frac{d_n^2 l(1+\alpha T)}{d_n^2 l(1+\alpha T)^2} = \frac{1}{1+\alpha T} = 0{,}990 \tag{3}$$

Результат (3) отримано з урахуванням того, що коефіцієнт лінійного розширення $\alpha$ полімерних фільтруючих матеріалів у діапазоні температур від 293К до 353К ($\Delta$T=60К) становить $12\cdot10^{-5}$ град$^{-1}$.

Результати розрахунків показують, що втрати на тертя, пов’язані зі зміною в’язкості, збільшуються на 14,6%, тоді як втрати через збільшення геометричних розмірів ідеальної пори зменшуються лише на 1%.

Експериментальне дослідження гідравлічних характеристик полімерних фільтруючих матеріалів за параметрами повітря, що фільтрується, відмінних від нормальних, було проведено на установці, що дозволяє змінювати термодинамічні параметри повітря, що фільтрується, (Т = 295К - 353К; Р = 0,1-10 МПа).

Результати експериментів, оброблені у критеріальній формі (рис. 1), свідчать, що гідравлічний опір пористих полімерних матеріалів із різною тонкістю фільтрації при фільтруванні повітря в ізотермічних умовах, у разі зміни температури від 293К до 353К і зміни тиску від 0,1 МПа до 10 МПа, можна розраховувати за критеріальними залежностями, отриманими під час продувок повітря за нормальних умов.

Таким чином, результати теоретичних і експериментальних досліджень показують, що гідравлічний опір полімерних фільтруючих матеріалів при зміні термодинамічних параметрів повітря, що фільтрується, практично змінюється лише за рахунок зміни в’язкості та густини повітря. При цьому, для врахування

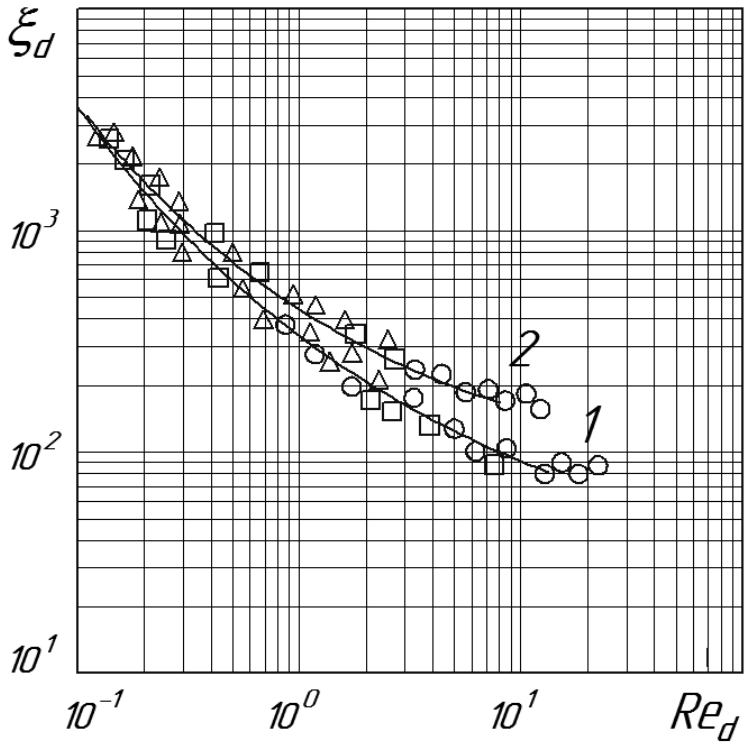



Рис. 1. Залежність коефіцієнта гідравлічного опору $\xi_d$ зразків полімерних фільтруючих матеріалів від числа Рейнольдса за нормальних умов (криві) і за різних термодинамічних параметрів повітря, що фільтрується (точки). Тип зразків: 1 – 1 мкм; 2 - 0,5 мкм.

Термодинамічні параметри повітря, що фільтрується: ○ – $P_1$ = 10 МПа; $T_1$ = 295К; □– $P_2$ = 0,1 МПа; $T_2$ = 353К; Δ – $P_2$ = 0,1 МПа; $T_3$ = 323К.

зміни гідравлічного опору полімерних фільтруючих матеріалів, спричиненої відхиленням температури й тиску від нормальних значень, у критеріальних залежностях, отриманих за нормальних умов, достатньо знати в'язкість і густину газу за середньою температурою та середнім тиском газу в порах.

## Список використаних джерел

1. Kalyuzhny A.B., Karpova T.L., Kalyuzhny B.G., Platkov V.Ya. Structure and functional properties of high-porosity material based on Fluoroplast-4. Functional Materials, 6 (2), 1999, pp. 25-30.

2. Fiorillo F., Esposito L., Leone G., Pagnozzi M. The relationship between the Darcy and Poiseuille laws. Water, 14(2), 2022, pp.179-187 https://doi.org/10.3390/w14020179

**УДК 669.1.017**

# ОСНОВНІ СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ЗУБЧАСТОГО ЗЧЕПЛЕННЯ

**Г. М. ПОХИЛЕНКО**, старший викладач
**Р. Р. КОРОЛЬ**, студент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail*: pokhilenko@nubip.edu.ua, viplolrok@gmail.com

Для важконавантажених деталей і вузлів силових агрегатів застосовуються сталі, високолеговані гостродефіцитними і дорогими елементами, такими як нікель, молібден, ванадій. Високі вимоги до механічних, технологічних і службових характеристик сталей для шестерень, визначають широку гаму легуючих елементів і технологій виготовлення та зміцнення.

На даному етапі розвитку машинобудування зросла необхідність в сталях, що дозволяють, при відносно малих габаритах і складності профілів, витримувати великі навантаження. Розвиток нових технологічних процесів виготовлення і зміцнення деталей пред'являє все більш високі вимоги до технологічних властивостей сталі. Особливе місце серед цих властивостей займає питання короблення деталей зубчатих передач у процесі хіміко-термічної обробки, тому що деформація деталей викликає необхідність проведення додаткових фінішних операцій. Їх проведення вимагає значних матеріальних затрат, при цьому знімається значна частина найбільш зміцненого зносостійкого шару.

Основним способом підвищення ресурсу роботи зубчастого зачеплення є усунення, чи максимальне уповільнення міжзеренного росту тріщини за рахунок диспергування зерна, подрібнення і глобуляризації частинок карбідної фази і неметалевих включень.

Однієї з основних характеристик, яка визначає експлуатаційні властивості матеріалів для зубчастих передач, є контактна втомна міцність.

Очевидно також і те, що сталі для шестерень повинні мати досить високий рівень фізико-механічних властивостей і при цьому забезпечувати достатню технологічність. Не викликає сумніву і той факт, що властивості будь-якого матеріалу, який використовується в машинобудуванні, повинні бути максимально наближені, як до умов експлуатації, так і технології виготовлення деталей машин. Саме тому необхідна розробка комплексно-легованих сталей, яка повинена враховувати необхідність і можливість застосування тих чи інших технологічних операцій при виготовленні деталей. Крім того, для одержання матеріалу, здатного забезпечити певний ресурс роботи, необхідне вивчення умов експлуатації, причин і характеру зносу і руйнування. Тільки знаючи заздалегідь механізм руйнування сталі, можна в достатній мірі пристосувати її структуру до протидії цьому руйнуванню, використовуючи комплексне легування і зміцнюючи технології.

**УДК 669:620.18**

# ЛЕГОВАНІ БОРОМ СТАЛІ З СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

**Г. М. ПОХИЛЕНКО**, старший викладач
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail*: pokhilenko@nubip.edu.ua

Леговані бором сталі використовуються для виготовлення деталей широкого спектру. Вони використовуються як недорога заміна більш високолегованих сталей. Невеликі добавки бору можуть бути корисними для підвищення прогартовуваності. Бор додається в дуже низькій концентрації від 0,0015% до 0,003%, щоб підвищити загартовуваність сталі з низьким вмістом вуглецю.

Бор вводять до розплавленої сталі як феробор, який може містити до 20 відсотків бору. Феробор зазвичай додається в ківш після того, як усі розкислювачі та інші легуючі елементи були додані, оскільки бор сильно реагує з киснем, вуглецем та азотом.

Бор реагує з киснем - утворюється $B_2O_3$, а з вуглецем утворюється борцементиту $Fe_3(CB)$, або карбід заліза і бору, $Fe_{23}(CB)_6$. Бор також реагує з азотом - утворюється нітрид бору (BN).

Щоб запобігти втраті ефективності бору через із-за окислення під час плавлення додають більш високий вміст алюмінію або титану.

При гарячій обробці борсталі подібні до вуглецевих. Вуглець і бор мають подібні коефіцієнти дифузії, тому втрати на поверхні можуть відбуватися при високих температурах і окисних атмосферах. Для запобігання утворенню нітриду бору (BN) рекомендується використовувати атмосферу з низьким вмістом азоту.

Якщо вміст бору в сталі перевищує приблизно 0,007%, під час обробки тиском може виникнути гаряча крихкість. Тому при високому вмісті бору сталі мають погані ударні властивості. Гаряча крихкість і погані ударні властивості зумовлені низькотемпературним залізо-вуглець-борним евтектоїдом ($Fe/Fe_3C/Fe_2B$), який утворюється, коли вміст бору перевищує 0,007%. Борсталь зазвичай в маркуванні, наприклад SAE має літеру «B». Так звичайна сталь SAE 1035, а з додаванням бору для підвищення прогартованості, позначається як сталь SAE 10B35. В Україні «Р» в кінці маркування (наприклад, 20ХГНТР).

Найбільшою перевагою додавання бору до сталі є підвищення її прогартованості. Навіть дуже невеликі кількості бору можуть різко збільшити прогартованість навіть низьковуглецевих сталей. Бор має тенденцію відокремлюватися до меж зерен аустеніту, що потім затримує перетворення аустеніту у ферит, перліт і бейніт. Через виділення бору на межі зерен може виникнути крихкість. Також може відбуватися зниження в'язкості та пластичності.

Дуже низька прогартовуваність SAE 1020 (0,2 %C, 0,25% Si, 0,5% Mn) суттєво підвищується за рахунок додавання 0,003% бору.

Бор унікальний тим, що він не впливає на температуру початку мартенситного перетворення (Ms).

**УДК 621.74.046**

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ НА ТВЕРДОСПЛАВНІ ПЛАСТИНИ

**Г. М. ПОХИЛЕНКО,** старший викладач
***Національнийуніверситетбіоресурсів і природокористуванняУкраїни***
*E-mail*: pokhilenko@nubip.edu.ua

Виробництво твердосплавних пластин - це ретельно розроблена технологія отримання геометрії та хімічного складу пластини, що ідеально підходять для конкретних умов роботи і сфери використання.

Розробка нових твердих сплавів, покриттів та геометричної форми дозволяє збільшити продуктивність та скоротити виробничі витрати. Великий стрибок у продуктивності відбувся в 60-х та 70-х роках XX сторіччя, коли з'явилися перші покриття.

Потім розвиток продовжився за рахунок вдосконалювання основи сплаву, геометрії пластин, конструкцій ріжучої кромки, а також за рахунок появи нових технологій нанесення покриттів та остаточної обробки пластин з нанесеним покриттям.

В залежності від призначення твердосплавних пластин використовують різні покриття і, звичайно, технології нанесення покриттів.

Одна з технологій CVD - хімічне осадження з парової фази. Вона полягає втому, що пластини на піддонах поміщають в піч, в камеру якої подаються декілька газів по черзі, трубки перед подачею очищаються, і подається інша серія газів. Спочатку подаються $TiCl_4+N_2$, потім $AlCl_3+CO_2$, $TiCl_4+CH_4$, $TiCl_4+CH_3+CN$, $H_2$.

Ця процедура повторюється до тих пір, поки не сформуються всі шари покриття. Процес виконується за температури близько 900°C протягом 30 годин. Товщина покриття складає приблизно 2-20 мкм.

Переваги таких покриттів CVD:

• Можливість отримання покриттів великої товщини;

• Можливість отримання покриттів рівномірної товщини;

• Висока адгезія до твердосплавної основи;

• Висока зносостійкість;

• Можливість нанесення оксидних покриттів. Покриття багатошарові TiN-$Al_2O_3$-TiC.

Інша технологія PVD — фізичне осадження з парової фази.

Пластини завантажуються в камеру на пристроях, що обертаються. На стінках камери розміщуються металеві мішені. Основний компонент - Титан (Ti). Мішені нагріваються до температури іонізації металу. Товщина покриття знаходиться в діапазоні 2-6 мкм, залежно від сфери застосування пластини.

За допомогою газу (Ar, $N_2$, $C_2H_2$) заряджені іони переносяться від мішеней до пластини.

Оскільки температура пластин нижча, іони конденсуються на поверхні пластин, утворюючи покриття.

Сьогодні найбільш поширені такі PVD-покриття, як TiN, Ti(C,N), (Ti,Al)N, (Ti,Al,Cr)N, а також оксиди кольорових металів.

Переваги покриттів PVD:

• Забезпечують високу міцність ріжучої кромки;

• Здатні зберігати гостру ріжучу кромку;

• Можуть бути нанесені на паяний інструмент;

• Можуть бути нанесені на цілісний твердосплавний інструмент.

При порівнюванні технологічних процесів можна зазначити:

При PVD (Фізичне осадження з парової фази). процесі покриття формується шляхом конденсації металевої пари на поверхні пластин.

Принцип створення покриттів PVD такий самий, як при конденсації вологого повітря на холодному дорожньому покритті з утворенням льодової кірки. Покриття PVD створюється при набагато нижчій температурі, ніж покриття CVD. Зазвичай процес PVD проходить за нормальної температури близько 500 °C. Товщина покриття становить 2-6 мкм, залежно від сфери застосування пластини. При цьому отримують тонке, міцне покриття, гострі кромки.

Тоді як при процесі CVD (Хімічне осадження з парової фази) покриття утворюється внаслідок хімічної реакції різних газів. Температура, час, витрата газу, склад та інше ретельно контролюються, щоб регулювати формування шарів покриття. Залежно від типу покриття температура у камері може становити від 800 до 1100 $^{O}$C. Чим товщі покриття, тим довше триває процес. Найтонше на сьогоднішній день покриття CVD має товщину менше 4 мкм, а саме товсте - понад 20 мкм.

**УДК 621.785.5:621.81**

# МЕХАНІЗМИ ЗМІЦНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТА РОЗРОБКА КОМБІНОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ОСНОВІ ЛАЗЕРНОГО ЛЕГУВАННЯ

**Є. В. МАНЬКО**, асп., **В. М. ЧУМАК**, асп.,
**В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф., **А. А. ТИХИЙ**, к.т.н., доц.
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
*E-mail*: AulinVV@gmail.com

Науково-технічний прогрес в галузі машинобудування великою мірою пов'язаний зі створенням нових конструкційних матеріалів з високим комплексом заданих експлуатаційних властивостей, і навіть з удосконаленням технологічних методів зміцнення. Успіхи сучасного матеріалознавства на межі століть призвели до створення широкого спектра матеріалів різного призначення, серед яких частка металевих матеріалів становить 60-65%. Рівень розвитку машинобудування, досягнутий до початку XXI століття, характеризується підвищеною інтенсивністю експлуатаційних режимів машин та устаткування, що супроводжується розробкою нових концепцій вибору матеріалів. Зміна та ускладнення умов експлуатації машин, вузлів та агрегатів вимагають постійного вдосконалення матеріалів та технологій їх виготовлення До кінця XX століття намітилися тенденції, з одного боку, до зменшення частки металевих матеріалів за рахунок дедалі більш широкого використання полімерів, керамічних та композиційних матеріалів, з іншого боку, до створення металевих матеріалів з якісно новими високими та надвисокими властивостями отриманими комбінованими методами зміцнення.

Проблеми створення металевих матеріалів із заданими властивостями повинні вирішуватися на основі комплексного підходу, що поєднує принципи формування хімічного складу матеріалу та розробку технологічних процесів його зміцнювальної обробки як способу отримання заданої структури. насьогодні серед технологій зміцнюючої обробки особливу роль відіграють фізико-хімічні способи формування поверхні матеріалу.

Одним з основних інноваційних підходів до створення матеріалів та зміцнювальних технологій для машинобудівної та транспортної галузей є проблема ресурсозбереження, яка вирішується в наступних напрямках:

- зниження вартості матеріалів шляхом обмеження застосування рідкісних і складних елементів та заміни дорогих компонентів більш дешевими;
- підвищення службових характеристик матеріалів з метою збільшення довговічності, надійності та терміну служби машин;
- підвищення показників конструктивної міцності матеріалів, що дозволяє досягти зниження маси та зменшення габаритів деталей машин та механізмів;
- зниження витрат на технологічні процеси обробки матеріалів шляхом удосконалення технологій у напрямку економії енергоресурсів та витратних

матеріалів, автоматизації та скорочення тривалості процесів, підвищення ефективності обробки.

У зв'язку з цим актуальним завданням є розробка доступних, економічних та високоефективних технологій зміцнення конструкційних сталей для одержання заданих експлуатаційних властивостей у конкретних умовах експлуатації.

Науково обґрунтована розробка нових сплавів та технологій їх зміцнення передбачає широке використання досягнень сучасного фізичного металознавства, зокрема структурної теорії конструктивної міцності металів, що характеризує працездатність сплаву в умовах максимально наближених до реальних умов експлуатації виробу. Спираючись на теоретичні закономірності, металознавці-практики отримують можливість цілеспрямовано використовувати для створення матеріалів із заданими властивостями кількісні співвідношення між параметрами структури та властивостей матеріалу та перейти від суто емпіричного підходу до розробки сплавів та зміцнювальних технологій до розрахунку структурних характеристик та прогнозування комплексу властивостей.

В роботі розглядаються основні теоретичні закономірності, що пов'язують показники конструктивної міцності з параметрами структури матеріалів. В основі сучасних уявлень про зміцнення сплавів лежить дислокаційна теорія згідно з якою підвищення міцності металевих матеріалів є наслідок взаємодії дислокацій з перешкодами різного порядку: дислокаціями, елементами субструктури межами зерен, розчиненими атомами, дисперсними частинками. Розглянуто кількісні закономірності різних механізмів зміцнення дислокаційного, субструктурного, зернограничного, твердорозчинного, дисперсійного. На основі співвідношень цих механізмів запропоновано методику розрахунку показників зміцнення металів і сплавів, яка дозволяє прогнозувати механічні характеристики (межа плинності та твердості), залежно від структурного стану металу з урахуванням діючих зміцнювальних механізмів. Наведено приклади розрахунку з використанням запропонованої методики та зіставлення розрахункових характеристик з експериментальними дослідженнями.

В роботі розглянуто вплив параметрів структури на характеристики довговічності сплавів: опір крихкому та втомному руйнуванню, характеристики пластичності та в'язкості. Об'єктивну складність упорядкування строгих співвідношень між структурними характеристиками і параметрами зазначених властивостей становить відсутність однозначно інтерпретованих кількісних закономірностей. Відомо протиріччя між двома показниками конструктивної міцності, межею плинності, що характеризує опір пластичному деформуванню, і в'язкістю руйнування, що характеризує опір раптовому руйнуванню. Пропонується аналіз існуючих взаємозв'язків, що дозволяють оцінити вплив того чи іншого механізму зміцнення на показники конструктивної міцності і прийняти рішення про використання такого механізму зміцнення при якому було б мінімізовано негативний вплив структурних змін на в'язкість

руйнування та інші характеристики конструктивної міцності.

Розглянуто приклад конкретного комбінованого технологічного процесу, розробленого з урахуванням теоретичних закономірностей зміцнення. Технологія комбінованої обробки, що складається з лазерного легування поверхні сталей, із подальшим азотуванням, можливого забезпечення високого комплексу характеристик конструктивної міцності. Експериментальні результати досліджень включають дослідження структури та фазового складу поверхневого шару, у тому числі із застосуванням сучасних методів аналізу тонкої будови, та результати випробувань механічних властивостей зміцнюваних сталей. Ці приклади показують, що використання металофізичних теорій при розробці зміцнення дозволяє розробити ефективні технологічні процеси в залежності від конкретних цілей і завдань зміцнюючих комбінованих технологій.

В роботі проведено аналіз дислокаційної теорії різних механізмів зміцнення металевих деталей і робочих органів з виявлення їх специфіки та методів управління механічних характеристик, зносостійкості та надійності матеріалів деталей та робочих органів машин. Розглянуто основні теоретичні кількісні закономірності різних механізмів зміцнення. Запропоновано методику розрахунку показників зміцнення металів і сплавів, яка дозволяє прогнозувати механічні характеристики: межу плинності та твердості; залежність коефіцієнту тертя від залишкових напружень.

Побудовано моделі реалізації різних механізмів зміцнення матеріалів деталей та робочих органів машин на основі теоретичних експериментальних досліджень. Удосконалено методи прогнозування комплексу фізико-механічних та експлуатаційних властивостей матеріалів деталей та робочих органів машин в запропонованих інноваційних технологіях з комбінованим механізмом зміцнення. Розроблена методика та алгоритм розрахунку характеристик комплексом різних механізмів, вибору найбільш ефективної та її застосування для прогнозування властивостей міцності матеріалів деталей та робочих органів машин

З’ясовано інноваційні способи створення матеріалів деталей і робочих органів на основі різних механізмів зміцнення та отриманий комплекс їх властивостей. Розроблено комбіновані технологічні схеми інноваційних методів та технологій поверхневого зміцнення деталей та робочих органів машин з конструкційних сталей на основі комплексного лазерного легування. Обґрунтовано вибір технологічних параметрів комбінованого лазерного легування та з’ясовано технологічні особливості процесу легування та якість зміцненого шару від способу подачі матеріалу присадки в зону лазерної обробки. Проведені комплексні дослідження на утомлене руйнування зразків зміцнених лазерним легуванням і азотуванням. Розроблені рекомендації щодо оптимальних технологічних режимів комбінованої технології лазерного легування і азотування для різних груп деталей і робочих органів машин.

**УДК 681.5.004.8**

# СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА НА ПРИКЛАДІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

**Р. Ю. БОЙКО**, асп., **О. П. КОВАЛЬ**, асп.,
**В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф., **А. А, ТИХИЙ**, к.т.н., доц.
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
*E-mail*: AulinVV@gmail.com

Сучасні машинобудівні підприємства постають перед викликами, пов’язаними зі швидкозмінними умовами ринку, зростанням конкуренції та необхідністю оперативно ухвалювати управлінські рішення в реальному часі. Традиційні методи аналізу даних часто не встигають обробляти великі обсяги різнорідної інформації – від показників функціонування обладнання до логістичних ланцюгів його постачання. У результаті збільшується ризик незапланованих простоїв, підвищуються витрати на обслуговування, а також виникають збої в ланцюгах постачання. Штучний інтелект (ШІ), зокрема машинне та глибоке навчання, дають змогу автоматизувати й прискорювати процес ухвалення рішень, виявляти приховані закономірності й запобігати поломкам до їх фактичного настання. Однак інтеграція цих рішень вимагає продуманого підходу: від правильної архітектури системи та якісних даних до врахування людських і організаційних факторів.

В роботі досліджено існуючі підходи до впровадження ШІ у системи підтримки прийняття рішень (СППР) в організації і функціонування виробничих процесів на машинобудівних підприємствах в межах Індустрії 4.0. При цьому акцентується увага на специфічних потребах машинобудівного підприємства.

Сформована послідовність інтеграції рішень у виробничих процесах машинобудівних підприємств на основі ШІ та виявлено можливість використання при складанні більш деталізованих інтеграційних планів реалізації. Розроблено рекомендації з проєктування архітектури СППР, враховуючи обмеження на ризики, які присутні на сучасних машинобудівних підприємствах.

Системи підтримки прийняття рішень, що базуються на штучному інтелекті, машинному навчанні та глибокому навчанні зокрема, відкривають широкі можливості для автоматизації та оптимізації виробничих процесів у парадигмі Індустрії 4.0. Інтеграція з різнорідними джерелами даних вимагає ретельного продумування архітектури, впровадження "озер даних" і механізмів реального часу. Глибоке навчання забезпечує високу точність передбачення поломок і дефектів, але накладає підвищені вимоги до обчислювальних ресурсів і якості даних.

Запропонований у роботі план застосування штучного інтелекту на

машинобудівному підприємстві охоплює етапи аудиту, інтеграції, навчання моделей виробничих процесів і підтримки змін у колективі. Правильно спроєктований ланцюжок (від датчиків до рекомендаційної системи) дає змогу суттєво зменшити кількість незапланованих простоїв, підвищити якість продукції та забезпечити гнучкість виробництва на машинобудівному підприємстві. При цьому ключове значення мають масштабованість, безпечність опрацювання даних та врахування людського фактора.

Рекомендації з проєктування архітектури системи підтримки прийняття рішень, що включають увагу до масштабованості, інформаційної безпеки, сумісності з існуючими системами та мінімізації ризиків, були запропоновані як важливе доповнення до плану інтеграції штучного інтелекту. Їх комбінація забезпечує надійну роботу систем у динамічному середовищі сучасного підприємства та сприяє безперервній модернізації виробничих процесів.

Подальші дослідження можуть зосередитися на пояснюваних методах штучного інтелекту, інтеграції блокчейну та доповненої реальності для поглибленої прозорості ланцюгів постачання мобільних машин і обладнання та персоналізованої підтримки прийняття рішень по удосконаленню та ефективності виробничих процесів на машинобудівних підприємствах.

**Список використаних джерел**

1. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.

2. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.

3. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.

4. Аулін В.В., Гриньків А.В., Чумак В.М., Тищенко С.Ю. Використання специфіки інноваційної технології blockchain при розв'язанні логістичних завдань та управлінні ланцюгами постачань Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 23-25 жовтня 2023 року: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2023. – С.41-44.

5. Аулін В. В., Тихий А. А., Гриньків А. В., Чумак В. М., Петленко В. П. Можливості технології blockchain при постачанні продукції машинобудування та сільськогосподарського виробництва Зб. тез доповідей XI Міжнар. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» 22-23 лют. 2024 р., м. Київ / МОН України, НУБіП. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2024. С.97-98.

# Секція 7 *«Надійність будівель, споруд і технічних систем у будівництві»*

# ENVIRONMENTAL ASPECTS IN THE TECHNICAL OPERATION OF THE "ARCELORMITTAL KRYVYI RIH" PLANT

**V. M. BAKULINA**, Senior Lecturer; **O. V. KARTASHOV**, student
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* bakulina_valentina@nubip.edu.ua

Urban planning for industrial enterprises is an essential aspect of territorial planning, as such facilities have a significant impact on the environment, economy, and social sphere. In Ukraine, urban development is regulated by laws, state building codes (DBN), and environmental standards. One of the largest industrial enterprises in Ukraine is the ArcelorMittal Kryvyi Rih steel plant, which operates a full steel production cycle.

**Requirements for Industrial Enterprises in Urban Areas**

The placement of metallurgical industry enterprises is determined by several regulatory documents, including:

**Urban Planning Requirements:** Law of Ukraine "On Regulation of Urban Development Activities" – establishes the procedure for planning and construction of territories, determines the basic requirements for the placement of industrial facilities, and provides for measures to reduce the negative impact of production on the population and the environment; Law of Ukraine "On Environmental Protection" – obliges enterprises to comply with environmental standards, minimize harmful emissions, and implement modern environmental protection technologies; city master plan and local zoning plans – determine the possibility of locating enterprises in certain industrial zones and regulate distances to residential areas, transport infrastructure, and nature conservation areas.

**Key Principles of Urban Planning for Industrial Facilities:**

• Placement of the plant in specially designated industrial zones.

• Compliance with sanitary protection zones between the enterprise and residential areas.

• Minimization of the negative impact on the environment.

• Ensuring efficient logistics, transport, and engineering communications.

State Building Standards (DBN) establish technical requirements for the design, construction, and operation of industrial facilities.

The main DBNs regulating the construction of metallurgical plants include:

1. DBN B.2.2-12:2019 "Planning and Development of Territories" This document defines general requirements for the placement of industrial facilities, their connection to transport infrastructure, and engineering communications.

**Key provisions regulated by this DBN:** industrial enterprises must be located in specially designated areas, away from residential districts; sanitary protection zones must be maintained according to the hazard class of the enterprise; effective water supply, sewage, and energy supply must be ensured.

2. DBN B.2.2-40:2018 "Accessibility of Buildings and Structures. General Provisions".

This document regulates general requirements for industrial facilities, in particular: planning of production premises must contribute to an efficient production process and minimize harmful impacts on employees; buildings must comply with fire and technogenic safety standards; requirements for ventilation, air conditioning, and noise protection systems are provided.

3. DBN B.1.1-31:2013 "Protection of Territories, Buildings, and Structures from Noise".Considering that metallurgical enterprises are sources of significant noise pollution, this regulatory document establishes requirements for sound insulation and measures to minimize noise impact on the environment.
4. DBN B.2.5-20-2018 "Gas Supply"Metallurgical enterprises consume large volumes of gas for technological processes. This document establishes the rules for the design, construction, and operation of gas supply systems.
5. DBN B.1.1-12:2014 "Construction in Seismic Areas of Ukraine" The ArcelorMittal Kryvyi Rih plant is located in the Kryvyi Rih iron ore basin, where there is a risk of earthquakes and ground subsidence. Therefore, the requirements of this DBN must be taken into account in the design to increase the stability of buildings.

**Environmental and Sanitary Requirements.**

Every industrial enterprise must comply with environmental standards. The main requirements include: control of harmful emissions: enterprises must use treatment facilities and modern filters to reduce pollution levels; water supply and sewage: discharging untreated wastewater into water bodies is prohibited; land reclamation: after the completion of activities, industrial zones must be restored. For the ArcelorMittal Kryvyi Rih plant, the introduction of modern technologies that reduce emissions of dust, gases, and heavy metals is of particular importance.

**Conclusion.** Urban planning for metallurgical plants is a complex process that requires compliance with numerous norms and standards. The ArcelorMittal Kryvyi Rih plant must meet Ukrainian legislation, including state building codes and environmental requirements. Adhering to these requirements minimizes the negative impact of industrial production on the population and the environment while ensuring the safe operation of the enterprise.

## References

1.Закон України "Про регулювання містобудівної діяльності". URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17

2. Планування та забудова територій : ДБН Б.2.2–12:2019. – [Чинний з 2019–10–01]. – К. : Мінгеріон України, 2019. – 177 с.

3. Захист територій, будинків і споруд від шуму : ДБН В.1.1-31:2013. – [Чинний з 2014–06–01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2014. – 75 с.

4. Газопостачання : ДБН В.2.5-20:2018. – [Чинний з 2019–07–01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2019. – 109 с.

5. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1–12–2014. – [Чинний з 2014–10–01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2014. – 110 с.

**UDC 624.01/07**

## ANALYSIS OF MODERN TRENDS IN CREATING THE IMAGE OF ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION OBJECTS

**Ye. A. BAKULIN**, Associate Professor;
**D.V. MANUILOV**, Student
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:*bakulin_evgeniy@nubip.edu.ua

Design studio Reiser+Unemoto Architects designed an unusual building in Dubai with a design form in the form of an “Exoskeleton”. The features of the constructive solution are to protect the internal space from external factors – wind, extremely high external temperatures, seismic effects and other adverse conditions (Fig. 1). The building is designed in such a way that all vertical loads are perceived by the external “Exoskeleton”, which allowed to obtain a larger volume of internal space.

Fig. 1. Building in the form of an "Exoskeleton", Dubai

One of the most famous buildings in England in London, designed by the famous British architect Sir Norman Foster. The building is designed and resembles the shape of the "Gherkin". This is the brightest example of modern architectural

bionics, for which the author received the prestigious award of the Royal Institute of British Architects. The 180-meter-high building is designed in such a way that despite the magnificent and curved shape, there is only one element of curved glass in the structure of the building. Due to the efficiency of the design and aerodynamic shape, the effect of wind loads is minimized. And thanks to the shape, the building consumes half as much electricity as similar buildings of this type (Fig. 2).

Fig. 2. Building «Gherkin» – a symbol of London, England

Fig. 3. Design of a building in the form of a traditional Ukrainian "Pysanka"

On the banks of the Dnipro River in Kyiv, architects from the Kyiv office Archimatika have designed a multifunctional complex in the shape of a traditional Ukrainian Easter egg. The facade is planned to be lined with LED screens that will change the patterns of the «Pysanka» (Fig. 3).

In architectural bionics, one of the methods of expressiveness of artistic composition is achieved through the use of frontal accent elements that protrude (recess) from the plane of the main volume. At the same time, frontal elements can be different in geometry, texture, color.

To highlight the form, functional elements of intermediate floors are used - a winter garden, terraces, an observation deck, open areas, technical floors, stairs, etc.

Today, there is no single approach and methodology for designing buildings according to the principles of architectural bionics. In the existing regulatory framework, it is difficult to find clear definitions of this type of construction objects.

At present, in fact, a promising direction of building design according to the principles of architectural bionics has been formed. It consists in combining the style of biological functionalism with organic architecture, which is a productive

connection between man and nature, an appeal to the human essence and individuality.

The study and further development of architectural bionics is a completely directed scientific task, which allows us to go beyond the boundaries of already known, developed architectural images and inspires the creation of new non-traditional forms. Forms in which space and time will be more organically combined, human life will be improved in harmony with the surrounding natural environment.

Analysis of domestic and foreign experience in designing facilities according to the principles of architectural bionics allows us to identify the main trends in the development of architectural and planning solutions and functional organization:

– an increase in the number of functional components;

– integration of "ecological spaces" into the structure of buildings;

– energy independence of designed buildings.

In architectural bionics, the combination of form-forming techniques in organizing the volumetric and spatial solutions of buildings allows for a wide variety of options for harmonious, holistic and dynamic structures in the design of construction objects. It should be noted that the form-forming and architectural and artistic solution of a building cannot depend only on its purpose. The coherence of architecture is a mandatory condition for housebuilding. In architectural bionics, the construction of a volumetric and spatial solution, artistic solutions of facade details, must reveal the purpose of the building itself, creating the appropriate emotional mood of a person. All this consciously determines the uniqueness of the object in the urban planning system. Buildings designed according to the principles of architectural bionics must have the appropriate status, comfortable conditions and consumer qualities.

## References

1. Бакулін Є.А., Бакуліна В.М., Костира Н.О. Об’ємно-просторові рішення будівель і споруд : навч. посіб. К. : Вид. центр НУБіП України, 2024. 264 с. URL: https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/11201

2. Yakovenko I., Bakulin Y. & Bakulina V. (2020). Classification methods of civil buildings reconstruction. *Theoretical and scientific foundations of engineering* : coll. mon. Boston : Primedia eLaunch, 2020, pp. 70–96. https://doi.org/10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II

3. Мар’єнков М.Г., Немчинов Ю.І., Бабік К.М. Особливості нової редакції ДБН В. 1.1-12: 202Х «Будівництво у сейсмічних районах. основні положення». *Наука та будівництво*. 2023. № 36 (2). С. 30–40. https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-4

4. Мар'єнков М., Бабік К., Богдан Д. та ін. Обґрунтування сейсмостійкості висотної будівлі за результатами інструментальних та динамічних досліджень. Наука та будівництво. 2019. Вип. 19(1). С. 66–71.

**UDC 624.01/07**

# MONITORING OF THE STRUCTURAL CONDITION OF CONSTRUCTION OBJECTS

**Ye. A. BAKULIN**, Associate Professor; **V. V. KLIUIEV**, Postgraduate Student
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* bakulin_evgeniy@nubip.edu.ua; v.klyuyev@nubip.edu.ua

Modern research methods involve the utilization of unmanned aerial vehicles (UAVs) for the inspection of buildings and the collection of high-precision data. These data are integrated into Building Information Modeling (BIM) systems for visualization and analysis, while machine learning algorithms are applied for the prediction and assessment of structural damage.

The advancement of such technologies is particularly significant for Ukraine, which is actively reconstructing its infrastructure following extensive destruction. The integration of digital technologies, such as Geographic Information Systems (GIS) and monitoring systems, accelerates the assessment of damage and the planning of reconstruction efforts. The use of drones and satellite data facilitates the management of large-scale projects and reduces risks in hazardous zones. Furthermore, the implementation of innovative technologies, including BIM, enhances the efficiency of design and construction processes. Ukraine holds substantial potential for leveraging these technologies to ensure infrastructure resilience and improve safety under external challenges.

Sensor networks provide continuous real-time monitoring of the structural condition of construction objects. Combining UAVs, BIM, and machine learning enables the rapid detection of damage as well as efficient analysis and prediction of its progression, significantly reducing time and costs compared to traditional methods.

Drones equipped with high-quality cameras and sensors are highly effective for identifying structural defects such as cracks, corrosion of metal elements, structural displacements, and roof deformations. Their capability to survey hard-to-reach or hazardous areas allows for the detection of even microscopic damage, which is often overlooked by traditional methods.

The use of UAVs dramatically reduces the time required for technical inspections of buildings while enhancing the precision and frequency of monitoring. Compared to traditional methods, such as manual inspections or the use of lifts, drones offer a more detailed and objective examination while minimizing risks to personnel. Research indicates that UAVs can identify damage at its early stages, enabling timely interventions to prevent critical failures and reduce repair costs.

Key challenges in the reconstruction and construction of military installations under wartime conditions have been studied by Frolov and his co-authors (2024). Their research focuses on developing new approaches to design and construction that enhance the resilience and efficiency of facilities in conflict environments.

The prospects for employing remote technologies in monitoring construction structures are highly promising, as these technologies facilitate inspections in hard-to-reach or hazardous areas, significantly reducing risks for personnel.

Combining UAVs, photogrammetry, and LiDAR technologies enables the acquisition of highly accurate data on the condition of construction objects, improving the efficiency of technical inspections and reducing the influence of human error in data collection.

Remote technologies also open new avenues for automating defect detection processes through machine learning algorithms capable of processing large volumes of data. This accelerates and enhances diagnostic accuracy, improving the safety and durability of construction structures.

Additionally, integrating these technologies into BIM systems allows for the creation of detailed real-time models, enabling more precise planning and management of maintenance processes. Tregub (2023) examines the legal aspects of managing construction and demolition waste resulting from armed conflicts.

UAVs provide unique opportunities for data collection in hard-to-reach or hazardous zones where traditional monitoring methods are impractical or prohibitively expensive. Equipped with high-resolution cameras and sensors, UAVs can capture even the smallest defects, such as cracks, metal corrosion, or structural displacements. A variety of sensors are used for monitoring the integrity of buildings, including those for measuring deformation, temperature, humidity, as well as accelerometers and gyroscopes for detecting vibrations. These sensors can be installed directly on structures or integrated into monitoring systems through UAVs.

UAVs equipped with cameras, thermal imagers, and LiDAR scanners provide highly accurate data on the condition of buildings. This information is integrated into BIM systems, where specialized software facilitates data analysis, the creation of 3D models, and real-time assessment of structural stability. This approach ensures an accurate representation of the current state of buildings, enabling the timely detection of defects or potential threats of structural failure.

## References

1. Бакулін Є.А., Яковенко І.А., Бакуліна В.М. Визначення параметрів напружено-деформованого стану споруди башти силосу та її конструктивних елементів за наслідками руйнування. *Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention*: coll. mon. Riga: Baltija Publishing‖, 2022. P. 1–43. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-254-8-1

2. Костира Н.О., Малишев О.М., Бакуліна В.М. Особливості технічного обстеження та паспортизації прийнятих в експлуатацію об’єктів будівництва. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. 2019. Vol. 10. № 1. P. 165–169. http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2019.01.165

3. Костира Н.О., Бакуліна В.М. Особливості технічного обстеження об’єктів прилеглих до існуючої забудови. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. КНУБА. 2023. № 12. С. 105-114. https://doi.org/10.32347/2522-4182.12.2023.105-114

4. Клюєв В.В., Бакулін Є.А. Сучасні методи ідентифікації небезпек руйнування будівель, споруд та конструкцій у реальних умовах експлуатації. *Будівельні конструкції. Теорія і практика.* 2024. № 15. С. 86–96. https://doi.org/10.32347/2522-4182.15.2024.86-96

5. Бакулін Є.А. Деформації як індикатори небезпек та ризику руйнування експлуатованих будівель. *Будівництво України*. 2013. №5. С. 2– 5.

6. Bakulin Y.A., Yakovenko I.A., Bakulina V.M. Engineering protection and prepatation of territories : study guide; under the editorship of cand tech. science Ye.A. Bakulin. Kyiv : NULES of Ukraine, 2022. 205 p.

7. Dmytrenko Ye.A., Genzerskiy Yu.V., Yakovenko I.A., Bakulin Ye.A. (2023). Strength Calculation of Normal Cross-Sections of Reinforced Concrete Structures at Flat Bending by the Wood-Armer Method in SP "LIRA SAPR". XIX International Scientific and Practical Conference «*Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture*». *AIP Conference Proceedings.* 2678, 020006. 2023. Issue 1. 9 p. https://doi.org/10.1063/5.0118680

**UDC 624.011**

## STRESS STATE OF STEEL-REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OF THE ELEVATOR WORKING TOWER FLOOR STRUCTURES

**N. O. KOSTYRA,** Ass. Prof.; **P. Ya. PONOMAROV**, Post graduate Student
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* nataliia.kostyra@npp.nau.edu.ua; p.ponomaryov@nubip.edu.ua

The application of steel-reinforced concrete structures in agriculture is only gaining popularity. This type of structure is used to solve certain specific problems. One of them is the design of separator floors structures of elevators working towers. During the operation of grain cleaning separators, dynamic loads are applied, which induce due to the plane-parallel movement of the sieves. These loads are periodic in nature, which can lead to resonance phenomena and vibrations, especially when installing several machines on the same floor. As a result of such oscillations, microcracks may appear in the concrete, which reduces the stability of the floors and the durability of the structure in general.

Steel-reinforced concrete floors demonstrate high resistance to dynamic loads due to a combination of rigidity and vibration absorption, which avoids resonance phenomena that often occur when placing heavy equipment, such as grain cleaning machines. The design of steel-reinforced concrete floors allows to significantly reduce the amplitude of oscillations, which has a positive effect on the stability of the equipment and reduces the risk of its damage.

During the design of the tower structures, several options were considered, and the optimal solution was chosen: a composite steel-concrete slab on a profiled

platform. This option was selected both in terms of material cost-efficiency and the ability to withstand dynamic loads from the cleaning machines. To connect the steel frame and concrete, stud bolts with a diameter of 16 mm were used. The main fastening and concrete reinforcement nodes are shown in Fig. 1.

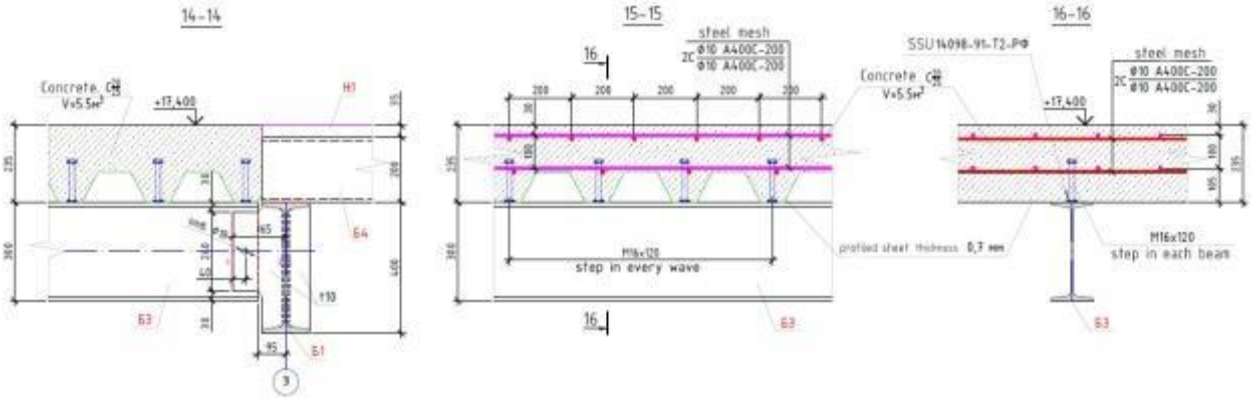



Fig. 1. Fastening and reinforcement nodes of the steel-concrete slab

During the study, additional calculations were conducted with a 10% reduction in the thickness of the steel-reinforced concrete slab. The analysis of the obtained data and the construction of a comparative graph (Fig. 2) revealed that the frequency of one of the natural vibration modes of the structure reached 5.05 Hz, which practically coincides with the vibration frequency of the grain cleaning machine.

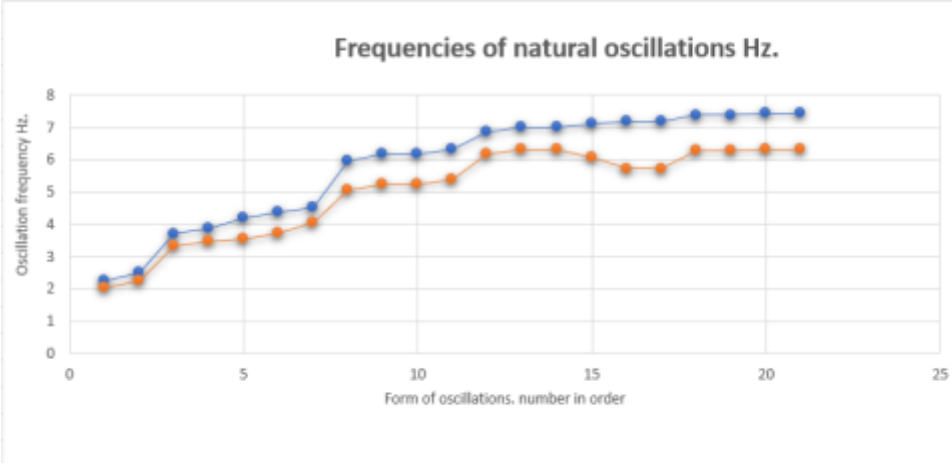



Fig. 2. Graph of the dependence of vibration frequency on the mode of oscillation

Thus, reducing the slab thickness by 10% induces a resonance phenomenon, which can significantly increase vibration amplitudes, leading to potentially hazardous dynamic effects on the structure and equipment. This highlights the critical importance of precise geometric parameter calculations during the design of slabs.

**Conclusions.** Through modal analysis, the natural frequencies and vibration modes of the structure were identified and compared with the operating frequency of the grain cleaning machines. A key design feature was the incorporation of steel-reinforced concrete floor on profiled platform, which offer high rigidity and excellent vibration absorption. This approach successfully minimized structural vibration amplitudes, prevented resonance phenomena, and ensured the stability of the

equipment. Reliable connections between steel elements and concrete were achieved using stud bolts with a diameter of 16 mm.

The scientific novelty of the study lies in the innovative application of steel-reinforced concrete floor on profiled platform for elevator working towers, considering variations in slab thickness and stud bolt diameters. A comprehensive methodology using modal analysis was introduced to assess and mitigate resonance risks. The findings demonstrate that these structural solutions effectively reduce vibration amplitudes, enhance structural reliability, and ensure long-term stability and

The structural design was executed using advanced software systems, including LIRA-FEM for detailed calculations and Autodesk Revit for modeling and information management. The results confirmed the optimality of the chosen s
o
l
u
t
i
o
n
s
n
e
f
f
i
c

**References**

1. Barabash M., Kostyra N. & Maksymenko V. (2024). Modeling of building structures resistance to collapse failure from explosive impact. *International Scientific Applied Conference Problems of Emergency Situations (PES 2024),* Vol. 156, pp. 65–74. https://www.scientific.net/AST.156.

2. Yakovenko I.A., Bakulin Ye.A., and Bakulina V.M., 2020. Classification methods of civil buildings reconstruction. *Theoretical and scientific foundations of engineering: collective monograph.* Boston: Primedia eLaunch, pp. 70–96. http://isg-konf.com.

3. Bakulin Ye.A., Yakovenko I.A., and Bakulina V.M., 2022. Determination of parameters of the stress-strain state of a silo tower structure and its structural elements based on destruction results. *Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention: collective monograph.* Riga: Izdevnieciba Baltija Publishing, pp. 1–43. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-254-8-1.

4. Barabash M.S., Kostyra N.O., and Pysarevskiy B.Y., Strength-strain state of the structures with consideration of the technical condition and changes in intensity of seismic loads. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,* Volume 708. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/708/1/012044.

5. Костира Н.О., Бакуліна В.М. Напружено-деформований стан фундаментів висотної будівлі при влаштуванні стіни в ґрунті. *Будівельні конструкції. Теорія і практика. КНУБА.* 2024. № 15. С. 110-123. https://doi.org/10.32347/2522-4182.15.2024

6. Костира Н.О., Бакуліна В.М. Особливості технічного обстеження об’єктів прилеглих до існуючої забудови. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2023. № 12. С. 105-114. https://doi.org/10.32347/2522-4182.12.2023.105-114

7. Барабаш М.С., Костира М.С., Максименко В.П., Бармін І.В. Моделювання динамічних навантажень вибухового типу в задачах дослідження міцності будівельних конструкцій з використанням ПК ЛІРА-САПР. *Наука та будівництво*. 2023. № 4(38). С. 20-27. https://doi.org/10.33644/2313-6679-4-2023-3

**UDC 614.84**

# UNIQUE BUILDING MATERIALS: TRANSPARENT WOOD

**V. M. BAKULINA**, Senior Lecturer; I**. V. FEDORENKO**, student
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* bakulina_valentina@nubip.edu.ua; igogor505@gmail.com

Transparent wood composites *are* unique modern materials *that* were first introduced in 1992 by the German researcher Siegfried Fink, he managed to create transparent wood, and he published his technique in a niche journal on wood technology.

Later, in 2016, a research team led by Professor Lars Berglund of Sweden's KTH University, who was inspired by Fink's discovery, and together with a research team at the University of Maryland led by Professor Liangbing Hu, developed a method to remove color and some chemicals from small blocks of wood, followed by the addition of polymers such as polymethyl methacrylate (PMMA) and epoxy resin, at the cellular level, thereby making them transparent.

In 2019, researchers from China and Germany began work on optimizing transparent wood for solar panels and energy-efficient buildings. They investigated the use of biodegradable polymers instead of synthetic resins, which improves sustainability. Now, after years of experimentation, the research of these groups is beginning to bear fruit.

Research on transparent wood continues to this day, although this material is still in the early stages of commercialization, but its history shows rapid development and a strong interest in sustainable materials.

**Manufacturing process.**

The main manufacturing method is called "lignification". The process of creating a transparent tree may vary. However, the basics of this are as follows: the wood sample is soaked in heated (80 °C–100 °C) solutions containing sodium chloride, sodium hypochlorite, or sodium hydroxide/sulfite for about 3 to 12 hours, followed by immersion in boiling hydrogen peroxide.

The lignin is then separated from the cellulose and hemicellulose structure, turning the wood white and allowing resin penetration to begin. Finally, the sample is immersed in a suitable resin, usually PMMA, at high temperatures (85°C) and vacuum for 12 hours. This process fills the space previously occupied by lignin and the open cellular structure of the wood, resulting in a final transparent wood composite.

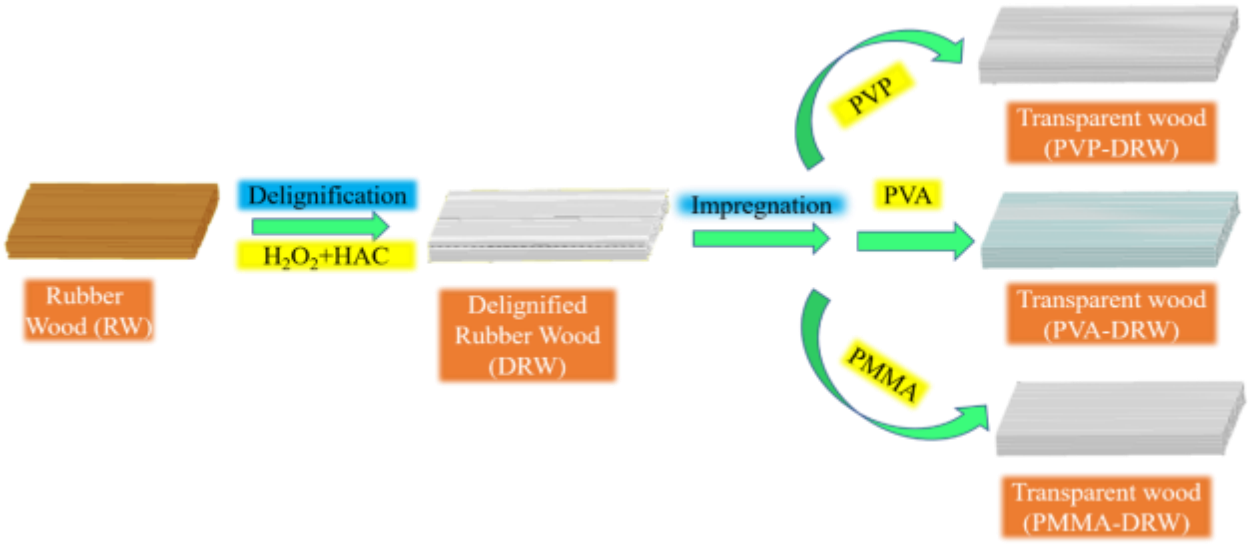



Fig. 1. Making transparent wood

**Mechanical properties.**

Transparent wood retains the strength inherent in natural wood fibers and acquires additional rigidity thanks to the polymer matrix. Generally, it is stronger than natural wood, but slightly less flexible, although more flexible than glass, which makes clear wood less prone to shattering under load.

Clear wood has better insulating properties than glass, making it suitable for energy-efficient construction, and it is also much lighter than glass. Compared to glass, transparent wood is less transparent because it transmits the same amount of light, but instead of letting it through like regular glass, transparent wood scatters it, meaning the objects behind it look blurry unlike regular glass.

**Application examples.**

Clear wood can be used to produce solar cells, especially for large surfaces, load-bearing windows and roofs, glazing systems, and some other use cases.

## References

1. Chen C., Kuang Y., Zhu S. & oth. Structure-property-function relationships of natural and engineered wood. *Nat. Rev. Mater.*, 2020, 5 (9), pp. 642-666.

2. Zhu S., Biswas S.K., Qiu Z., Yue Y., Fu Q., Jiang F., Han J. Transparent wood-based functional materials via a top-down approach. *Prog. Mater. Sci.*, 2023, 132, article no 101025.

3. Mariani A., Malucelli G. Transparent wood-based materials: current state-of-the-art and future perspectives. *Materials*, 2022, no 15, p. 9069.

4. Li Y., Vasileva E., Sychugov I., Popov S., Berglund L. Optically transparent wood: recent progress, opportunities, and challenges. *Adv. Opt. Mater.*, 2018, 6 (14), article no 1800059

5. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Transparent_wood_composite

**UDC 624.072.23**

# OPTIMIZATION OF CRANE BEAM REINFORCEMENT WITH 12 M SPAN, ACCORDING TO THE ANALYTICAL AND COMPUTER CALCULATIONS RESULTS

**Ye. A. BAKULIN**, Associate Professor; **A. O. HALAIEV**, Student
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* bakulin_evgeniy@nubip.edu.ua; galayev3@gmail.com

In order to improve the design solutions of the crane beam with a span of 12.0 m, an analysis of the results of its calculation performed by the analytical method based on the existing algorithm and the automated method in the PC "LIRA-SAPR" was carried out. According to the results of the calculations based on the analysis - comparison, the reinforcement of the crane beam was optimized.

When designing frame industrial buildings with bridge cranes, an important parameter is its load capacity (Q) - the maximum permissible mass of the cargo. For single-girder bridge cranes, which are intended for loading and unloading operations, no less important parameters are shown in Fig. 1.

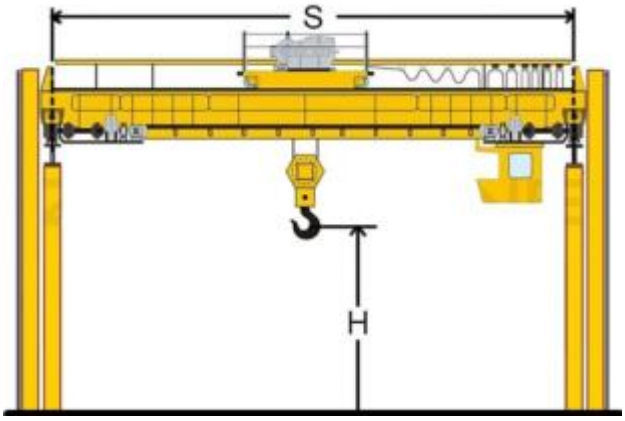



Fig. 1. General view of a single-girder overhead crane with the main parameters: 1 - span of the overhead crane (S); 2 - hook lifting height (H)

The design diagrams of the flat and spatial frames are shown in Fig. 2 and Fig. 3, respectively.

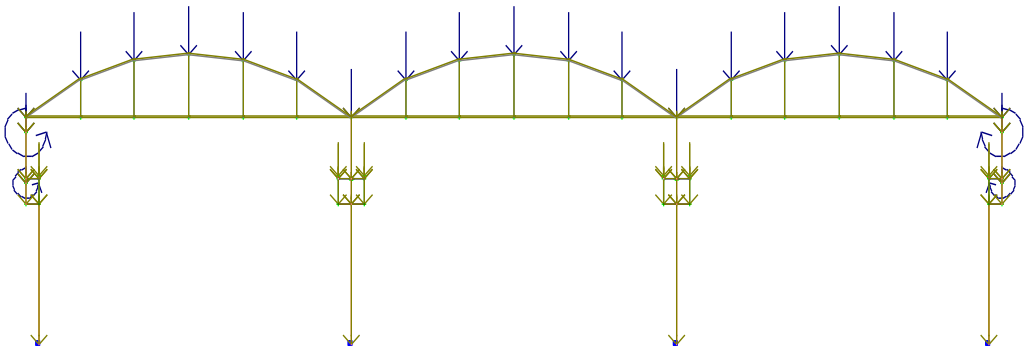


Fig. 2. Design diagram of a flat frame

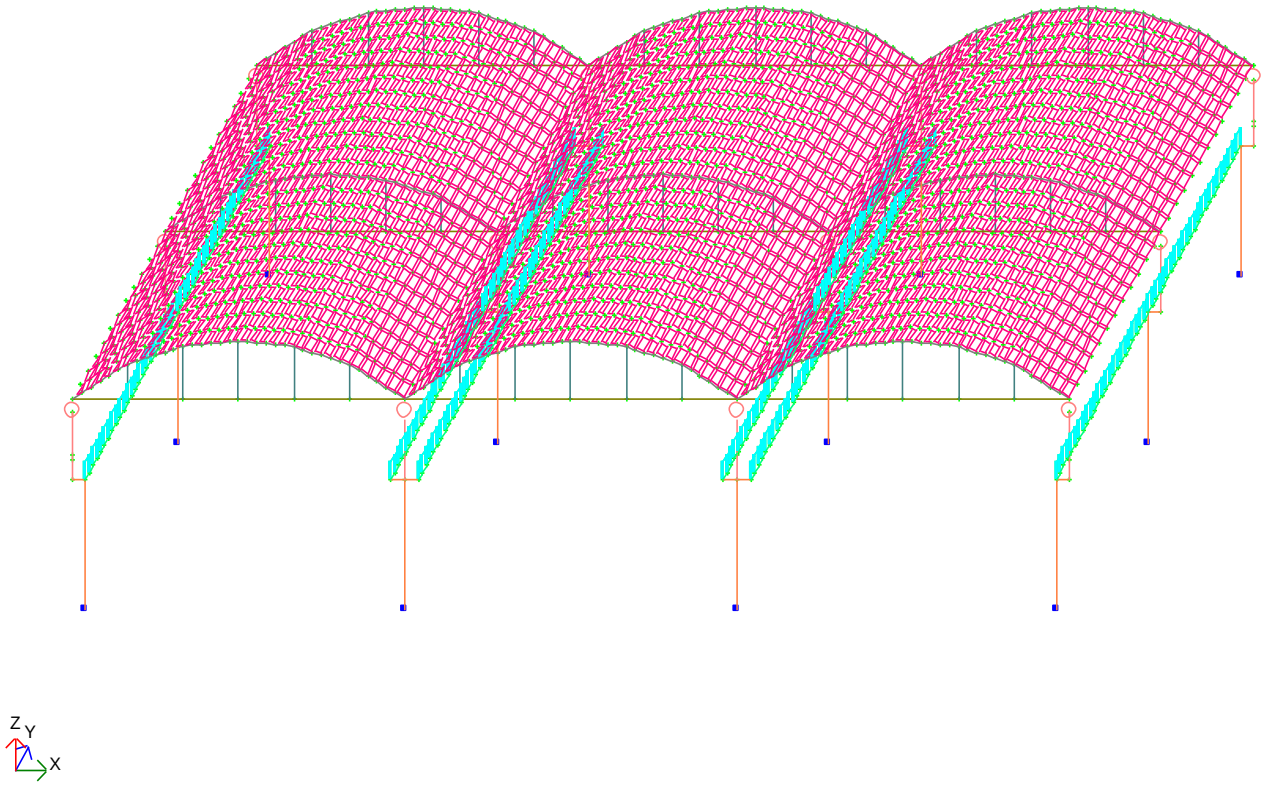



Fig. 3. Design scheme of the frame in the spatial version

The calculated maximum displacements in each RZN are given in Table 1.

Table 1. **Maximum and minimum movements of the frame**

| RZN | Moving around X, mm | | Moving around Y, mm | |
|---|---|---|---|---|
| | min | max | min | max |
| RZN 4: sum of all vertical loads and wind along X | 1,36 | 37,6 | -27,4 | 2,62 |
| RZN 5: sum of all vertical loads and wind against X | -3,32 | 13,9 | -24,2 | 0,87 |
| RZN 6: сума всіх вертикальних навантажень та вітрове по Y | -0,54 | 22,8 | -16,8 | 3,41 |
| RZN 7: sum of all vertical loads and winds against Y | -0,44 | 24,1 | -31,5 | 0,012 |

The displacement of the frame is within 3.76 cm, which does not exceed the maximum permissible norms of the State Standards of Ukraine B V.1.2-3:2006, which are L/800 =15.0 *cm*.

**Conclusions:**

1. The design of the crane beam with a span of 12 *m* was analyzed for the perception of the most unfavorable load combinations.

2. The crane beam was calculated according to the first and second groups of limit states, analytical (according to the algorithm) and automated (PC LIRA - CAD) calculation methods.

3. The analysis was carried out – a comparison of the main provisions and results of the calculation of the crane beam from analytical and automated calculations.

4. Summarizing the results obtained, it is possible to conclude that the reinforcement of the crane beam provides its sufficient strength and rigidity.

5. Considering that the safety factor of the overall stability of the frame is 15.78 with a standard value of 2.0 and the calculated displacements are 3.76 *cm* with maximum permissible values of 15.0 *cm*, it can be stated that in general the reinforcement of the crane beam can be reduced to 5 – 7%.

**References**

1. Yakovenko I., Bakulin Y. & Bakulina V. (2020). Classification methods of civil buildings reconstruction. *Theoretical and scientific foundations of engineering* : coll. mon. Boston : Primedia eLaunch, 2020, pp. 70–96.URL: https://doi.org/10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II

2. Dmytrenko Ye.A., Genzerskiy Yu.V., Yakovenko I.A., Bakulin Ye.A. (2023). Strength Calculation of Normal Cross-Sections of Reinforced Concrete Structures at Flat Bending by the Wood-Armer Method in SP "LIRA SAPR". *XIX International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture». AIP Conference Proceedings.* 2678, 020006. 2023. Issue 1. 9 p. https://doi.org/10.1063/5.0118680

3. Yakovenko I., Dmytrenko Y., Bakulina V. (2022). Construction of Analytical Coupling Model in Reinforced Concrete Structures in the Presence of Discrete Cracks. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2022. P.107–120. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9_10

4. Бакулін Є.А., Бакуліна В.М., Костира Н.О. Об'ємно-просторові рішення будівель і споруд : навч. посіб. К. : Вид. центр НУБіП України, 2024. 264 с. URL: https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/11201

5. Клюєв В.В., Бакулін Є.А. Сучасні методи ідентифікації небезпек руйнування будівель, споруд та конструкцій у реальних умовах експлуатації. *Будівельні конструкції. Теорія і практика.* 2024. № 15. С. 86–96. https://doi.org/10.32347/2522-4182.15.2024.86-96

6. Башинський О.В., Башинська О.Ю. Аналіз напружено-деформованого стану вогнезахищеної сталевої балки перекриття. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. Київ, 2023. Вип.12. С. 126–138. https://doi.org/10.32347/2522-4182.12.2023.126-138

7. Башинський О.В. Оцінка несучої здатності сталевої балки перекриття в умовах високих температурних впливів. *Наука та будівництво*. 2024. Том 39 №1. С. 72–78. https://doi.org/10.33644/2313-6679-1-2024-8

8. Дмитренко Є.А., Андрієвська М.А., Яковенко І.А. Врахування сумісної роботи дисків покриттів зі збірного залізобетону у складі пролітних згинальних металевих конструкцій. *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини*. 2024. Вип. № 28. С. 128–139. https://doi.org/10.31650/2707-3068-2024-28-128-139

9. Бакулін Є.А. Деформації як індикатори небезпек та ризику руйнування експлуатованих будівель. *Будівництво України*. 2013. №5. С. 2– 5.

**UDC 621.311.243**

## INNOVATIONS IN CONSTRUCTION: TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AND MODERN TRENDS

**V. M. BAKULINA**, Senior Lecturer; **O. Ye. PRYNTSYPAL**, Student
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* bakulina_valentina@nubip.edu.ua; oleksandrprincipal@gmail.com

Construction is one of the most crucial sectors of the economy, continuously evolving. Innovations in construction enhance efficiency, safety, and the environmental friendliness of building processes. Technological solutions in construction cover all stages of the building process, from design to operation. Among the most significant technological advancements, the following stand out:

• **Multifunctional materials and structures.** Modern materials and structures combine several functions, such as thermal insulation and soundproofing, or strength and flexibility. For instance, 3D-printed buildings can simultaneously be strong and lightweight, while incorporating entertainment and recreational zones.

• **Digital design and construction.** Digital technologies enable more efficient and precise building design and construction. For example, the use of BIM (Building Information Modeling) technologies facilitates the creation of three-dimensional models of buildings, which can be utilized for analyzing and optimizing design solutions.

Fig. 1. Innovations in construction

Fig. 2. Example of Eco-Friendly Energy Supply for Buildings

• **Automated construction processes.** Automation in construction enhances labor productivity and reduces errors. For instance, using drones in construction allows tasks to be performed with greater precision and speed.

Modern trends in construction focus on improving energy efficiency, environmental sustainability, and building safety. Among the most relevant trends, the following stand out:

• **Green construction.** Green construction involves a set of measures aimed at reducing the negative impact of buildings on the environment. It encompasses the use of environmentally friendly materials, technologies, and design solutions.

• **Digital development.** Digital technologies are increasingly penetrating the construction industry. They enhance the efficiency, safety, and environmental sustainability of construction activities.

• **Automation.** Automation of construction processes improves labor productivity and reduces the margin for errors.

**Conclusion.** Innovations in construction play a crucial role in the industry's development. They contribute to greater efficiency, safety, and environmental sustainability in construction operations.

## References

1. Yakovenko I., Bakulin Y. & Bakulina V. (2020). Classification methods of civil buildings reconstruction. *Theoretical and scientific foundations of engineering* : coll. mon. Boston : Primedia eLaunch, 2020, pp. 70–96.URL: https://doi.org/10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II

2. URL: https://mindscope.biz.ua/

3. Dmytrenko Ye. A., Genzerskiy Yu. V., Yakovenko I.A., Bakulin Ye. A. Strength Calculation of Normal Cross-Sections of Reinforced Concrete Structures at Flat Bending by the Wood-Armer Method in SP "LIRA SAPR". In: Awrejcewicz J., Danishevskyy Vl., Markert B., Novomlynets O., Savytskyi M., Tereshchuk O., Unčík St. (eds) XIX International Scientific and Practical Conference «*Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture*». *AIP Conference Proceedings*. 2678, 020006. 2023. Issue 1. 9 p. https://doi.org/10.1063/5.0118680

4. Бакулін Є.А., Яковенко І.А., Бакуліна В.М. Визначення параметрів напружено-деформованого стану споруди башти силосу та її конструктивних елементів за наслідками руйнування. *Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention* : coll. mon. Riga : Baltija Publishing, 2022. P. 1–43. URL: https://doi.org/10.30525/978-9934-26-254-8-1

5. Бакулін Є.А. Критерії надійності та ризиків при оцінюванні технічного стану експлуатованих будівель. *Будівництво України*. 2013. №1. С. 2–4.

6. Yakovenko I., Dmytrenko Y., Bakulina V. Construction of Analytical Coupling Model in Reinforced Concrete Structures in the Presence of Discrete Cracks. In: Bieliatynskyi A., Breskich V. (eds) Safety in Aviation and Space Technologies. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2022. P.107–120. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9_10

**UDC 725.8. I**

# INNOVATIVE BUILDING CONSTRUCTION METHODS: 3D PRINTING

**V. M. BAKULINA**, Senior Lecturer; **O. M. SUDDIA**, student
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* bakulina_valentina@nubip.edu.ua; olia.suddia@gmail.com

Construction is a crucial industry that impacts both the economy and comfort. Modern building standards involve the use of advanced technologies and materials that enhance energy efficiency, sustainability, and cost-effectiveness. One of the promising directions is 3D printing, which helps reduce costs and minimize risks.

The use of 3D printing in construction is applied to both simple and complex architectural forms, the production of prefabricated building elements, the creation of small architectural structures, and the improvement of urban spaces [1].

Modern digital building models are integrated into construction processes, where 3D printers are used to manufacture building structures by extruding concrete mixtures layer by layer according to the programmed design, effectively "printing" the building. Layered extrusion is currently the dominant method in most construction printers. The process involves a working nozzle or extruder of a 3D printer dispensing a fast-hardening concrete mixture with additives that improve the properties of the final structure.

The technology of 3D-printed houses is implemented using a 3D printer in the form of a robotic crane, which is installed directly on the construction site.

Common materials for printing include liquid metals, plastic, cement, and other substances capable of solidifying and setting after cooling.

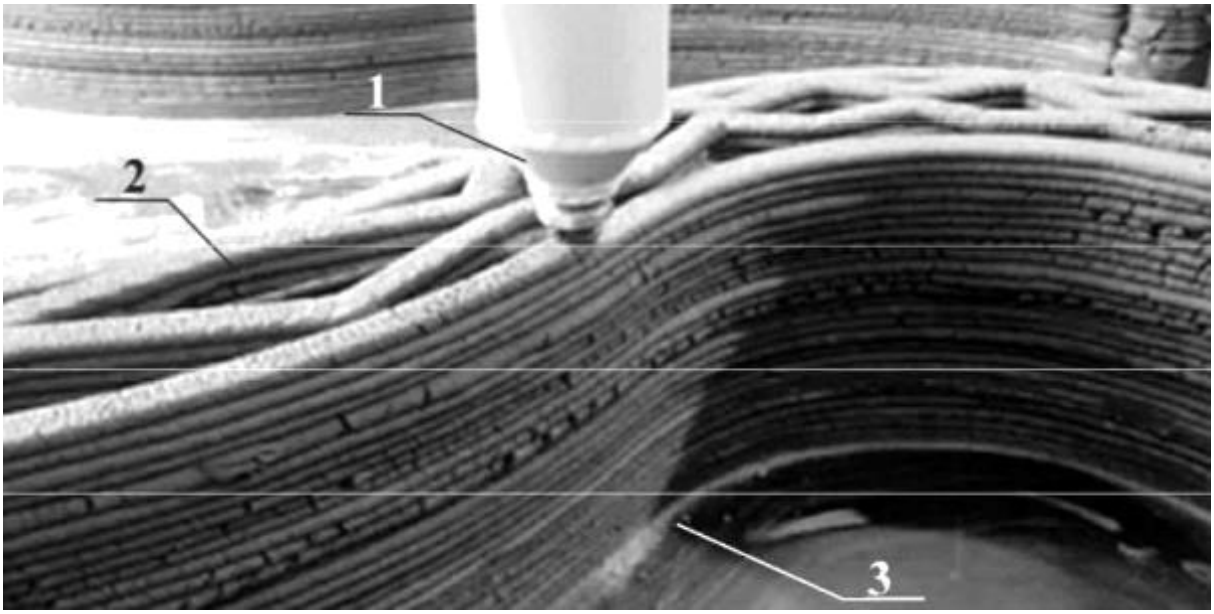



Fig. 1. Manufacturing of enclosing structures using layered extrusion with a 3D printer [1]: 1 – nozzle; 2 – enclosing structure being manufactured; 3 – base

The «Contour Crafting» (CC) technology allows for the design of engineering communications within wall cavities and automates their installation using specialized equipment mounted on a frame. During material extrusion, spatulas located on the dispensing nozzle smooth the surface. The height of each layer depends on the size of the spatula and must be sufficient for the upper layers to begin hardening while maintaining the required load-bearing capacity.

Fig. 2. 3D Printing Setup for Building Construction Using the «Contour Crafting» Technology [1]

Later, another construction 3D printing technology called «Concrete Printing» (CP) was developed. It operates on a similar principle to the CC technology, based on the layered extrusion of a construction mixture. The main difference between CP and CC is the absence of spatulas on the extruder, which allows for the creation of more complex geometric shapes.

Fig. 3. 3D Construction Process Using the Concrete Printing Technology [1]

**Conclusion:** The additive 3D printing technology for buildings offers several advantages: it reduces labor intensity, minimizes the risk of injuries, increases the level of automation and construction speed, and helps decrease the amount of industrial waste.

**References**

1. Комишев Д.Г., Бєлятинський А.О. Інноваційні технології в будівництві: 3d-друк будівель, мобільні програми та штучний інтелект. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering*. 2023. №104(4). С. 22–43. https://doi.org/10.31713/vt420233

2. Бакулін Є.А., Бакуліна В.М., Костира Н.О. Об'ємно-просторові рішення будівель і споруд : навч. посіб. К. : Вид. центр НУБіП України, 2024. 264 с. https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/11201

3. Яковенко І.А., Бакулін Є.А. Напрями наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України. Зб. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). К. : НУБіП України, 2023. С. 488–491.

**UDC 504.05**

## THE ROLE OF LADIZHYN TPP IN UKRAINE'S ENERGY SECURITY AND THE NEED FOR ITS RESTORATION

**V. M. BAKULINA**, Senior Lecturer; **O. V. BRANITSKA**, student
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* bakulina_valentina@nubip.edu.ua

Ladizhyn Thermal Power Plant (TPP) was commissioned in 1975. The construction of the plant was part of a large-scale program for developing Ukraine's energy system during the 1970s and 1980s. Thanks to its location on the Southern Bug River, the plant ensured reliable cooling of equipment, contributing to stable operation.

Ladizhyn TPP is one of the key energy facilities in Ukraine, providing stable electricity supply to the Vinnytsia region and neighboring areas. However, with the onset of military actions in Ukraine, the country's energy infrastructure suffered significant damage. This thermal power plant, like many other strategically important facilities, came under threat. As a result of military shelling, the plant sustained severe damage, which significantly affected its capacity and ability to meet the region's energy needs.

The restoration of this TPP is a vital part of the process of reconstructing Ukraine's energy infrastructure amidst wartime conditions. Given the plant's importance for the country's energy security, its reconstruction requires not only the repair of damaged power units and infrastructure but also the implementation of modern technologies to enhance the station's efficiency and resilience to potential future threats. In this context, it is crucial to address technical challenges and consider

pathways for recovery, as well as the significance of the TPP's reconstruction for the stable operation of the national energy system.

Throughout its history, Ladizhyn TPP underwent several modernizations, which improved its efficiency and reduced its environmental impact. In the 1990s, the reconstruction of turbines and boilers was carried out, increasing the plant's capacity. The thermal power plant is one of the largest in Ukraine. Its installed capacity is about 1,500 MW, enabling it to supply electricity not only to Vinnytsia but also to other regions in the southern and central parts of the country.

The plant consists of several power units, each equipped with steam turbines and boilers, ensuring high stability in electricity generation. All the plant's power units operate on coal, which is the main fuel for TPPs.

At the same time, coal as the primary fuel is one of the main sources of CO2 emissions and other pollutants. To reduce the environmental impact, the plant is equipped with flue gas cleaning systems and water treatment facilities. However, due to coal use, atmospheric emissions remain significant, raising environmental concerns.

As of today, the thermal power plant is one of the primary energy facilities in southwestern Ukraine. However, to maintain its efficiency and reduce its environmental impact, further modernization of equipment and a transition to more environmentally friendly energy sources are necessary. Following numerous shellings and damages caused by military actions, the plant's reconstruction has become an urgent necessity. According to reports, critical infrastructure components ensuring the uninterrupted operation of the TPP were damaged due to recent attacks.

The reconstruction of Ladizhyn TPP after numerous attacks is a crucial step to ensure its continued effective operation and stable electricity supply in the region. Successful modernization will not only restore its operation but also improve its resilience to future threats.

In the future, there are plans to expand the plant's capacity and implement cutting-edge technologies to significantly reduce its ecological footprint. One of the development directions is the potential transition to alternative fuels, such as biomass.

## References

1. Yakovenko I., Bakulin Y. & Bakulina V. (2020). Classification methods of civil buildings reconstruction. *Theoretical and scientific foundations of engineering* : coll. mon. Boston : Primedia eLaunch, 2020, pp. 70–96. https://doi.org/10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II

2. Бакулін Є.А., Яковенко І.А., Бакуліна В.М. Інженерний захист та підготовка територій : навч. посіб.; за ред. канд. техн. наук Бакуліна Є.А. К. : НУБіП України, 2020. 212 с.

3. Яковенко І.А., Бакулін Є.А. Методика проведення комплексного обстеження кам’яних і армокам’яних конструкцій. Збірник тез доповідей XX Міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та

біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн» (19–20 березня 2020 року). К.: НУБіП України, 2020. С. 64–67.

4. Бакулін Є.А., Бакуліна В.М., Костира Н.О. Об'ємно-просторові рішення будівель і споруд : навч. посіб. К. : Вид. центр НУБіП України, 2024. 264 с. URL: https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/11201

**UDC 377:693.6 (07)**

## PAINTING AND DECORATION OF BUILDING FACADES

**V. M. BAKULINA**, Senior Lecturer; **M. E. ORLOV**, student
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* bakulina_valentina@nubip.edu.ua

Painting and decoration of facades is a complex of works aimed at protecting building structures from the negative impact of the external environment and giving buildings an aesthetic appearance. This process is an integral part of the construction cycle and has a significant impact on the durability and appearance of structures.

Undoubtedly, the appearance of the building's facade determines its initial perception. However, high-quality decoration of the building's facade is not only a guarantee of its aesthetics, but also a way to protect it from the aggressive effects of negative weather factors. Therefore, the exterior design of the house should be approached no less responsibly than the interior.

The main requirements for exterior paints are safety and durability. Colors should not fade in the sun and form a plastic coating. Otherwise, they will "fade" under the influence of temperature fluctuations and the associated cycles of expansion and contraction of the base.

Fig.1. Facade decoration

Parameters to consider when choosing a durable facade paint:

- **Resistance to fading.** Sooner or later, all paints fade and lose their rich color under the influence of the sun and rain. However, this happens faster for some than for others. Mineral pigments are more resistant to ultraviolet radiation than organic ones. That is why the choice of colors for facade decoration is limited.

Paints are given covering power by organic and inorganic pigments. As a base in various coloring systems, ordinary white paint in the base (type A) or "colorless" (type C) can be used - with a reduced content of white pigment, for example, titanium dioxide. Result: a dense color through which the texture of the base (wood, for example) is not visible.

- **Vapor permeability.** The ability of the coating to transmit water vapor from the inside of the building is one of the most important parameters of facade paint. To evaluate it, the amount of vapor that passes through 1 square meter of coating per day is taken into account. The vapor permeability of a good paint is at least 130 g.
- **Moisture resistance.** Rain and snow are common causes of facade damage. Getting on the walls, moisture causes cracks, contributes to the peeling of the cladding. That is why it is so important to use moisture-resistant paint, especially in regions with humid climates.

Fig. 2. Plastering the facade

Fig.3. The facade of the house is lined with stone

Fig. 4. Facade decoration with siding

Fig. 5. Facing the facade with ceramic tiles

Fig. 6. Facing the building with facade cassettes

Fig. 7. Facing with facade porcelain stoneware

Popular materials for facade decoration:

Facade cassettes are a relatively new material for cladding houses, which is only beginning to gain popularity. Most often, these are square or rectangular metal products.

Facade porcelain stoneware is increasingly being found in cities as a wall cladding. This material is more often used for finishing industrial and commercial buildings, as well as apartment buildings.

This material is durable, does not absorb moisture, and has an attractive appearance. Installation does not require a lot of preparatory work, the tile helps to hide all the defects of the former facade of the building. It is mounted in a ventilated way, hiding the insulation material.

**References**

1. Yakovenko I., Bakulin Y. & Bakulina V. (2020). Classification methods of civil buildings reconstruction. *Theoretical and scientific foundations of engineering* : coll. mon. Boston : Primedia eLaunch, 2020, pp. 70–96. https://doi.org/10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II

2. Бакулін Є.А., Бакуліна В.М., Костира Н.О. Об’ємно-просторові рішення будівель і споруд : навч. посіб. К. : Вид. центр НУБіП України, 2024. 264 с. URL: https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/11201

3. Клюєв В.В., Бакулін Є.А. Сучасні методи ідентифікації небезпек руйнування будівель, споруд та конструкцій у реальних умовах експлуатації. *Будівельні конструкції. Теорія і практика.* 2024. № 15. С. 86–96. https://doi.org/10.32347/2522-4182.15.2024.86-96

4. Костира Н.О., Бакуліна В.М. Особливості технічного обстеження об’єктів прилеглих до існуючої забудови. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2023. №12. С. 105–114. https://doi.org/10.32347/2522-4182.12.2023.105-114

5. Русецька М.В., Бакулін Є.А. Базальтовий утеплювач – природній «зелений матеріал» для сучасних конструкцій. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2024. № 22. С. 5–15. https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-12(22)-01

6. URL: https://domfasadov.com.ua/ua/fasadnyj-keramogranit/

7. URL: https://dniprobud.kiev.ua/articles/varanti-suchasnikh-materialv-dlja-krasivo-obrobki-fasadu

8. URL: https://ozdobabudivelna.in.ua/farbuvannya/shho-vrahuvaty-pry-vybori-farby-dlya-zovnishnih-robit.html

**УДК 624.042.7**

# ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ ВПЛИВІВ НА ЖИТЕЛІВ МЕГАПОЛІСІВ

**М. Г. МАР'ЄНКОВ,** професор; **І. Ю. ГОЛОВКО**, студент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* maryenkov2019@gmail.com

**Об'єкт дослідження** – житлові приміщення квартири житлового будинку.

Мета – дослідження рівнів вібрацій перекриттів 2-го поверху у квартирі від динамічних впливів обладнання, встановленого на першому поверсі у кімнатах під житловими приміщеннями квартири на другому поверсі.

**Методи досліджень та апаратура**:

• вібраційний моніторинг протягом 3 років із застосуванням багатоканальної системи для визначення фактичних рівнів та спектрального складу вібрацій перекриттів у житлових приміщеннях при впливах віброактивного обладнання.

Результати досліджень:

• фактичні рівні віброприскорень, вібросигнали та спектри прискорень (октавні та вузькосмугові) перекриттів та стін у квартирі;

• порівняння фактичних рівнів вібрацій із допустимими за санітарними нормами.

Шестиповерховий житловий будинок на вул. Пирогова у Києві було збудовано у 50-х роках XX-го століття та розташовано на відстані понад 100 м від найближчої підземної лінії метрополітену. Будівля з несучими зовнішніми кам'яними стінами товщиною 500 мм (рис. 1). Дерев'яні перекриття. Несучі балки перекриття спираються на цегляні стіни. Після будівництва будинку реконструкція перекриттів не проводилась. На першому поверсі під житловими приміщеннями було виконано реконструкцію та встановлено віброактивне обладнання, яке експлуатується вже понад 10 років.

Відповідно до вимог пункту чинних в Україні норм ДБН В.2.2-15-2019 [1] допускається встановлення індивідуальних теплових пунктів (джерел шуму та вібрації) та іншого віброактивного обладнання лише у підвальних приміщеннях житлових будинків рівного 25 дБА у житлових кімнатах. При цьому перекриття над підвалом повинні бути обов'язково залізобетонними. Встановлення віброактивного обладнання у суміжних приміщеннях з житловими кімнатами не допускається, оскільки рівні вібрацій та рівні звуку можуть перевищувати допустимі за санітарними нормами [1, 2].

Разом з тим, за порушення вимог ДБН В.2.2-15-2019 [1], на першому поверсі в нежитлових кімнатах, розташованих під житловими приміщеннями, працює цілодобово віброактивне обладнання.

Крім того, на зовнішній стіні першого поверху та на ґрунті встановлені та працюють кондиціонери (рис. 2–3).

Рис. 1. Загальний вид дворового фасаду житлового будинку (на першому поверсі експлуатується віброактивне обладнання, включаючи кондиціонери)

Відповідно до вимог пункту 5.24 (зміна № 3 від 01.10.2012 р.) чинних в Україні норм ДБН В.2.2-15-2019 [1] допускається встановлення індивідуальних теплових пунктів (джерел шуму та вібрації) та іншого віброактивного обладнання лише у підвальних приміщеннях житлових будинків. При цьому перекриття над підвалом повинні бути обов'язково залізобетонними. Встановлення віброактивного обладнання у суміжних приміщеннях з житловими кімнатами не допускається, оскільки рівні вібрацій та рівні звуку можуть перевищувати допустимі за санітарними нормами [1, 2]. Разом з тим, за порушення вимог ДБН В.2.2-15-2005 [1], на першому поверсі в нежитлових кімнатах, розташованих під житловими приміщеннями, працює цілодобово віброактивне обладнання. Крім того, на зовнішній стіні першого поверху та на ґрунті встановлені та працюють кондиціонери (рис. 2–3).

У зв'язку з багаторічними впливами вібрацій та шуму (від віброактивного обладнання та кондиціонерів, що працює на першому поверсі) на організм мешканців квартири другого поверху та погіршенням їх здоров'я, вони звернулися з метою отримати об'єктивні дані про рівні вібрацій у житлових приміщеннях та порівняння з допустимими за санітарними нормами.

Для вирішення поставлених завдань необхідно:

• визначити фактичні рівні віброприскорення дерев'яних перекриттів у житлових приміщеннях 3-х кімнатної квартири другого поверху;

• виконати порівняльний аналіз зареєстрованих рівнів вібрацій із допустимими значеннями за санітарними нормами;

• підготувати рекомендації щодо результатів проведеного вібромоніторингу перекриттів протягом 3 років.

**Результати вібромоніторингу конструкцій житлового будинку**

Виконаний аналіз даних вібромоніторингу перекриттів та стін у житлових приміщеннях квартири другого поверху у м. Києві протягом трьох років дозволяє зробити такі висновки та рекомендації:

Рис. 2. Загальний вигляд зовнішніх стін першого та другого поверху (об'єкт динамічних досліджень) житлового будинку та працюючих кондиціонерів

Рис. 3. Загальний вигляд дверного отвору на першому поверсі та встановленого на ґрунті кондиціонера під житловими приміщеннями квартири

1. Фактичні зареєстровані рівні віброприскорень перекриттів досягали в перший рік досліджень значення 18 дБ і в другому році 16 дБ в октавній смузі "8 Гц", що перевищує на 3 дБ і 1 дБ гранично допустиме значення, рівне 15 дБ будинків [2] (у нічний час, непостійна вібрація) за санітарними нормами для житлових будинків. У октавній смузі "16 Гц" перевищення було в перший рік досліджень на 5 дБ та у другому році на 1 дБ допустимого значення, що дорівнює 21 дБ (у нічний час, непостійна вібрація) за санітарними нормами.

2. Максимальні значення віброприскорень перекриттів під час роботи віброактивного обладнання зареєстровані рівними:

– горизонтальні – 1,9 мм/с$^2$;

– вертикальні – 7,9 мм/с$^2$.

3. Максимальні значення віброприскорень зовнішніх стін під час роботи віброактивного устаткування зареєстровані рівними:

– горизонтальні – 1,7 мм/с$^2$;

– вертикальні - 3,5 мм / с$^2$.

4. Зареєстровані рівні динамічних навантажень можна не враховувати під час перевірки несучої здатності конструкцій житлового будинку.

5. З метою зниження вібрацій перекриттів у квартирі другого поверху житлового будинку до допустимих значень за санітарними нормами було рекомендовано, відповідно до вимог державних будівельних норм ДБН В.2.2-15-2019 [1], не експлуатувати віброактивне обладнання у приміщеннях першого поверху під житловими кімнатами та виконати заміну дерев'яних перекриттів на залізобетонні у всіх житлових кімнатах.

**Список використаних джерел**

1. ДБН В.2.2-15-2019. Житлові будинки. Основні положення. – К.: Держбуд України, 2019. – 36 с.
2. ДБН 360-92**. Містобудування, планування та забудова міських та сільських поселень. – Мінбудархітектури. -Київ, 1992.
3. Бакулін Є.А. Критерії надійності та ризиків при оцінюванні технічного стану експлуатованих будівель. *Будівництво України*. 2013. №1. С. 2–4.
4. Бакулін Є.А., Бакуліна В.М., Костира Н.О. Об'ємно-просторові рішення будівель і споруд : навч. посіб. К. : Видав. центр НУБіП України, 2024. 264 с. https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/11201

**UDC 69.003**

## FEATURES OF COMPOSITE REINFORCEMENT IN CONSTRUCTION

**V. M. BAKULINA**, Senior Lecturer; **U. M. BAIDAK**, student
***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***
*E-mail:* bakulina_valentina@nubip.edu.ua

***Reinforcement*** is a building element used to strengthen and increase the strength of reinforced concrete structures. It plays a compensatory role when forces are applied to the structure. It is most often made of steel, fibreglass or composite materials. Its task is to bind the concrete at all stages of construction. Therefore, it must be flexible, durable and economical.

Fig. 1. Composite reinforcement

Fig. 2. Mesh made of composite reinforcement

The composite reinforcement is made of fibreglass rods wrapped in carbon fibre yarns, which ensures reliable adhesion to the concrete mortar. These rods do not require welding for connection, which greatly simplifies installation.

Advantages of composite reinforcement:

- Lightness: low specific gravity reduces the overall weight of structures.
- Low thermal conductivity: prevents the formation of cold bridges.
- Highly flexible: simplifies transport and installation.
- Durability: high resistance to corrosion and chemical attack.

Despite the presence of periodic ribs, conventional composite reinforcement is characterised by some surface "slipperiness", which is expressed in reduced adhesion (adhesion) to concrete (about 80% of the level of steel reinforcing

bars). To eliminate this disadvantage, composite reinforcing bars are manufactured with a quartz sand finish, which have 100% adhesion to concrete.

Fiberglass (ASP, GFRP), formed by fibres (roving) of glass fibre impregnated with epoxy resin and then cured. It has a light yellow colour (if no colouring pigments are added to the composition) and is characterised by:

– high tensile (tear) strength, up to 10 times stronger than steel rebar by weight (tensile strength up to 700-1200 MPa (for comparison, steel rebar is up to 400 MPa));

– low elasticity - modulus of 45 MPa (200 MPa for steel reinforcement);

– low bulk weight, 4 times lighter than steel (density of ASP is 1.9 g/cm3, steel - 7.85 g/cm$^3$);

– high corrosion resistance;

– non-conductive (does not form cold bridges);

– non-electrically conductive;

– the coefficient of thermal linear expansion of ASP (9 - 12 x 10 6 K-1) is approximately the same as that of concrete, which prevents its thermal (not frost!) cracking at large ranges of variable temperatures;

– low temperature resistance - only 160 degrees C (determined by the properties of epoxy resins).

The most widespread in the domestic market are fibreglass reinforcing bars (FRP) and basalt reinforcing bars (BRP). They are produced in rods (cables) of limited diameter from 4 mm to 20 mm (FRP (ABP) – 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20). Foreign manufacturers can produce rods with a diameter of up to 40 mm (for comparison, steel construction rebar of class A 400C can have a cross section of up to 80 mm).

Fig. 3. Example of composite reinforcement application

Fig. 4. Sand-coated fibreglass reinforcement for better adhesion

The small cross-sectional diameters of composite reinforcement immediately indicate a limited scope of their application - non-critical buildings and structures, their elements operating under relatively low static and dynamic loads.

Table 1

**Table of permissible replacements for longitudinal loads**

| Steel rebar A 400C | Composite reinforcement ASP, ABP |
|---|---|
| 6 A 400C (d = 6mm)< br><br>8 A 400C (d = 8mm)<br>10 A 400C (d = 10mm)<br>12 A 400C (d = 12mm)<br>14 A 400C (d = 14mm)<br>16 A 400C (d = 16mm) | ASP-4, ABP-4 (d = 4mm)<br>ASP-6, ABP-6 (d = 6mm)<br>ASP-8, ABP-8 (d = 8mm)<br>ASP-8, ABP-8 (d = 8mm)<br>ASP-10, ABP-10 (d = 10mm)<br>ASP-12, ABP-12 (d = 12mm) |

At the same time, in reinforced concrete structures operating under transverse-elastic stresses (loaded transverse beams, floor slabs, unsupported supports, columns (pillars) with strong wind loads), it is allowed to replace iron reinforcement with composite reinforcement with an increase (twofold) in diameter.

Table 2

**Replacement table for transverse elastic loads**

| Steel rebar A 400C | Composite reinforcement ASP, AB P |
|---|---|
| 6 A 400C (d = 6mm)<br>8 A 400C (d = 8mm)<br>10 A 400C (d = 10mm) | ASP-12, ABP-12 (d = 12mm) ASP-16, ABP-16 (d = 16mm) ASP-20, ABP-20 (d = 20mm) |

Manufacturers estimate the service life of composite reinforcement to be at least 75 to 80 years.

They have not yet been able to completely replace traditional steel reinforcement in many construction technologies.

The most common applications of composite reinforcement are:

– low-rise suburban and cottage housing construction;

– strip foundations, laying of lightweight (usually foam concrete) walls with longitudinal connections for industrial or commercial buildings (hangars, boxes, warehouses, livestock sheds, etc.);

– in hydraulic engineering construction - in the construction of retaining walls, coastal protection walls, quay walls, dams, and artificial reservoirs (pools, fountains, ponds, sumps, drainages);

– in road construction, for the formation of a strong reinforced roadway, reinforcement of its slopes with reinforcing grids, in retaining walls for landslide (rockfall) protection;

– in plant growing and floriculture - as frame elements for lightweight, cheap greenhouses and hotbeds.

**References**

1. Бакулін Є.А., Усенко М.В., Бакуліна В.М. Чисельне моделювання посилення сталевого підземного циліндричного резервуару. *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини*. 2024. Вип. № 28. С. 63–74.

2. Yakovenko I., Bakulin Y. & Bakulina V. (2020). Classification methods of civil buildings reconstruction. *Theoretical and scientific foundations of engineering* : coll. mon. Boston : Primedia eLaunch, 2020, pp. 70–96.

3. Клюєв В.В., Бакулін Є.А. Сучасні методи ідентифікації небезпек руйнування будівель, споруд та конструкцій у реальних умовах експлуатації. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2024. № 15. С. 86–96. https://doi.org/10.32347/2522-4182.15.2024.86-96

4. Marienkov M.H., Dunin V.A., Margvelashvili N., Farenyuk G.G., Berchun Ya.O. Experimental monitoring and dynamic certification of building structures Наука та будівництво. 2019. Вип. 22(4). С. 33–44.

5. URL: https://polyex.in.ua

**УДК 624.012.45**

## АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА НАДІЙНУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

**М. В. УСЕНКО,** к.т.н., ст. викладач; **М. В. СТОЛБУНОВ,** аспірант
*E-mail:* usenko.m@nubip.edu.ua

Будівлі та інженерні споруди агропромислового комплексу (АПК) України зіштовхуються із серйозними проблемами під час експлуатації будівель та споруд: виникнення і розповсюдження тріщин у відповідальних залізобетонних конструкціях призводить до корозії робочої арматури, і, як наслідок, зменшує безпечний період експлуатації об’єкту та викликає нагальну потребу у проведенні вартісного комплексу ремонтно-відновлювальних робіт щодо усунення наявних дефектів. Це суттєво збільшує собівартість продукції, що виробляється, і підприємства змушені підвищувати її ціни, що знижує дохід підприємства.

Виробничі будівлі АПК ***класифікують*** у відповідності до [1 та ін.]:

– за кількістю поверхів: одно–, багатоповерхові, комбіновані;

– за методом забудови: павільйони – ряд окремих будівель, з яких складається підприємство, і суцільної забудови;

– за кількістю прольотів: одно– й багатопрольотні;

– за розміром прольотів: із малими прольотами (до 12 *м*), прольотні (понад 12 *м*), великопрольотні (36 *м*) й мішаного типу, що складаються з послідовності малих і великих прольотів;

– за наявністю підйомно–транспортного устаткування: безкранові або з мостовими та підвісними кранами;

– за профілем покриття: з ліхтарями, без ліхтарів;

– за конструктивним типом: каркасні, з несучими стінами, з неповним каркасом;

– за системою опалювання: неопалювані «гарячі» (для виробництв з надлишковим тепловиділенням), «холодні» (склади, сховища та ін.); опалювані з позитивною температурою внутрішнього повітря в зимовий час;

– за умовами повітрообміну: з природною вентиляцією через вікна та штучною вентиляцією за допомогою вентиляторів і системи повітроводу.

– за загальним типом будівлі: постійні, розраховані на використання протягом тривалого часу, й тимчасові.

За капітальністю будівлі та споруди поділяють на три класи: до першого належать об’єкти, що задовольняють підвищеним вимогам, до другого – середнім вимогам і до третього – мінімальним.

Задоволення перелічених вимог характеризує також довговічність захисних конструкцій будівель і споруд. За довговічністю конструкцій будівлі поділяють на **три ступені**: до першого належать конструкції з підвищеним терміном служби – *понад 100* років орієнтовно; до другого – із середнім – 50 – 200 років і до третього – із зниженим терміном служби – орієнтовно 25–50 років [1 та ін.].

Відомо, що найефективнішою для практики є хороша теорія, адже відсутність розрахункових моделей призводить до невірної уяви розподілу зусиль у системі будівлі і, як наслідок, до підвищення аварійності будівель і споруд, які експлуатуються. Обстеженнями, проведеними у США, Канаді та ін. країнах Асоціацією портландцементу, виявлено цілий ряд випадків аварій, пов'язаних не лише з руйнуваннями, пов’язаними із зменшенням несучої спроможності конструкцій, але із поступовою втратою жорсткості внаслідок розповсюдження та розкриття тріщин, корозії арматури тощо [2].

Серед основного фактору, що знижує експлуатаційну придатність ЗБК є утворення та розповсюдження тріщин. Тріщиностійкість у залізобетоні явище вельми складне, для опису якого потрібне залучення ряду гіпотез, підтверджених експериментом [3].

Проблема тріщиностійкості і подальшої експлуатації пошкоджених конструкцій є маловивченою, так як проведення експериментальних досліджень, які б враховували безліч фізико-механічних параметрів (класів бетону, робочої та конструктивної арматури, параметрів зчеплення арматури з бетоном, рівня напруження арматури тощо) вимагає значних економічних витрат. Однак, коли мова йде про збереження життя людей, – така «економія» не може бути виправданою [2].

У роботі [2] виконаний статистичний аналіз даних, який показує, що світовий обсяг виготовлення бетону на початок 2000-х років становив 3 млрд. куб. м на рік; 4,4 млрд. куб. м на рік у 2021 р. та за прогнозами вчених буде приблизно становити до 2050 р. 5,5 млрд. куб. м на рік. Період експлуатації

залізобетонних конструкцій становить понад 100 років, але наявність тріщин у відповідальних конструкціях значно зменшує цей термін і ставить нагальну потребу у розробці більш ефективних та раціональних типів конструкцій. Виникає ціла плеяда питань щодо подальшої експлуатації пошкоджених залізобетонних конструкцій: чи можна їх посилити, яким методом; із застосуванням яких матеріалів; із повним або частковим розвантаженням тощо?

Аналіз робіт закордонних вчених [4] показує, що у залізобетонних конструкціях виділяють ***чотири основні типи взаємодій***, які призводять до утворення тріщин, що відрізняються одна від одної формою, розташуванням і траєкторіями розповсюдження (рис. 1).

Отже, міцність і довговічність елементів бетонних конструкцій багато в чому визначається дефектами і пошкодженнями, які виникають в структурі спочатку «молодого», а потім «зрілого» бетону. Це пов'язано з тим, що більш слабкі місця в бетонному композиті викликають концентрацію напружень і сприяють проникненню різних зовнішніх факторів. У місцях поширення мікротріщин і тріщин міцність знижується, при цьому виникають локальні руйнування матеріалу, що в подальшому призводить до аварійних ситуацій. Тому питання, на які направлена робота, стосуються важливих аспектів, пов'язаних як з безпекою, так і з експлуатаційною придатністю залізобетонних конструкцій. Загалом, аналіз робіт [2–4 та ін.] дозволяє систематизувати типи тріщин від силових та деформаційних впливів, рис. 1.

Рис. 1. Класифікація причин появи та утворення тріщин у залізобетонних конструкціях будівель та споруд АПК [2, 4]

Ці проблеми досить складно проаналізувати, враховуючі нові актуальні закордонні напрямки [4 та ін.] та вітчизняні напрямки оскільки наявність тріщин у відповідальних конструктивних елементах залізобетонних будівель та споруд є результатом як специфіки їхнього навантаження, матеріалів виготовлення, нормальної та безпечної експлуатації [5].

**Список використаних джерел**

1. Павліков А.М. Залізобетонні конструкції : будівлі, споруди та їх частини: підручник. Полтава : ТОВ «АСМІ», 2017. 284 с.
2. Яковенко І.А., Усенко М.В. Виявлення дійсних причин утворення тріщин у залізобетонних конструкціях будівель та споруд. Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування конструювання та дизайн» (11–12 квітня 2024 р.). К. : НУБіП України, 2024. С. 107–111.
3. Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін. Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну. К.: Толока, 2017. 627 с.
4. Goszczyńska B. Analysis of Crack Width Development in Reinforced Concrete Beams / B. Goszczyńska, W. Trąmpczyński, J. Tworzewska // Materials. – 2021. – Vol. 14. – Article ID 3043. – 25 p. https://doi.org/10.3390/ma14113043
5. Бакулін Є.А., Яковенко І.А. Наслідки руйнування та надання комплексної оцінки можливості подальшої експлуатації будівлі корівника у смт. Немішаєво. Зб. тез доп. XXI Міжн. онлайн-конф. науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування конструювання та дизайн» (25–26 березня 2021 р.). К. : НУБіП України, 2021. С. 67–69.

**УДК 624.15**

## АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАХИСНОЇ СПОРУДИ СТІНИ ІЗ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ

**Є. А. БАКУЛІН**, доцент; **А. В. БУЛАТЕЦЬКИЙ**, студент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* bakulin_evgeniy@nubip.edu.ua

За висновками проведених інженерно-геологічних досліджень, проектна ділянка забудови знаходиться в складних геологічних умовах. Прилягаючий до ділянки схил відноситься до зсувонебезпечної території. В місцях найбільшої крутизни схилу можливі консистентні структурні зсуви ґрунтових прошарків. На даний час імовірною площиною ковзання та втрати стійкості схилу є поверхневе сповзання верхнього насипного шару ґрунту (техногенних ґрунтів) в місцях найбільшої крутизни схилу. Порушення стійкості схилу пов’язане з дотичними зсувними напруженнями сил опору ґрунту зрушенню.

Оцінка стійкості схилу показала значення коефіцієнта запасу стійкості $k_{st}$ = 0,766 < 1,0 (рис. 1), що виключене сповзання прошарків ґрунтів зверху схилу.

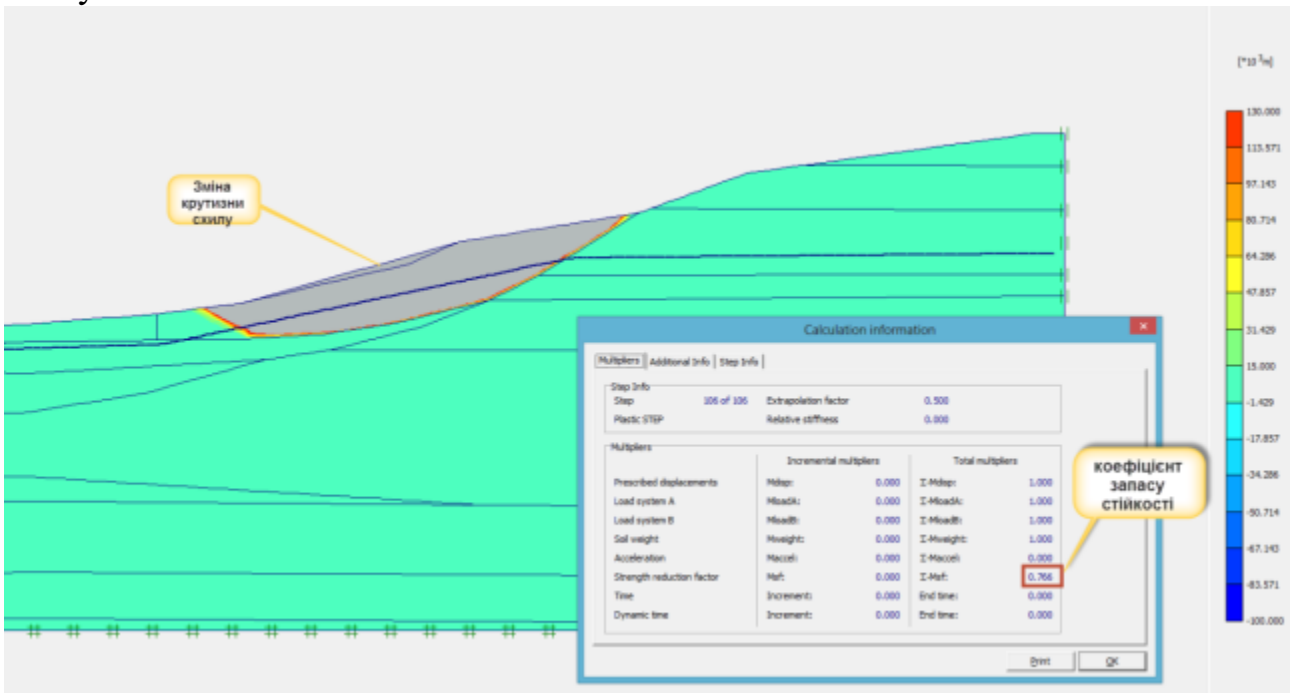



Рис. 1. Загальні деформації ґрунтової основи при втраті стійкості схилу

За рекомендаціями щодо забезпечення надійної та безпечної експлуатації проектуемих будівель необхідно передбачити:

– влаштування захисних протизсувних споруд за методом «Стіна в ґрунті»;

– виконати пониження та терасування верхньої та середньої частин схилу для зменшення крутизни та забезпечення його стійкості.

– при проектуванні захисних споруд необхідно врахувати посадку будівель, величини проектної підрізки схилу та величини проектного пониження схилу.

При розпланувaнні схилу – пониження та терасування верхньої та середньої частин, визначення вертикальної посадки проектуємої будівлі, значення коефіцієнта запасу стійкості схилу становить $k_{st}$ = 1,25 > 1,0 (рис. 2).

У роботі були виконані такі завдання:

1. Побудовано розрахункову модель захисної стінки із буронабивних паль в ПК «SCAD»;

2. Змоделювано завантаження на захисну стіну із буронабивних паль, найбільш несприятливими збігами окремих навантажень;

3. Визначено напружено-деформований стан стіни при дії різноманітних навантажень;

4. Проаналізовано співставлення роботи стіни з умов найбільш несприятливого збігу навантажень.

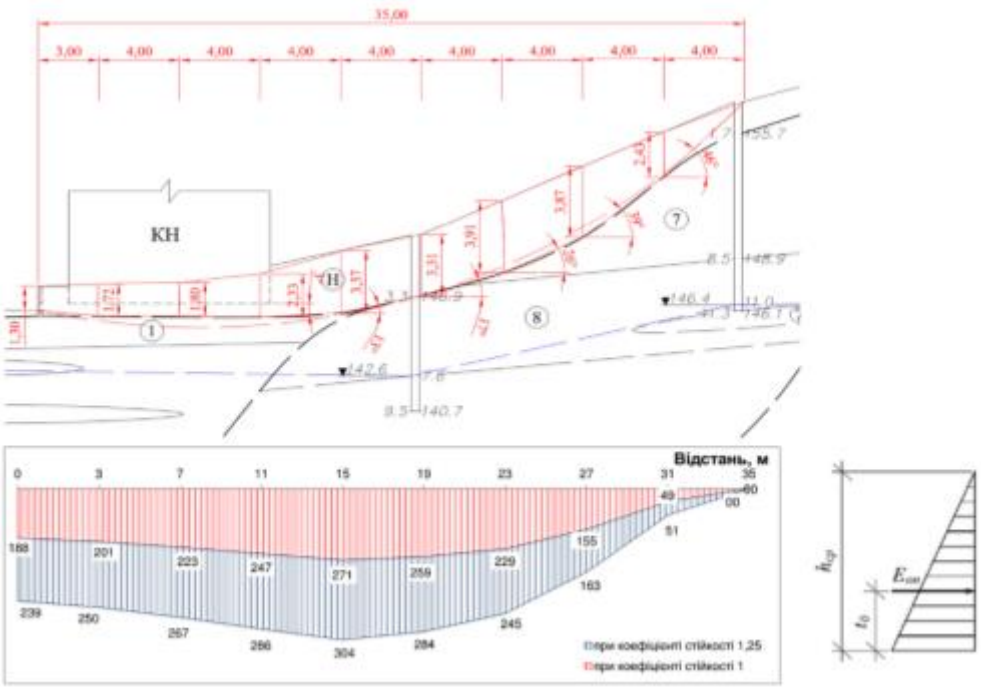



Рис. 2. Розпланування схилу та епюри зсувних тисків при нормативному коефіцієнті запасу стійкості $k_{sn}$=1,25

**Висновки:**

Проектні рішення по вертикальному розпланування схилу – підрізка, пониження та терасування його верхньої та середньої частин, значно підвищує його стійкість за рахунок зниження дотичних зсувних напружень. При наявному значенні коефіцієнта запасу стійкості схилу, який становить $k_{st}$ = 0,766 < 1,0, після виконанні грабарських робіт з його планування, коефіцієнта запасу стійкості буде становити $k_{st}$ = 1,25 > 1,0.

Для забезпечення надійної та безпечної експлуатації проектуємої будівель, передбачено влаштування захисної протизсувної споруди – стіна із буронабивних паль. Захисна стіна спроектована по технології «Стіна в ґрунті».

**Список використаних джерел**

1. Bakulin Y.A., Yakovenko I.A., Bakulina V.M. Engineering protection and prepatation of territories : study guide; under the editorship of cand tech. science Ye.A. Bakulin. Kyiv : NULES of Ukraine, 2022. 205 p.

2. Бакулін Є.А., Бакуліна В.М., Костира Н.О. Методи розрахунку підпірних стін. *Науковий Вісник НУБіП. Серія Техніка та Енергетика*. 2017. Вип. 262. С.72–87. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2017_262_9

3. Бакулін Є.А., Яковенко І.А., Бакуліна В.М. Інженерний захист та підготовка територій : навч. посіб.; за ред. канд. техн. наук Бакуліна Є.А. К. : НУБіП України, 2020. 212 с.

4. Yakovenko I., Dmytrenko Y., Bakulina V. Construction of Analytical Coupling Model in Reinforced Concrete Structures in the Presence of Discrete Cracks. In: Bieliatynskyi A., Breskich V. (eds) Safety in Aviation and Space

Technologies. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2022. P.107–120. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9_10

5. Dmytrenko Ye.A., Genzerskiy Yu.V., Yakovenko I.A., Bakulin Ye.A. Strength Calculation of Normal Cross-Sections of Reinforced Concrete Structures at Flat Bending by the Wood-Armer Method in SP "LIRA SAPR". *XIX International Scientific and Practical Conference* «*Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture*». *AIP Conference Proceedings.* 2678, 020006. 2023. Issue 1. 9 p. https://doi.org/10.1063/5.0118680

**УДК 624.012.45**

## ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА УТВОРЕННЯ НОРМАЛЬНИХ ТРІЩИН У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД АПК

**І. А. ЯКОВЕНКО**, д.т.н., професор; **С. О. РИБАЛКО**, аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* i2103@ukr.net; rybalko.st@gmail.com

Експериментальні дослідження [1, 2 та ін.] показують, що у процесі навантаження залізобетонної конструкції виникає не один (як це прийнято в більшості відомих методах розрахунку), а кілька рівнів тріщиноутворення, причому відстані між сусідніми тріщинами є параметром дискретним, а не функціональним [1].

У загальному випадку навантаження геометричних характеристик класів бетону, армування, при утворенні різних тріщин невідомими є як узагальнене тріщиноутворююче навантаження, так і координата точки появи першої тріщини.

Важливою особливістю напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій на стадії, що передує утворенню тріщин, є наявність непружних деформацій у розтягнутому бетоні $\varepsilon_{ctk}$.

Для успішного дослідження напружено-деформованого стану в околиці тріщин та його аналізу, починати вирішення поставленої проблеми доцільно з побудови повної класифікації тріщин, яка виявлена у залізобетонних конструкціях при проведенні експериментальних досліджень [3].

При всьому різноманітті існуючих моделей визначення ширини розкриття нормальних тріщин та відстані між ними у ЗБК АПК їх об’єднує загальна фундаментальна наукова ідея – саме процес тріщиноутворення найбільш повно відображає деформаційні властивості залізобетонного елементу. Тому відомі аналітичні моделі тріщиноутворення враховують наступні параметри: кількість арматури в перерізі елемента, її розрахунковий опір та модуль пружності, параметри розташування арматури в перерізі, механічні характеристики арматури та бетону.

Утворення тріщин є визначальною характеристикою в залізобетоні для оцінки ресурсу елемента. Так, наприклад, у багатьох наукових працях зазначається, що вичерпання несучої здатності пов'язано з шириною розкриття тріщин. Але, окрім силових факторів, тріщини можуть бути зумовлені умовами твердіння бетону (його усадкою) або силовими і деформаційними впливами (зовнішнім навантаження, осіданням опор, зміною температури). Тріщини від силових і деформаційних впливів найчастіше з'являються у зонах розтягу елементів, рідше – у зонах стиску.

Тріщини в розтягненому бетоні, непомітні для ока, з'являються навіть в бездоганно виконаних конструкціях. Їхня поява зв'язана з невеликими деформаціями розтягу бетону, який «не встигає» слідувати за значними подовженнями арматури при доволі високих робочих напруженнях.

Досвід будівництва і експлуатації споруд засвідчує [1], що ці тріщини не становлять небезпеки і не порушують загальної монолітності залізобетону.

Тріщини, які виникають у зонах стиску ЗБК звичайно вказують на невідповідність розмірів перерізів зусиллям стиснення. Вони є небезпечними для несучої спроможності ЗБК.

Тріщини знижують жорсткість конструкції. За наявності тріщин полегшується доступ вологи і агресивних газів до арматури.

У процесі утворення тріщин розрізняють ***три етапи***: **виникнення тріщин**, коли вони можуть бути ще невидимими; **поява тріщин**, коли вони стають видимими неозброєним оком (ширина 0,02 – 0,03 *мм*), і **розкриття тріщин** до гранично можливої величини.

Для конструкцій із звичним вмістом арматури (до 1,5 – 2,0%) прийнято вважати, що поява тріщин збігається з їхнім виникненням, і тому можна говорити про два етапи процесу утворення тріщин – їхню появу і подальше розкриття.

Найповніше картина тріщиноутворення у бетоні розтягу проявляється у зоні чистого вигину, оскільки послідовність появи та розвитку тріщин в цій зоні не залежить від градієнта напруження.

Розглянемо деякі аналітичні залежності щодо визначення ширини розкриття тріщин у залізобетонних конструкціях за нормами провідних країн.

У нормах США **ACI 318-02** для оцінки ширини розкриття тріщини використовується формула:

$$w_k = \frac{3 \cdot a_r \cdot \varepsilon_m}{1 + 2 \cdot \frac{a_r - c_{min}}{h - x}}, \qquad (1)$$

де $a_r$ – відстань від поверхні захисного шару до центра найближчого стержня; $x$ – висота стиснутої зони; $h$ – загальна висота перерізу; $c_{min}$ – мінімальна товщина захисного шару; $\varepsilon_m$ – середня відносна деформація сталі в приведеному перерізі.

У контролі ширини розкриття тріщин залізобетонних конструкцій за нормами **Єврокоду** використовується наступна аналітична залежність:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}), \quad (3)$$

де $w_k$ – проектна ширина тріщини; $s_{r,max}$ – максимальна відстань до тріщини; $\varepsilon_{sm}$ – деформація від напруження в арматурі під комбінацією напруження, включаючи ефект накладених деформацій і беручи до уваги ефекти попереднього напруження; розглядається тільки додаткове напруження розтягу поза нульового напруження у бетоні; $\varepsilon_{cm}$ – деформація від напруження в бетоні між тріщинами.

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{E_s} \geq 0{,}6\frac{\sigma_s}{E_s} \quad (4)$$

де $\sigma_s$ – напруження в ненапруженій арматурі; для попередньо напружених елементів $\sigma_s$ може бути, $\sigma_s - \sigma_p$; $\sigma_s$ – напруження для каркасної арматури і $\sigma_p$ – для попередньо напруженої арматури; $\alpha_0$ – відношення $E_s / E_{cm}$ ;

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s + \zeta_1^2 \cdot A_p}{A_{c,eff}}, \quad (5)$$

де $\rho_{p,eff}$ – ефективний коефіцієнт армування; $A_{c,eff}$ – фактична площа розтягнутого бетону; $k_t$ – фактор цементу, що залежить від тривалості навантаження; $k_{ct} = 0{,}6$ для короткочасного навантаження; $k_{ct} = 0{,}4$ для тривалого навантаження.

## Список використаних джерел

1. Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін. Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну. К.: Толока, 2017. 627 с.

2. Яковенко І.А. Експериментальні дослідження міцності і тріщиностійкості у залізобетонних складених конструкціях. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди* : зб. наук. праць. Рівне, 2014. Вип. 28. С. 319–328.

3. Колчунов В.І., Яковенко І.А., Мар'єнков М.Г. Аналіз схем тріщин у залізобетонних конструкціях сейсмостійких будівель та їх урахування за нормами України та еврокоду 8 (рос. мов.). *Будівельні конструкції*. 2015. Вип. 82. С. 540-549. http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko_2015_82_61

4. Yakovenko I.A., Dmytrenko Ye.A. Influence of reinforcement parameters on the width of crack opening in reinforced concrete structures. *Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention* : coll. mon.. Riga : Baltija Publishing, 2022. P. 510–536. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-254-8-18

**УДК 624.0.12.464.3**

# ВИСОКОМІЦНІ БЕТОНИ: РОЗРОБКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ

**М. В. УСЕНКО**, ст. викладач; **Ю. Ю. ДЕМИДЮК**, студент
*E-mail:* usenko.m@nubip.edu.ua

Високоміцні бетони (ВМБ) – це будівельний матеріал нового покоління, який має підвищені характеристики міцності, стійкість до агресивних середовищ та довговічність. Сучасні дослідження в галузі будівельних технологій спрямовані на вдосконалення складу та технології виробництва ВМБ для підвищення їх ефективності й розширення сфери застосування.

Виробництво високоміцних бетонів потребує ретельного добору компонентів та дотримання технологічних параметрів.

***Ключовими чинниками*** є:

- використання якісного цементу з високим вмістом силікатів кальцію [1];
- модифікуючі добавки, такі як суперпластифікатори та наноматеріали, забезпечують підвищення щільності й однорідності суміші [3];
- мінеральні добавки (мікрокремнезем, метакаолін) покращують адгезію між частинками [4];
- використання мікрофібри для підвищення тріщиностійкості.

Одним із перспективних напрямів є впровадження ультразвукової обробки бетонної суміші, що дає змогу досягти більш рівномірного розподілу компонентів.

Високоміцні бетони мають такі переваги:

- міцність на стиск перевищує 100 МПа, що робить їх незамінними в конструкціях із високими навантаженнями.
- висока стійкість до впливу вологи, хімічно агресивних середовищ і циклічних заморожувань [2].
- покращена довговічність у порівнянні з традиційними бетонами.

Сучасні дослідження зосереджені на впровадженні інновацій:

- самоущільнювальні бетони (SCC): спрощують процес укладання без використання вібраційного обладнання.
- самовідновлювальні бетони: використання мікроінкапсульованих добавок, які активуються при утворенні тріщин.
- вуглецеві нанотрубки та графен: покращують структуру бетону на нанорівні, підвищуючи міцність і тріщиностійкість [5].

Високоміцні бетони активно застосовуються в таких сферах:

- будівництво хмарочосів та інших висотних споруд, де потрібні матеріали з високою несучою здатністю.
- мости та гідротехнічні споруди, що експлуатуються за умов підвищеної вологості й агресивних середовищ.
- інфраструктурні об'єкти в сейсмоактивних регіонах [6].

Прикладом успішного використання ВМБ є будівництво моста Міленіум у Лондоні, де застосовувалися матеріали з міцністю понад 120 МПа, що відповідає класу С100/115.

Рис. 1 Пішохідний міст Міленіум у Лондоні

Перспективи використання високоміцного бетону пов’язані з:

- зниженням вартості виробництва завдяки розробці нових технологій і матеріалів [7];
- розширенням галузі застосування: впровадження у малоповерхове будівництво та приватну архітектуру;
- сталим розвитком: довговічність конструкцій дає змогу скоротити обсяги ремонтних робіт і зменшити вплив на довкілля.

**Висновок**

Високоміцні бетони відкривають нові горизонти в будівництві завдяки своїм унікальним властивостям та інноваційним розробкам. Їх використання дозволяє зводити надійніші, довговічніші та екологічно стійкі об'єкти. Перспективи розвитку технологій виробництва ВМБ обіцяють значне підвищення ефективності будівельної галузі.

**Список використаних джерел**

1. Дворкін Л.Й., Житковський В.В., Макаренко Р.М. Високоміцні бетони : навч. посіб. Рівне, 2022. 216 с.

2. Базаров, В.І., Соколов, Г.П. Високоміцні бетони : технологія та застосування. К. : Будівельник, 2020.

3. Дроздов О.В., Ковальчук І. С. Використання мінеральних добавок для покращення властивостей бетону. *Науковий вісник будівництва*, 2021. №5. С.

34–40.

4. Mehta P.K., Monteiro P.J. M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. McGraw-Hill Education, 2017.

5. Neville A.M. Properties of Concrete. 5th edition, Pearson, 2012.

6. Радченко М.В. Перспективи використання наноматеріалів у складі бетонів. *Вісник будівельних наук України*. 2020. №3. С. 45–51.

7. Геннадієв І.Г. Сучасні бетони і їх застосування в будівництві. Х.: Технопрогрес, 2018.

**УДК 624.04**

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВІБРОІЗОЛЯЦІЇ БУДІВЕЛЬ ПРИ ВПЛИВАХ РЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ

**М.Г. МАР'ЄНКОВ**, професор; **Є. В. ФРІДЛІБ**, аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* maryenkov2019@gmail.com; e.fridib@nubip.edu.ua

Зниження впливу вібрації від рейкового транспорту на будівлі та споруди є актуальною задачею в сучасному цивільному та промисловому будівництві. Існує багато рішень як за концептуальним підходом, так і за вибором конкретних матеріалів і конструкцій. На практиці, прийняття рішення часто укладається недостатньою інформацією про пружні властивості матеріалів, високою вартістю рішень або обмеженнями по навантаженням та іншим експлуатаційним параметрам.

Метою даного дослідження є порівняння ефективності різних рішень із віброізоляції, що оцінюються на спрощених масштабних фізичних моделях.

Суть експерименту полягає у вимірюванні рівня віброприскорення на ділянці проектування будинку по вул. Сагайдачного у м. Києві для декількох схем віброізоляції. Джерелом вібрації виступає рух потягів метро на перегоні м. Контрактова Площа – м. Поштова Площа.

На схемах нижче представлені експериментальні конструкції.

Схема 1 (рис. 1):

На палі встановлюється дорожня плита товщиною 160 мм. На дану плиту рівномірно розкладаються вісім пружних опор у плані 180х200 мм, що навантажуються бетонним блоком загальною масою ~1300 кг, що є оптимальним навантаженням для опор вказаного розміру, що виконані із матеріалу Sylomer SR42, детальні характеристики якого відомі (рис. 2). Оцінка вібрації на поверхні блоку проводилася для двох товщин опор – 25 мм і 50 мм.

Така схема дозволяє коректно моделювати навантаження на віброопори.

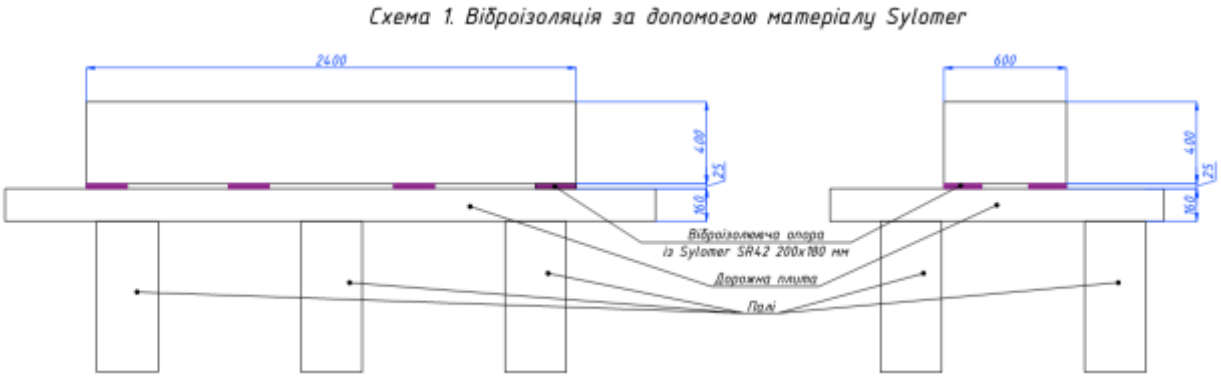
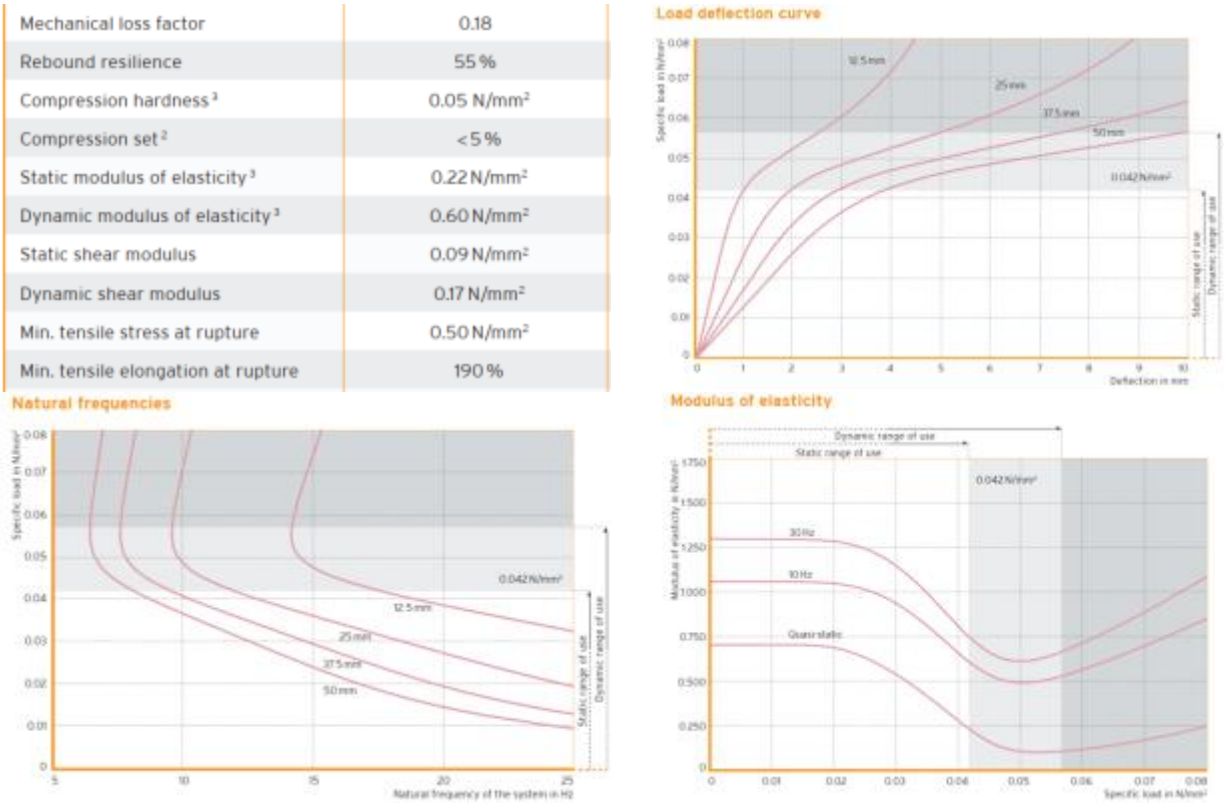



Рис. 1. Схема віброізоляції за допомогою пружних опор
з відомими характеристиками



| | |
|---|---|
| Mechanical loss factor | 0.18 |
| Rebound resilience | 55 % |
| Compression hardness [1] | 0.05 N/mm² |
| Compression set [2] | < 5 % |
| Static modulus of elasticity [3] | 0.22 N/mm² |
| Dynamic modulus of elasticity [3] | 0.60 N/mm² |
| Static shear modulus | 0.09 N/mm² |
| Dynamic shear modulus | 0.17 N/mm² |
| Min. tensile stress at rupture | 0.50 N/mm² |
| Min. tensile elongation at rupture | 190 % |



Рис. 2. Технічні характеристики матеріалу Sylomer SR42

Схема 2 (рис. 3):

На палі встановлюється дорожня плита товщиною 160 мм. Зверху виконується підсипка з щебеня товщиною 600 мм двох типів фракції – 20х40 мм і 40х70 мм – пружні характеристики даних матеріалів точно не відомі. Далі щебінь трамбується та накривається дорожньою плитою товщиною 160 мм.

Приведена схема не моделює реальні умови в силу неможливості навантаження плити до реальних величин навантаження від будівлі.

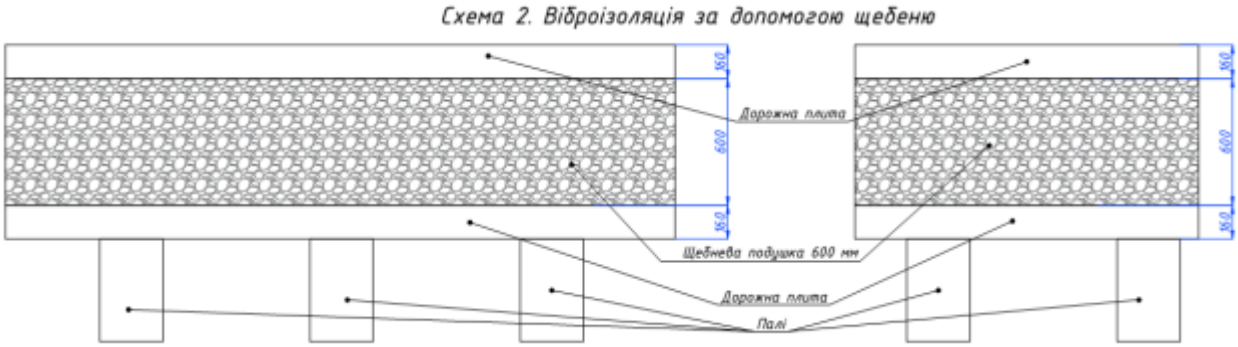



Рис. 3. Схема віброізоляції шляхом щебневого баласту

Відповідно, вимірювання віброприскорення проводились для наступних конструкцій моделей:

1) поверхня нижньої плити для оцінки базового впливу;
2) поверхня верхньої плити по щебеню фракції 40-70 мм;
3) поверхня верхньої плити по щебеню фракції 20-40 мм;
4) поверхня бетонного блоку по шару віброізолятора 25 мм;
5) поверхня бетонного блоку по шару віброізолятора 50 мм.

На рис. 4 наведено значення рівнів вертикального віброприскорення по вісі Z для найбільш характерного частотного діапазону впливу метрополітену – в октавних смугах 16, 31.5 та 63 Гц. Рівні віброприскорення приведено в дБ відносно опорного значення $a_0 = 3\text{x}10^{-4}$ м/с$^2$.

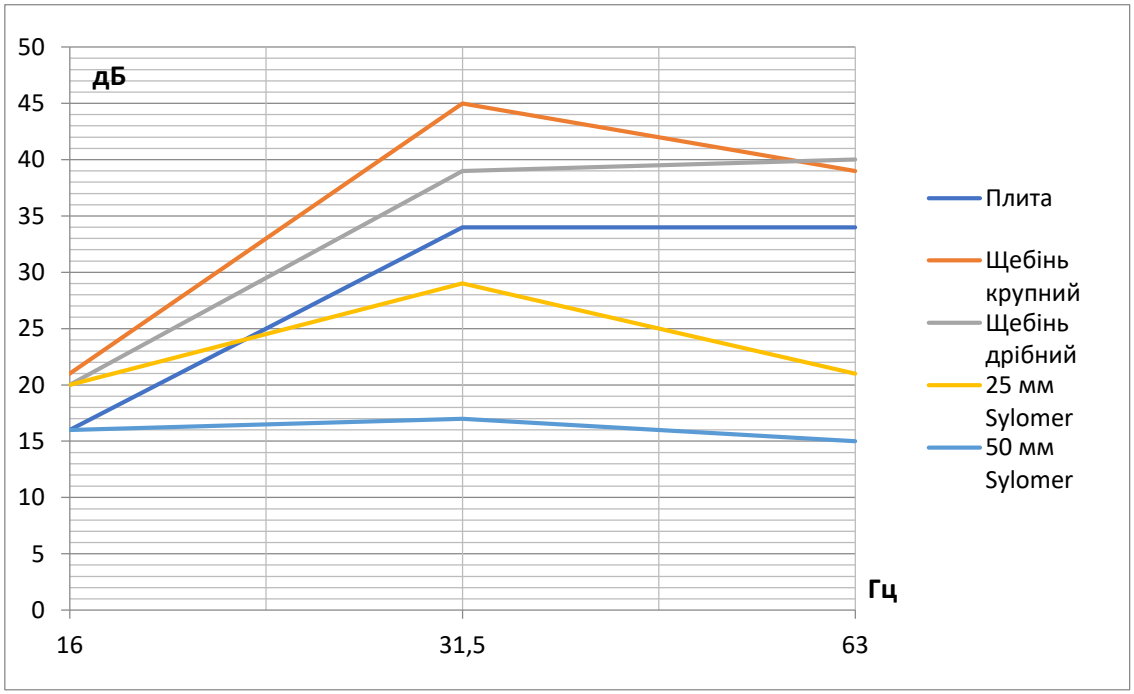



Рис. 4. Рівні віброприскорення

**Аналіз результатів вимірювань**:

Для випадків конструкцій з щебенем спостерігається посилення вібрації відносно базової плити. Це можна пояснити відсутністю достатнього навантаження і, як наслідок, підвищення коливань плити на жорсткому рухомому шарі. При достатньому навантаженні, враховуючи близькі динамічні

характеристики ґрунта та щебеню, значення вібрації будуть наближені до значень на плиті.

Модель із використанням пружних віброопор показала позитивний результат віброізоляції для обох товщин. Для товщини 25 мм ефект віброізоляції відносно плити складає 5 дБ у октавній смузі частот 31,5 Гц, що є недостатнім для досягнення комфортних умов в житлових та офісних приміщеннях будівель і споруд. Для товщини 50 мм, рівні вібрації всього на 5-8 дБ перевищують фонові.

Проведені вишукування можна розглядати тільки як порівняльні випробування різних концептуальних методівв віброізоляції. При реалізації подібних рішень у складі проектованої будівлі плануються додаткові експериментально-теоретичні дослідження (враховувати власні та вимушені коливання конструкцій, форм-фактор віброізоляторів, вібророзв'язку по бокових грянях, які впливають на загальний ефект віброізоляції).

**Список використаних джерел**

1. ДСН 3.3.6.039-99 «Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

2. BS 6472-1:2008. Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings.

3. Transit noise and vibration impact assessment. Federal Transit Administration Office of Planning and Environment Washington DC 20590, 2006.

**УДК 624.04**

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КАРКАСНОЇ ЗАХИСНОЇ СПОРУДИ ІЗ БАГАТОШАРОВИМ ПОКРИТТЯМ ПРИ ВПЛИВАХ НАЗЕМНИХ ВИБУХІВ

**М. Г. МАР'ЄНКОВ,** професор; **К. М. БАБІК,** к.т.н.;
**Є. В. ФРІДЛІБ**, аспірант; **І. В. ЖЕМЕЛІНСЬКИЙ,** аспірант;
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* maryenkov2019@gmail.com; e.fridib@nubip.edu.ua

**Натурний об`єкт експериментального дослідження.**

Захисна **с**поруда, що випробовується, згідно ТУ У 41. 44904079.028:2024 має функціональне призначення укриття для тимчасового проживання (розміщення) персоналу державних установ, цивільного населення. Схема споруди показана на рис. 1.

Метою випробувань є оцінка рівня віброприскорення конструкцій захисної споруди з металевим каркасом внаслідок дії наземних вибухів –у тротиловому еквіваленті. Натурні вимірювання проводились повіреним

віброшумоміром – аналізатором спектру «Октава-Екофізика 110А» із трьохкомпонентним датчиком вібрації (акселерометр), який був встановлений в середині приміщення (рис. 2).

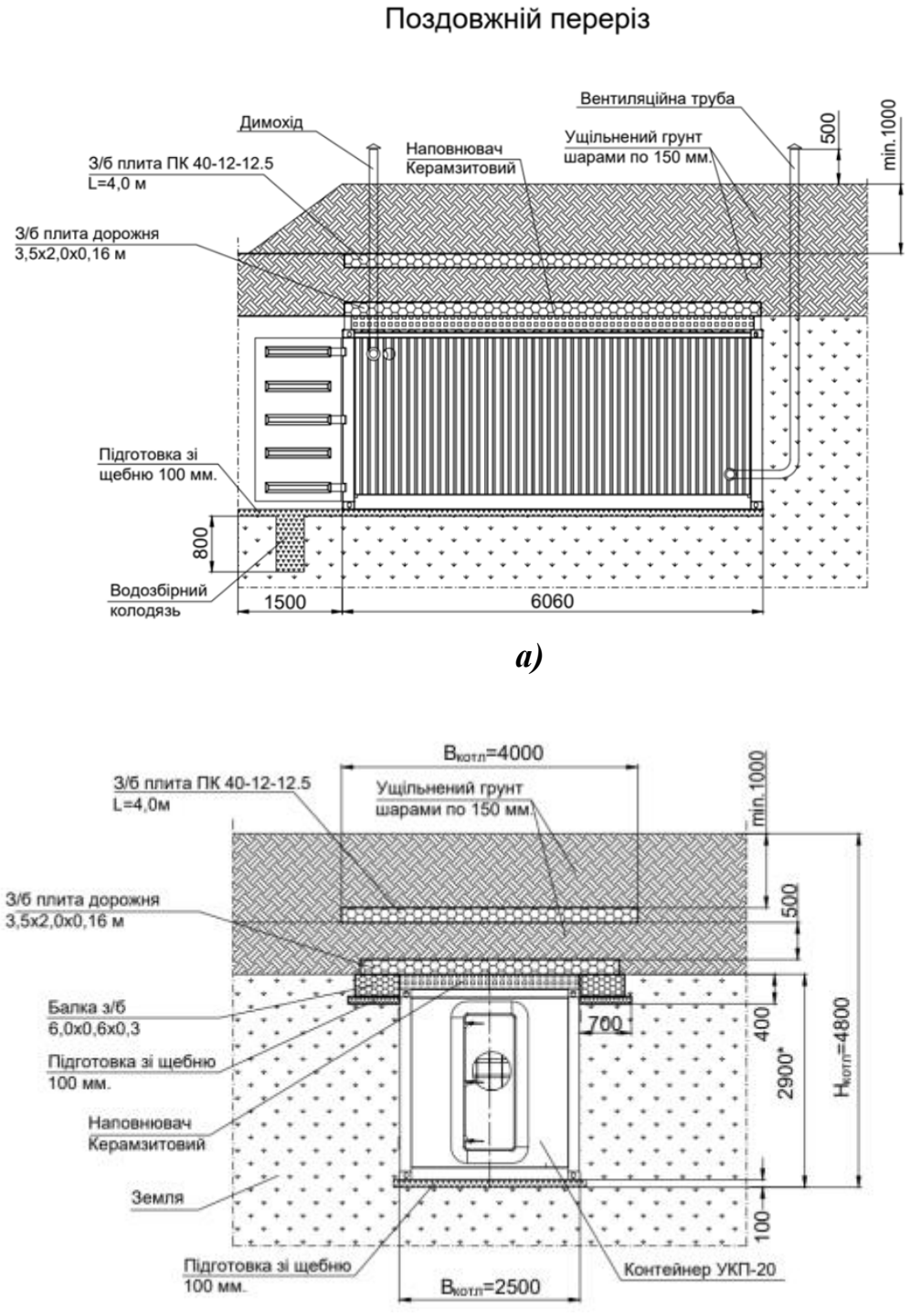



Рис. 1. Схема захисної споруди у складі: каркасний модульний будинок із захисним багатошаровим покриттям;
*а* – поздовжній переріз; *б* – поперечний переріз

**Рівні віброприскорення в середині підлоги захисної споруди**

Застосування норм [1–3] не є коректним для джерела вібрації (вибуху).

Пікові значення вібрації в актуальній нормативній базі України не регламентуються.

Проте, у світовій практиці, для оцінки вібраційного впливу з короткочасними інтенсивними подіями, застосовується споріднений параметр – доза вібрації (VDV, м/с$^{1,75}$). Для виробництва зазначено ліміт 21 м/с$^{1,75}$. В стандартах конкретного допустимого значення не приводиться, проте зазначається, що процес впливу загальної вібрації на людину залежить від їх положення (стоячи, сидячи, лежачі), від індивідуальних особливостей тощо. Відповідно, вказане гранично допустиме значення варто сприймати скоріше як орієнтир, а не жорстку вимогу.

Таблиця 1

**Результати вимірювань віброприскорення середини підлоги каркасної споруди для середньоквадратичних значень**

| **Номер наземного вибуху та місце розміщення вибухової речовини** | **Рівні віброприскорення, дБ у октавних смугах частот із середньогеометричними частотами в Гц** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 31,5 | 63 | 125 |
| 2-й вибух (біля торця споруди) | X | 81 | 81 | 94 | 101 | 108 | 112 | 120 | 124 |
| | Y | 74 | 84 | 95 | 100 | 108 | 118 | 120 | 126 |
| | Z | 70 | 76 | 95 | 109 | 124 | 125 | 132 | 130 |
| 3-й вибух ( у напрямку діагоналі споруди) | X | 85 | 88 | 99 | 112 | 115 | 118 | 121 | 124 |
| | Y | 86 | 94 | 103 | 115 | 121 | 126 | 126 | 130 |
| | Z | 80 | 94 | 108 | 117 | 127 | 131 | 135 | 135 |
| 5-й вибух (над захисним покриттям споруди) | X | 91 | 98 | 103 | 114 | 118 | 128 | 130 | 131 |
| | Y | 90 | 97 | 105 | 116 | 120 | 122 | 130 | 136 |
| | Z | 102 | 108 | 118 | 130 | 134 | 136 | 139 | 139 |

Результати вимірювань віброприскорення середини підлоги каркасної споруди для середньоквадратичних значень приведені в таблиці 1. Прийнято опорний рівень $10^{-6}$ м/с$^2$. Вісі X та Y – відповідно паралельно поперечної та повздовжньої стороні захисної споруди. Кориговані пікові рівні та доза вібрації показані в таблиці 2, аналіз даних якої свідчить, що перевищення вібрації зареєстровано тільки для вертикальної складової коливань при сейсмовибухових впливах 5-го вибуху.

Рис. 2. Розташування трьохкомпонентного датчика вібрації

Таблиця 2

**Кориговані пікові рівні та доза вібрації показані**

| **Точки вимірювань** | **Пікові кориговані рівні віброприскорення, дБ. Шкала Fk (наближено лінійна)** | | **Доза вібрації, VDV, м/с$^{1,75}$** |
|---|---|---|---|
| *Допустимий рівень* | | - | *<21* |
| 2й вибух (позаду укриття) | X | 143 | 3,5 |
| | Y | 141 | 3,4 |
| | Z | 149 | 7,1 |
| 3й вибух ( по діагоналі) | X | 144 | 5,6 |
| | Y | 151 | 9,1 |
| | Z | 157 | 15,8 |
| 5й вибух (над спорудою) | X | 152 | 11,2 |
| | Y | 152 | 11,1 |
| | Z | 164 | 25,5 |

**Висновок.** Зареєстровані рівні вібрації перевищують умовно допустимі рівні при динамічному впливі 5 вибуха. Це підтверджує необхідність влаштування віброзахисту випробованої захисної споруди. Також при впливах високоінтенсивної короткочасної вібрації, для збереження життя та здоров'я людини необхідно накопичувати експериментальні дані (за допомогою багатоканальної вимірювальної системи) для розроблення зміни до чинних Санітарних норм України [1] із урахуванням положень [2,3] та інших.

## Список використаних джерел

1. ДСН 3.3.6.039-99 «Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

2. BS 6472-1:2008. Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings.

3. TRANSIT NOISE AND VIBRATION IMPACT ASSESSMENT. Federal Transit Administration Office of Planning and Environment Washington DC 20590, 2006.

**УДК 624.042.7**

# ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТНИХ УМОВ У ЖИТЛОВИХ ТА ОФІСНИХ ПРИМІЩЕННЯХ БУДИНКІВ ПРИ ВІБРАЦІЙНИХ ВПЛИВАХ ЛІФТІВ

**М. Г. МАР`ЄНКОВ**, професор, д.т.н.; **В. В. АКУЛЕНКО**, студентка
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* maryenkov2019@gmail.com

Дослідження вібрації перекриття виконано з метою визначення можливості спорудження шахт ліфтів в житлових будинках без внутрішніх навісних бетонних панелей. Вібродинамічні дослідження проведені в двох багатоповерхових житлових будинках в м. Києві.

**Коротка характеристика об'єктів натурних вимірювань**

Натурні віброакустичні вимірювання були проведені у двох житлових будинках в місті Києві, побудованих методом монолітно-каркасного спорудження без внутрішніх навісних бетонних панелей в ліфтових шахтах.

**Житловий будинок по вул. П. Мирного**

Проект житлового будинку по вул. П. Мирного в Печерському районі м. Києва розроблено ТОВ «Печерська архітектурна майстерня». Будинок 26 поверховий з відокремленим від житлових приміщень будинку ліфтово-сходовим вузлом. Ліфтова шахта виконана з монолітного залізобетону з товщиною стінок 250-300 мм. Ліфтовий блок включає 4 ліфти марки «OTIS». Внутрішні сходи будинку розташовані по дві сторони ліфтової шахти. Точки проведення вимірювань вертикальних та горизонтальних віброприскорень були розташовані в місцях: т. 1-в кімнаті квартири №81 на 13-му поверсі; т. 2-в коридорі біля ліфтово-сходового вузла; т. 3-в кімнаті офісного приміщення на другому поверсі, що примикає до ліфтово-сходового вузла.

**Житловий будинок по вулиці А. Барбюса**

Проект будинку розроблено НВЦ «ТОК», м. Київ. Будинок споруджено також в Печерському районі м. Києва. Будинок 13 поверховий, має відокремлений ліфтово-сходовий вузол, при цьому сходові марші примикають до ліфтової шахти з однієї сторони. Кожний під'їзд має по два ліфти (пасажирський і грузовий) марки «OTIS». Товщина монолітних залізобетонних стінок шахти становить 250-300 мм. Точки проведення натурних вимірювань вібрації були розташовані в місцях: т.1-в кімнаті кв.143 на 13-му поверсі; т.2-в коридорі біля ліфтового вузла; т.3-на кухні квартири № 108 на 5-му поверсі.

**Результати вимірювань вібрації перекриттів в приміщеннях будинків при русі ліфтів фірми "OTIS".**

**Методика проведення вимірювань вібрацій.**

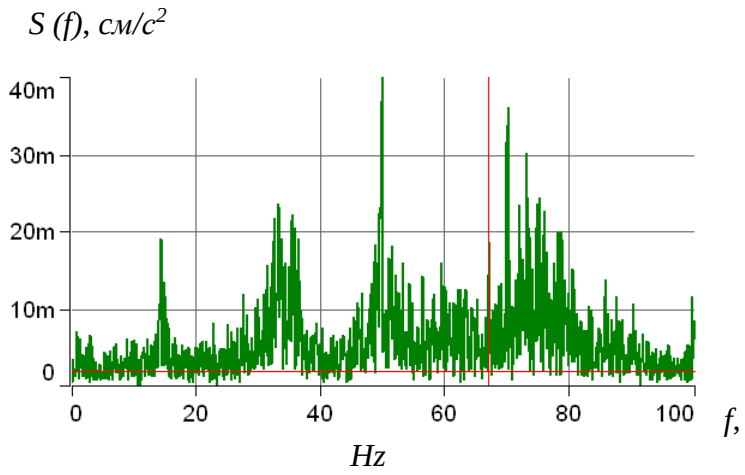
**Мета** – визначення фактичних рівнів вібрацій перекриттів житлових будинків при русі ліфтів. **Задачі**: проведення натурних динамічних обстежень конструкцій перекриття двох будинків; визначення фактичних рівнів вібрацій перекриттів і порівняння з допустимими за Санітарними нормами України та Євросоюзу [1–3].

Методика обстежень передбачала вимірювання вертикальних і горизонтальних віброприскорень перекриттів на різних поверхах будинків по вул. П. Мирного та А. Барбюса за допомогою вібродатчиків та вимірювача вібрацій марки ВШВ-003-М2. Записи вібросигналів виконувалися на стрічку багатоканального магнітофона SONY.

Обробка та спектральний аналіз зареєстрованих вібросигналів виконувались на комп'ютері за допомогою спеціалізованого пакета обробки сигналів. Загальний вигляд сейсмоприймача марки СМ-3 (встановлений на підлозі), касетного магнітофона фірми «SONY» та віброшумоміра марки ВШВ-003-М2 приведено на рис. 1, *а*.

У точках 1-3 проводились вимірювання вертикальних та горизонтальних (по двох ортогональних напрямках) віброприскорень перекриттів будинків при русі ліфтів.

а)




б)

Рис. 1. Загальний вид віброметричної апаратури: а- та вузькосмуговий спектр вертикальних віброприскорень; б - перекриття в житловому приміщенні на 13-му поверсі (т. 1) будинку по вулиці А. Барбюса

**Результати вібродинамічних вимірювань**

На підставі натурних вимірювань отримані вібросигнали вертикальних і горизонтальних коливань (віброприскорення). За результатами обробки сигналів і спектрального аналізу отримані рівні вібрацій перекриттів, максимальні значення амплітуд, частоти коливань будівлі. Аналіз даних табл. 1 дозволяє зробити висновок, що зареєстровані рівні вібрацій у житлових приміщеннях на 5-20 *дБ* нижче допустимих рівнів.

На рис. 1, *б* наведено графік вузькосмугового спектру при коливаннях

перекриття будинку під час руху ліфтів. На підставі аналізу зареєстрованих фактичних значень амплітуд і частот коливань конструкцій будинків було зроблено наступні висновки:

1. Максимальні значення амплітуд коливань перекриттів при русі ліфтів дорівнюють:

• віброприскорення в приміщеннях тринадцятого поверху будинку по вул. П. Мирного: 0,7 см/с$^2$; другого: 0,8 см/с$^2$;

• віброприскорення в приміщеннях тринадцятого поверху будинку по вул. А. Барбюса: 2,0 см/с$^2$; п`ятого поверху: 1,6 см/с$^2$.

2. Переважаючи частоти коливань перекриттів будинків дорівнюють:

• будинку по вул. П. Мирного: у горизонтальних напрямках 17Гц, 45-80 Гц; у вертикальному напрямку 35-62 Гц;

• будинку по вул. А. Барбюса: у горизонтальних напрямках 16Гц, 38Гц, 69-80 Гц; у вертикальному 14Гц, 33-37Гц, 48Гц, 70-82 Гц.

Таблиця 1

**Результати вимірювань рівнів вібрацій, створюваних ліфтами фірми «OTIS»** ***у житлових приміщеннях монолітно-каркасних будинків***

| Точки реєстрації вібрації на перекриттях різних поверхів житлових будинків | Допустимі (ніч) і заміряні рівні віброприскорень (відносно опорного рівня $10^{-6}$), дБ, в октавних смугах з частотами, Гц | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 Гц | 4 | 8 | 16 | 31,5 | 63Гц |
| | 65 дБ | 65 | 65 | 71 | 77 | 83дБ |
| **А. Житловий будинок по вул. П. Мирного** | | | | | | |
| Точка 1 в квартирі 81 (13-й поверх) | 54 | 52 | 51 | 51 | 55 | 58 |
| Точка 3 в кімнаті (2-й поверх) | 56 | 51 | 52 | 51 | 62 | 62 |
| **Б. Житловий будинок по вул. А. Барбюса** | | | | | | |
| Точка 1 в квартирі 143 (13-й поверх) | 56 | 55 | 51 | 55 | 60 | 63 |
| Точка 3 в квартирі 108 (5-й поверх) | 60 | 55 | 51 | 51 | 55 | 55 |

**Висновок.** Спорудження відокремленого сходового вузла з монолітного залізобетону з товщиною стінок 250-300 мм для ліфтів марки «OTIS» в житлових будинках монолітно каркасної конструкції не призводить до порушення вібраційного режиму в житлових та офісних приміщеннях. *При цьому допускається спорудження ліфтових шахт без додаткових внутрішніх навісних бетонних панелей.*

## Список використаних джерел

1. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

2. Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of

workers to the risks arising from physical agents (vibration) (sixteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC), OJ L 177, 6.7.2002.

3. ISO 2631 (Part 1-5). Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration.

4. URL: https://ecodoma.in.ua/

**УДК 624.378**

## ЗАЛЕЖНОСТІ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ ПРИ РІЗНИХ ВИДАХ РУЙНУВАННЯ ЗОНИ ЇХ КОНТАКТУ

**Є. А. ДМИТРЕНКО**, доцент; **Т. В. БАКАЙ**, аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* dmytrenko_yevhen@nubip.edu.ua, bakay@moduscg.com

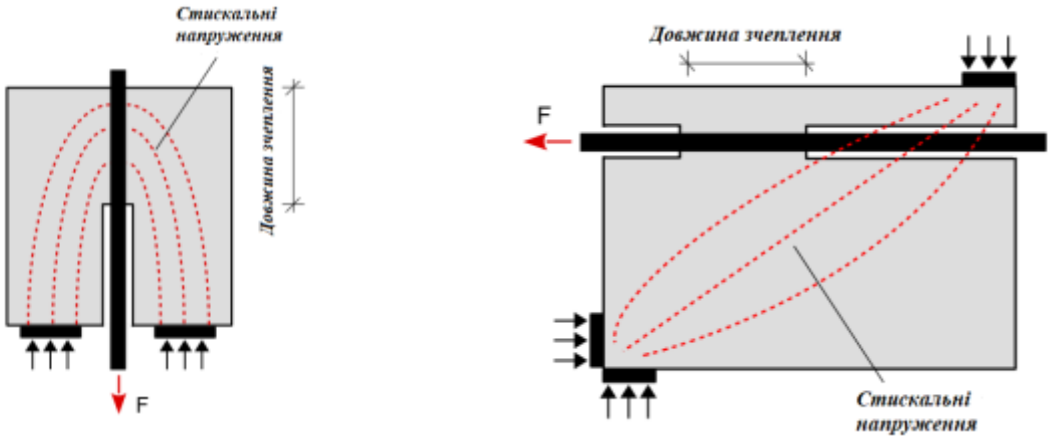
Тріщиноутворення у залізобетонних конструкціях під час їх виготовлення та навантаження є характерним процесом, який має бути врахований під час моделювання, проектування та реконструкції будівель та споруд, які мають у своєму складі залізобетонні несучі елементи [1]. Тріщини можуть бути причиною виникнення корозії арматурної сталі і, таким чином, призводити до погіршення довговічності, експлуатаційної придатності та несучої здатності залізобетонних конструкцій. На поведінку тріщин суттєво впливає зчеплення між арматурною сталлю та бетоном [2]. Тому всебічне вивчення ефектів зчеплення, включаючи локальний і залежний від часу розподіл напружень зчеплення вздовж арматурного стержня, є необхідним для проектування і оцінки елементів конструкцій будівель та споруд, у тому числі, споруд подвійного призначення.

Від початку досліджень залізобетону вчені намагалися кількісно оцінити зчеплення між арматурою та бетоном. Для характеристики цього явища використовується залежність між напруженнями зчеплення $\tau$ (зумовлена впливом окремих процесів – адгезії, тертя та механічного зачеплення) – та відносним зміщенням, відомим як просковзування $s$. Експериментальне визначення цієї залежності здійснюється шляхом випробувань на міцність зчеплення, в яких напруження зчеплення визначаються як відношення сили висмикування $F$ до площі зчеплення $A_b$.

Однак, згідно з [3] більше, ніж 30 параметрів впливають на поведінку зони зчеплення арматури з бетоном в експерименті. На додаток до мінливих властивостей матеріалу і геометричних параметрів бетону та стержня, а також типу навантаження, важливу роль відіграє методика випробування. Таким чином, різні зразки та схеми випробувань призводять до різних залежностей між напруженнями зчеплення $\tau$ і зміщеннями $s$.

Наприклад, одна із найбільш розповсюджених методик експериментального дослідження зчеплення арматури з бетоном RILEM [4] (випробування на висмикування або *pull-out test*) внаслідок наявності великого захисного шару бетону та аркового ефекту від сил реакцій опор (рис. 1, *а*) призводить до збільшення граничних напружень руйнування зчеплення (рис. 2) і, як наслідок, до завищення міцності зчеплення контакту арматури з бетоном.

На відміну від методики RILEM, такі методики експериментальних досліджень зчеплення, як балкове випробування (*beam test*) та балково-кінцеве випробування (*beam-end test*) ASTM [5], краще відображають характер роботи зони контакту арматури з бетоном при навантаженні (рис. 1, *б*).




*а)* *б)*

Рис. 1. Схеми експериментальних досліджень зчеплення арматури з бетоном із траекторіями стискальних напружень [6]:
*а* – методика RILEM [4] pull-out test; *б* – методика ASTM [5] beam-end test

Силовий потік всередині експериментального зразка не призводить до появи поперечних напружень в зоні зчеплення, а товщина захисного шару бетону є прийнятною та близькою за значенням до захисного шару бетону в реальних конструкціях. Менші значення товщин захисного шару бетону призводять до зміни виду руйнування в бік більш-менш раптового руйнування-розколювання (*splitting failure*). В залежності від наявності поперечного армування балкового зразка в процесі досліджень також може виникати комбінований вид руйнування, який може бути визначений як «руйнування-висмикування, викликане розколюванням» (рис. 2).

Однак слід зазначити, що вищезгаданий стандарт випробування [5] визначає довжину зчеплення у $10 \cdot d_s$ при балково-кінцевому випробуванні замість $5 \cdot d_s$ під час випробування на витягування [4]. Тому порівняння результатів випробувань на зчеплення з різними типами зразків має включати в себе вплив різної довжини зв'язку.

В останні роки в області експериментальних досліджень арматури з бетоном набуває популярності методика розподіленого волоконно-оптичного зондування (DOFS), яка пропонує можливість квазібезперервного вимірювання значень деформації з інтервалом менше одного міліметра. Методика DOFS

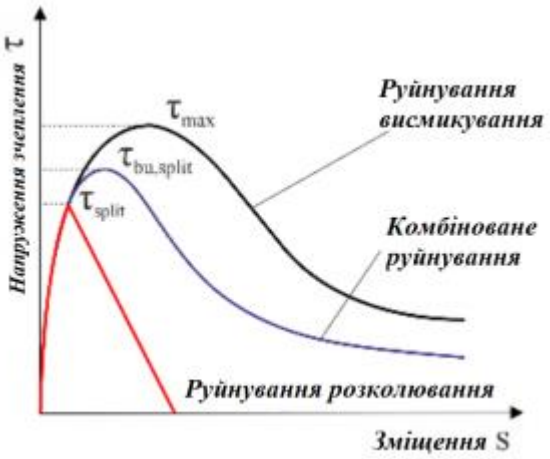



Рис. 2. Залежності зчеплення арматури з бетоном при різних видах руйнування зразків в залежності від методики експериментальних досліджень [3]

успішно застосовується в залізобетоні для виявлення тріщин, вимірювання деформацій в бетоні, а також при випробуваннях на міцність зчеплення [3]. На основі локальної роздільної здатності деформації вздовж вбудованого сталевого стержня можна зробити висновки про передачу зусилля між арматурою і бетоном та побудувати більш точні залежності напруження зчеплення $\tau$ – зміщення $s$, отримані в ході експерименту.

**Висновки.** Характер зчеплення арматури з бетоном суттєво впливає на довговічність і несучу здатність залізобетонних конструкцій, особливо в контексті тріщиноутворення та корозії арматурної сталі. Залежність між напруженням зчеплення τ і зміщеннями s визначається кількома механізмами взаємодії (адгезія, тертя, механічне зачеплення) та може змінюватися під впливом різних методик випробувань, а саме:

– Pull-out тест (RILEM) через арковий ефект та велику товщину захисного шару бетону може завищувати міцність зчеплення;

– Beam-end тест (ASTM) краще відображає реальні умови експлуатації, оскільки виключає поперечні напруження в зоні контакту та дозволяє оцінити різні механізми руйнування.

Методика розподіленого волоконно-оптичного зондування (DOFS) є перспективним підходом для аналізу зчеплення арматури з бетоном, оскільки дозволяє отримувати детальні дані про розподіл напружень і побудову більш точних залежностей τ–s.

## Список використаних джерел

1. Dmytrenko Ye.A., Genzerskiy Yu.V., Yakovenko I.A., Bakulin Ye.A. (2023). Strength Calculation of Normal Cross-Sections of Reinforced Concrete Structures at Flat Bending by the Wood-Armer Method in SP "LIRA SAPR". *AIP Conference Proceedings*. 2678, 020006. Issue 1. 9 p. https://doi.org/10.1063/5.0118680

2. Колчунов В.І., Яковенко І.А., Дмитренко Є.А. Методика експериментальних досліджень зчеплення арматур из бетоном при

висмикуванні (стисненні) арматурного стрижня з бетону (у бетон) з урахуванням низхідної гілки деформування (рос. мов.). *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди* : зб. наук. праць. 2016. Вип. 33. С. 162–173.

3. Koschemann M., Curbach M. (2022) Bond behaviour and crack propagation of reinforced concrete under long-term loading. In: Jivkov A., Miura N., Panesar D., Weihe St. (eds.) 26th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology. – Div. I. – 10 p. https://www.lib.ncsu.edu/resolver/1840.20/40309

4. RILEM (1970). «Essais portant sur l'adhérence des armatures du béton» *Matériaux et Constructions*, France, 3, 169–178.

5. ASTM (2015). A944-10 Standard test method for comparing bond strength of steel reinforcing bars to concrete using beam-end specimens, ASTM international, West Conshohocken, USA.

6. Baktheer, Abedulgader & Spartali, Homam & Hegger, Josef & Chudoba, Rostislav. (2021). High-cycle fatigue of bond in reinforced high-strength concrete under push-in loading characterized using the modified beam-end test. Cement and Concrete Composites. 118. 103978. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2021.103978

**УДК 624.045.12**

## ЗМІНА ПАРАМЕТРІВ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ ПРИ ДІЇ ДОВГОТРИВАЛИХ НАВАНТАЖЕНЬ

**Є. А. ДМИТРЕНКО**, доцент; **Д. О. ДЕНИСЕНКО,** аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* dmytrenko_yevhen@nubip.edu.ua

Зчеплення арматурних стержнів із бетоном відіграє ключову роль у забезпеченні несучої здатності та довговічності залізобетонних конструкцій [1]. В умовах довготривалого навантаження відбувається зміна напружено-деформованого стану в зоні контакту арматури з бетоном [2], що може спричиняти зміну міцності зчеплення та сприяти розвитку тріщин через процеси повзучості [3] та усадки залізобетону [4].

Одним із основних методів оцінки параметрів зчеплення є ***beam-end test*** (методика ASTM A944-10), який дозволяє визначити реальний розподіл напружень уздовж арматурного стержня в бетоні [5]. Методика передбачає створення навантаження на кінцеву частину балочного зразка із поперечним армуванням та фіксованою довжиною контакту $l_b$ (рис. 1). Даний вид випробувань точніше відтворює реальні умови роботи арматури в залізобетонних елементах у порівнянні з класичним ***pull-out test*** (методика RILEM), оскільки виключає арковий ефект та стискальні напруження, які передаються від опор в зону зчеплення арматури з бетоном.

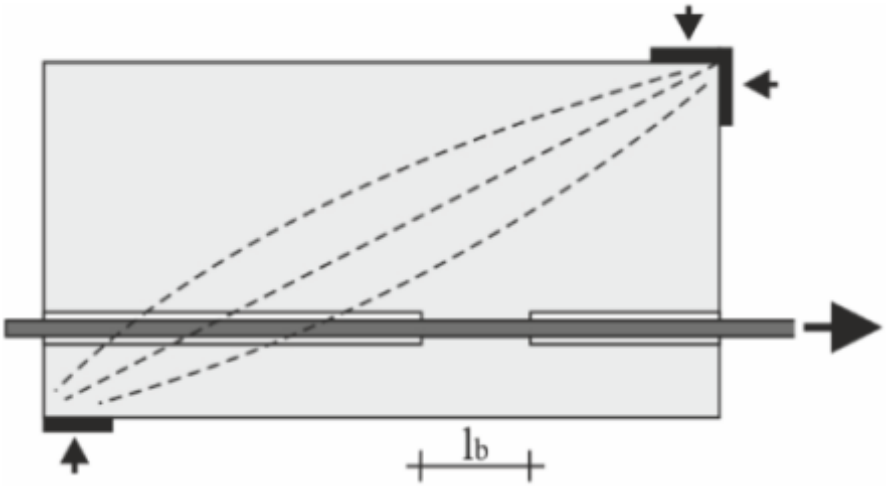



Рис. 1 Схема випробування зчеплення арматури з бетоном
по методиці ASTM A944-10

Розподілене волоконно-оптичне зондування **(DOFS)** використовується для точного вимірювання напружень уздовж арматурного стержня у реальному часі. Волоконно-оптичні сенсори, інтегровані у бетон, дозволяють проводити безперервний моніторинг деформацій з точністю до 1 мм. Ця технологія є перспективною для досліджень довготривалих змін зчеплення, оскільки забезпечує високу роздільну здатність при вимірюванні розподілу напружень та їхньої еволюції з часом.

Для аналізу зміни параметрів зчеплення арматури з бетоном при дії довготривалих навантажень взяті за основу деякі результати експериментальних досліджень, проведені у Дрезденському технічному університеті М. Кошеманном та М. Курбахом [5].

У процесі дослідження варіювалися:

→ довжина зони анкерування арматури в бетоні (від 1 до 10 діаметрів арматури);

→ різні класи бетону (C20/25, C35/45, C50/60);

→ методики експериментальних досліджень зчеплення: на висмикування (pull-out) та балочне випробування (beam-end);

→ тривалість випробувань під постійним навантаженням - 1000-2000 годин.

Арматура – класу BSt 500B, діаметром 16 мм.

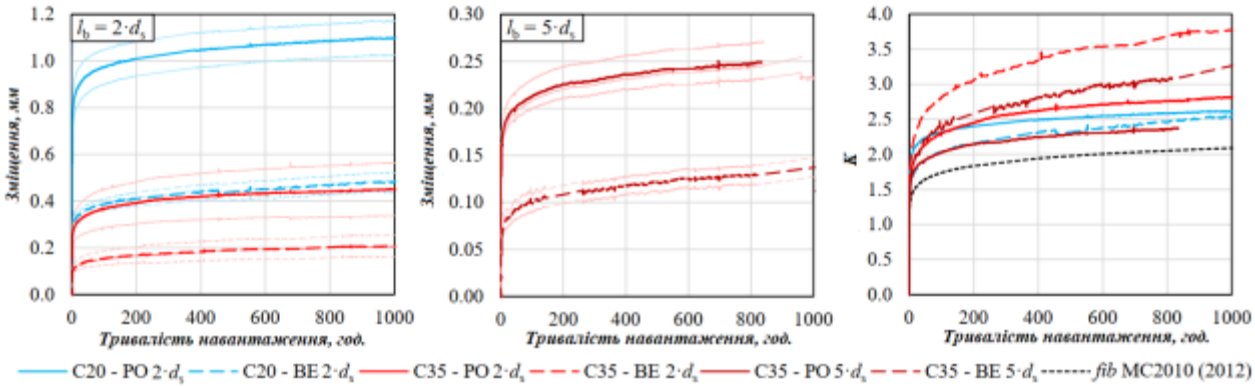
Для безперерервного вимірювання деформацій застосовувалися оптоволоконні датчики. Експериментальні установки, які застосовувалися в дослідженнях представлені на рис. 2.

В ході досліджень з’ясувалося, що міцність зчеплення арматури з бетоном зростає зі збільшенням міцності бетону, а при довжині анкерування $5 \cdot d_s$ спостерігається нерівномірний розподіл напружень зчеплення. Після 1000 годин навантаження було зафіксовано збільшення проковзування в 2,5–3,7 рази (рис. 3).

*а)* *б)*

Рис. 2 Експериментальні установки для досліджень зчеплення арматури з бетоном при довготривалих навантажень [5]:
*а* – для випробувань на висмикування; *б* – для балочних випробувань

У випробуваннях на висмикування проковзування виявилося вдвічі більшим, ніж у балочних зразках. Також було зафіксовано збільшення ширини розкриття тріщин на 20% під тривалим навантаженням.




*а)* *б)* *в)*

Рис. 3. Збільшення просковзування арматури при дії довготривалого навантаження для різних випробувань та класів бетону
(РО – висмикування, ВЕ - балочне) [5]:
*а* – при довжині зчеплення $l_b = 2 \cdot d_s$; *б* – при довжині зчеплення $l_b = 5 \cdot d_s$;
*в* – коефіцієнт збільшення проковзування

**Висновки.** Таким чином, розглянута проблематика є особливо актуальною для об'єктів із тривалим терміном експлуатації (зокрема, для об’єктів критичної інфраструктури – енергетичних підприємств, лікарень, урядових будівель, АЕС, сховищ радіоактивних відходів, тощо), а їх результати проведених досліджень є важливими для проектування та оцінки довговічності

залізобетонних конструкцій і можуть бути використані для уточнення діючих нормативних документів.

Однак, слід зазначити, що дані дослідження мали певні обмеження, зокрема:

– була розглянута обмежена кількість типів бетону;

– випробування проводились лише з одним діаметром арматури (16 мм);

– відносно короткий період спостереження (до 2000 годин);

– не враховані всі можливі фактори впливу (температура, вологість тощо).

У зв'язку із цим, дослідження за даною тематикою мають подальші перспективи через дослідження інших типів бетону та діаметрів арматури, збільшення тривалості спостережень і додатковий аналіз даних з оптоволоконних датчиків.

## Список використаних джерел

1. Бакулін Є.А., Бакуліна В.М., Костира Н.О. Методи розрахунку підпірних стін. *Науковий Вісник НУБіП. Серія Техніка та Енергетика*. 2017. Вип. 262. С. 72–87. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2017_262_9

2. Yakovenko I., Bakulin Y. & Bakulina V. (2020) Classification methods of civil buildings reconstruction. T*heoretical and scientific foundations of engineering* : coll. mon. Boston: Primedia eLaunch, 2020. 180 p., pp. 70–96. https://doi.org/10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II

3. Колчунов В.І., Яковенко І.А., Дмитренко Є.А. Методика експериментальних досліджень зчеплення арматур из бетоном при висмикуванні (стисненні) арматурного стрижня з бетону (у бетон) з урахуванням низхідної гілки деформування (рос. мов.). *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди* : зб. наук. праць. 2016. Вип. 33. С. 162–173.

4. Dmytrenko Ye.A., Genzerskiy Yu.V., Yakovenko I.A., Bakulin Ye.A. (2023). Strength Calculation of Normal Cross-Sections of Reinforced Concrete Structures at Flat Bending by the Wood-Armer Method in SP "LIRA SAPR". *AIP Conference Proceedings*. 2678, 020006. Issue 1. 9 p. https://doi.org/10.1063/5.0118680

5. Koschemann M., Curbach M. (2022) Bond behaviour and crack propagation of reinforced concrete under long-term loading. In: Jivkov A., Miura N., Panesar D., Weihe St. (eds.) 26th *International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology*. Div. I. 10 p. https://www.lib.ncsu.edu/resolver/1840.20/40309

**УДК 693.98:330**

# ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ: ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

**М. В. УСЕНКО**, ст. викладач; **А. В. МАРТИНЮК**, студент;
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* usenko.m@nubip.edu.ua

Сучасне будівництво спрямоване на впровадження "зелених" технологій, які забезпечують екологічну стійкість та енергоефективність будівель. Оцінка енергоефективності є ключовим елементом у визначенні впливу будівель на навколишнє середовище та оптимізації споживання ресурсів.

Головним пріоритетом зеленого будівництва є спорудження будівель і їх експлуатація, яка не робить шкідливого впливу на навколишнє природне середовище. Це досягається за рахунок енергоефективності та сталого зростання якості будівельних робіт. «Зелений» статус споруд підтверджує міжнародний європейський стандарт BREEAM.

Він був створений в 90-х роках минулого століття в Англії. Передумовами його появи став загальний курс розвитку Великобританії в сторону «зеленої» економіки, основу якої складають енергозберігаючих технологій. «Зелене» будівництво за стандартом BREEAM стало популярним в багатьох країнах світу. Інтерес до «зеленого» будівництва спостерігається і в регіонах України.

Основними показниками енергоефективності будівель є:

1. Теплоізоляція: якість матеріалів та конструкцій, що забезпечують мінімальні тепловтрати.
2. Системи опалення, вентиляції та кондиціонування: ефективність обладнання та його здатність до енергозбереження.
3. Освітлення: використання енергоефективних джерел світла та систем керування.
4. Використання відновлюваних джерел енергії: інтеграція сонячних панелей, теплових насосів тощо.

Приблизно 41% споживання первинної енергії, 68% електроенергії, 65% сировини, 14% запасів питної води та 35% викидів вуглекислого газу, а також майже 50% твердих побутових відходів споживаються будівлями в усьому світі, згідно з даними Ради зеленого будівництва (GBC). Очікується, що глобальне будівництво зросте на 6,6% у 2025 році та на 42% у 2030 році. Це зростання супроводжується небезпекою забруднення та утворення відходів. Очікується, що населення планети зросте, що призведе до збільшення світової пропозиції будівель на 90% до 2050 року.

Незважаючи на це, Паризька кліматична конференція ООН визнала будівлі ключовим сектором, який потребує радикальних заходів для скорочення глобальних викидів вуглецю на 65% у 2050 році порівняно з 2012 роком.

Багато світових експертів відзначають, що в Україні існують норми і стандарти з пожежної безпеки більш суворі, на відміну від європейських стандартів. Тому українські об'єкти нерухомості можуть отримати найвищі бали. В цьому плані перспективи «зеленого» будівництва на Україні виглядають вельми оптимістично.

Зокрема, в Україні діє Закон «Про енергетичну ефективність будівель» (2017 р.), ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» тощо.

У даний час перед українськими проектувальниками і будівельниками стоїть складна проблема – змінити ставлення суспільства до «зеленого» будівництва. Вони повинні довести людям, що будувати будинки по «зеленим» стандартам можна якісно, швидко і за доступною вартості. Українські вчені вже приступили до вирішення актуального завдання.

Прикладом цього є розробка технології з виготовлення стінових панелей з дешевого органічної сировини − соломи.

Таким чином, переробка – це можливість майбутнього, коли кожен може брати участь у збереженні природних ресурсів. Країни, які мають розвинену систему переробки, мають менше споживання сировини та утворення відходів, згідно зі світовою статистикою.

Оцінка енергоефективності є невід'ємною частиною "зеленого" будівництва. Використання сучасних методів та технологій дозволяє створювати стійкі та екологічно чисті будівлі, що відповідають сучасним вимогам та сприяють збереженню ресурсів для майбутніх поколінь.

**Список використаних джерел**

1. Ткаченко Т.М., Мілейковський В.О., Гунченко О.М. Оцінка заощадження енергії та непрямого зменшення викидів $CO_2$ вертикальним озелененням. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*. 2019. Вип. 31. С. 16-23.

2. Tkachenko T.M., Mileikovskyi V.O. Geometric Basis of the Use of “Green Constructions” for Sun Protection of Glazing. *ICGG 2018 - Proceedings of the 18th International Conference on Geometry and Graphics*. Milan, 2018. P. 1096-1107.

3. Усенко М.В., Андрієвська М.В. Дослідження принципів зеленого будівництва: вплив зелених дахів на управління зливовими водами. Зб. тез доп. XXIII Міжн. конф. наук.-пед. працівн., наук. співробітн. та асп. «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування конструювання та дизайн» (11–12 квітня 2024 р.). К. : НУБіП України, 2024. С. 98–100.

4. Зелене будівництво в Україні, перспективи. 2020. URL: https://budynok.com.ua/ua/green-building-in-ukraine-prospects.

5. Інвестиційна карта України. URL: https://investment-map.com.ua

6. Бакулін Є.А., Усенко М.В., Бакуліна В.М. Чисельне моделювання посилення сталевого підземного циліндричного резервуару. *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини*. 2024. Вип. № 28. С. 63–74. https://doi.org/10.31650/2707-3068-2024-28-63-74

**УДК 624.012.25**

# КЛАСИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ПОШУК АНАЛІТИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

**І. А. ЯКОВЕНКО**, д.т.н., професор; **Є. А. ДМИТРЕНКО**, к.т.н., доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* yakovenko_i_a@nubip.edu.ua; dmytrenko_yevhen@nubip.edu.ua

Проведений аналіз нормативних документів США (ACI 318-05/ACI 381R-05), країн Європи (EN 1992-1-1:2004, Eurocode 2, DIN 1045, CNR-DT 203/2006), Великобританії (BS EN 1992-1-2:2004), Австралії (AS 3600:2018), Канади (CSA A23.3-14), Туреччини (TS 500), України (ДБН В.2.6-98:2009, ДСТУ Б.В.2.6–156:2010, ДСТУ 3760:2019), провідних міжнародних наукових шкіл, що займаються проблемами зчеплення бетону та арматури у залізобетонних конструкціях (Muttoni Aurelo, Plizzari Giovanni, Lungren Karin, Focacci Francesco, Hassen Tarek, Cristina Zanotti та ін.) вітчизняних наукових шкіл (проф. Т.Н. Азізова, Є.М. Бабіча, А.М. Бамбури [1], А.Я. Барашикова, З.Я. Бліхарського, О.Б. Голишева, В.С. Дорофєєва, В.М. Карпюка, Ю.А. Клімова [], Є.В. Клименка, В.І. Колчунова [1, 3], Д.В. Кочкарьова [1, 4], Ю.І. Немчинова, Й.Й. Лучка, А.М. Павликова [1, 4], В.М. Ромашка [5], М.В. Савицького, О.В. Семка, В.С. Шмуклера та ін.) та їх послідовників [1, 6, 7 та ін.] дозволив авторам визначити основні фактори та параметри від яких залежить зчеплення арматури з бетоном у залізобетонних конструкціях будівель та інженерних споруд (рис. 1).

Визначені фактори та параметри систематизовані на **сім основних груп**:

1) **перша група** → параметри армування (геометричні):
– діаметр робочої арматури, Ø;
– площа робочої $A_s$ та конструктивної $A'_s$ арматури,;
– площа конструктивної арматури хомутів, $A_{sw}$;
– периметр робочої арматури, $S_s$;
– тип профілю (періодична або гладка);

2) **друга група** → параметри армування (фізичні, клас арматури):
– розрахунковий опір робочої арматури на розтяг, $f_{yd}$ (стиск, $f'_{yd}$);
– характеристичний опір робочої арматури на розтяг, $f_{yk}$ (стиск, $f'_{yk}$);
– модуль пружності арматури у розтягнутій зоні, $E_s$;
– модуль пружності арматури у стиснутій зоні, $E'_s$;

3) **третя група** → параметри бетону (фізичні, клас бетону):
– тип бетону (важкий, середньої щільності, легкий) → звідси випливає, що є залежності від фракції заповнювача та марок цементу та піску;
– розрахунковий опір бетону на стиск, $f_{cd}$;

– розрахунковий опір бетону на розтяг, $f_{ctd}$;

– характеристичний опір бетону на стиск, $f_{ck}$;

– характеристичний опір бетону на розтяг, $f_{ctk}$;

– розрахунковий модуль пружності бетону, $E_{cd}$;

– характеристичний модуль пружності бетону, $E_{ck}$;

– усереднений модуль пружності бетону, $E_{cm}$.

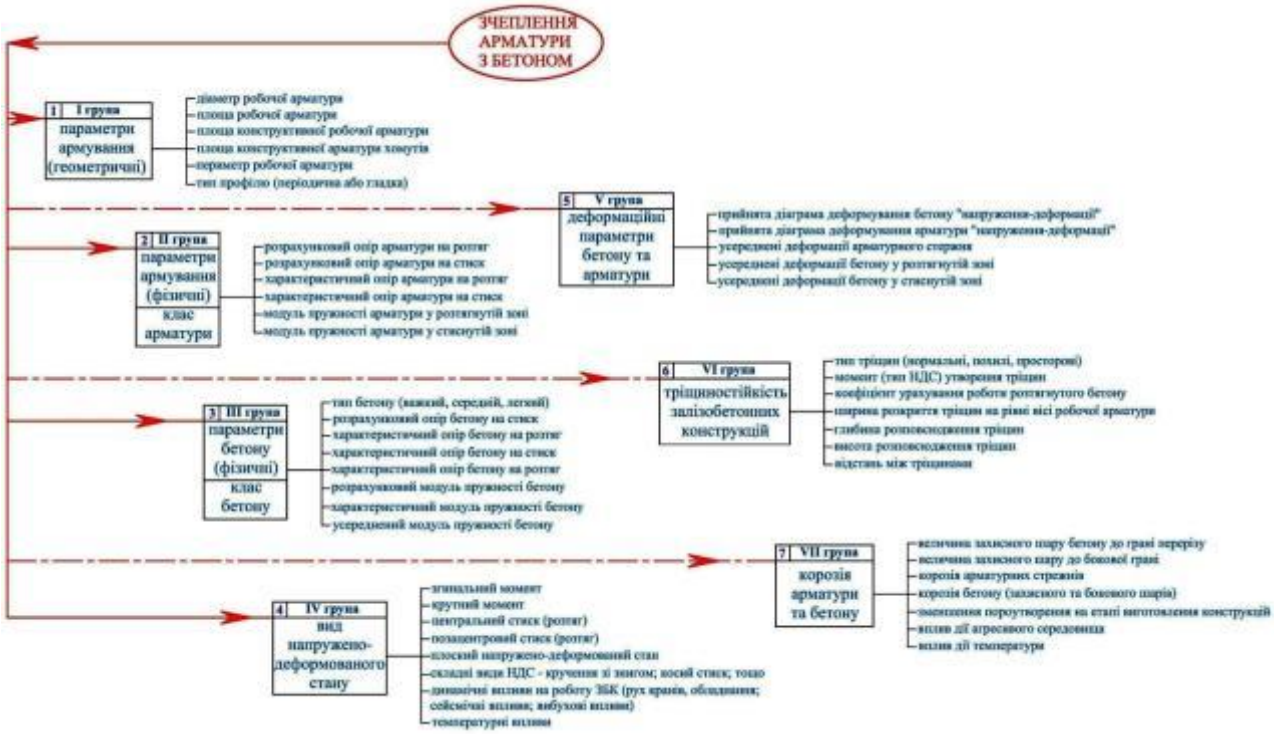



Рис. 1. Класифікація параметрів та факторів впливу
на зчеплення арматури з бетоном у залізобетонних конструкціях

4) **четверта група** → вид напружено-деформованого стану на залізобетонну конструкцію (дослідний зразок або фрагмент):

– згинальний момент, $M$;

– крутний момент, $M_t$;

– центральний стиск (розтяг);

– позацентровий стиск (розтяг);

– плоский напружено-деформований стан;

– складні види НДС – кручення зі згином; косий згин; косий стиск тощо;

– динамічні впливи на роботу залізобетонних конструкцій (динамічні навантаження від руху кранів, обладнання; сейсмічні впливи; вибухові впливи);

– температурні впливи;

5) **п'ята група** → деформаційні параметри бетону та арматури:

– прийнята діаграма деформування бетону «напруження – деформації», $\sigma_c - \varepsilon_c$;

– прийнята діаграма деформування арматури «напруження – деформації», $\sigma_s - \varepsilon_s$;

– усереднені деформації арматурного стержня, $\varepsilon_{sm}$;

– усереднені деформації бетону у розтягнутій зоні, $\varepsilon_{ctm}$;

– усереднені деформації бетону у стиснутій зоні, $\varepsilon_{cm}$;

6) **шоста група** → тріщиностійкість залізобетонних конструкцій:

– тип тріщин (нормальні, похилі, просторові);

– момент (тип НДС) утворення тріщин, $M_{cr}$;

– коефіцієнт урахування роботи розтягнутого бетону, $\psi_s$;

– ширина розкриття тріщин на рівні вісі робочої арматури, $w_k$;

– глибина розповсюдження тріщин, $d_{cr}$;

– висота розповсюдження тріщин, $h_{cr}$;

– відстань між тріщинами, $s_r$;

7) **сьома група** → корозія арматури та бетону:

– величина захисного шару бетону до грані перерізу, $a_{pr,l}$;

– величина захисного шару бетону до бокової грані, $a_{sid}$;

– корозія арматурних стержнів;

– корозія бетону (захисного та бокового шарів);

– зменшення пороутворення на етапі виготовлення конструкції;

– вплив агресивного та/або температурного середовища.

Виявлені фактори та параметри, які впливають на зчеплення арматури з бетоном у залізобетонних конструкціях.

Аналіз значної кількості наукових праць та нормативних документів провідних країн за темою показує, що існуючі методи визначення дійсної картини напружено-деформованого стану у зоні контакту арматури з бетоном не враховують перелічені групи факторів.

Отже, побудова дійсних моделей зчеплення арматури з бетоном, які б ураховували перелічені групи параметрів та факторів є вельми актуальною проблемою і потребують залучення складного аналітичного апарату, чисельного моделювання та проведення значної кількості експериментальних досліджень щодо визначення реальної картини напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій (деформування бетонної матриці та арматурних стержнів) під дією різних силових та ін. впливів.

## Список використаних джерел

1. Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін. Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну. К.: Толока, 2017. 627 с.

2. Клімов Ю.А. Статистична оцінка механичних характеристик холоднодеформованої арматури класу В500. Зб. наук. праць «Будівельні конструкції. Теорія і практика». 2023. Вип.12. С.4-15.

3. Kolchunov V.I., Yakovenko I.A., Dmitrenko E.A. (2016). The analytical core model formation of the nonlinear problem bond armature with concrete. *Збірник*

*наукових праць. Серія галузеве машинобудування, будівництво*. Вип. 2(47). С. 125–132.

4. Павліков А.М., Кочкарьов Д.В. Залізобетонні конструкції : практичні методи розрахунків та конструювання : навч. посіб. Полтава : ТОВ «АСМІ», 2019. 238 с.

5. Ромашко В.М. Деформаційно-силова модель опору бетону та залізобетону : моногр. Рівне : О. Зень, 2016. 424 с.

6. Yakovenko I., Dmytrenko Y., Bakulina V. (2022). Construction of Analytical Coupling Model in Reinforced Concrete Structures in the Presence of Discrete Cracks. In: Bieliatynskyi A., Breskich V. (eds) Safety in Aviation and Space Technologies. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 107–120. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9_10

7. Yakovenko I.A., Dmytrenko Ye.A. (2022). Influence of reinforcement parameters on the width of crack opening in reinforced concrete structures. Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention : coll. mon. Riga : Izdevnieciba "Baltija Publishing", 2022. P. 510–536. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-254-8-18

**УДК 624.014 (076.5)**

## ЗАХИСТ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД КОРОЗІЇ

**Є. А. БАКУЛІН**, доцент; **Ю. В. ОХРІМЕНКО**, студент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* bakulin_evgeniy@nubip.edu.ua

Корозія металевих конструкцій є одним із найпоширеніших факторів, що впливають на їхню довговічність, безпечність і експлуатаційну надійність.

Вплив навколишнього середовища, агресивних хімічних сполук , підвищеної вологості та температурних змін призводить до поступового руйнування металевих конструкцій, що може спричинити значні економічні збитки та загрозу безпеці людей.

Відповідно до ДБН В.2.6-198:2014 "Сталеві конструкції. Норми проектування", для забезпечення надійності металевих конструкцій необхідно застосовувати комплексні заходи захисту від корозії. Ці заходи включають правильний вибір матеріалів, конструктивні рішення, антикорозійні покриття, електрохімічний захист та контроль експлуатаційного стану.

**Визначення корозійної небезпеки та категорій агресивності середовища.**

При проектуванні сталевих конструкцій слід враховувати категорію корозійної агресивності середовища, яка визначає вибір методів захисту. Для

цього застосовуються стандарти **ДСТУ ISO 12944-2:2019** (класифікація середовищ) та **ДСТУ ISO 9223:2020** (оцінка корозійної активності атмосфери).

Основні категорії корозійного впливу середовища:

• С1 (дуже низька) – сухі приміщення з низькою вологістю.

• С2 (низька) – приміщення з помірною вологістю або сільські райони.

• С3 (середня) – міські та промислові зони із забрудненням повітря.

• С4 (висока) – прибережні райони та промислові об’єкти.

• С5 (дуже висока) – морське узбережжя, хімічні заводи.

• СХ (надзвичайна) – екстремальні умови, наприклад, тропічний клімат або агресивні середовища.

Категорія агресивності визначає необхідний рівень антикорозійного захисту та частоту обслуговування конструкцій.

Існує декілька методів захисту від корозії.

**Конструктивний захист.** При проектуванні металевих конструкцій потрібно керуватися наступними принципами:

Використання стійких до корозії матеріалів (нержавіюча сталь, сплави алюмінію).

Забезпечення дренажних отворів для запобігання накопиченню вологи.

Мінімізація стиків, зазорів та щілин, у яких може накопичуватися вода або хімічні реагенти.

Захист зварних швів та контактів від впливу зовнішнього середовища.

**Захисні покриття є о**дним із основних методів захисту є нанесення антикорозійних покриттів, які можуть бути:

• Лакофарбові покриття (відповідно до **ДСТУ ISO 12944-3:2019**), рис.1.

Рис. 1. Нанесення лакофарбового покриття

Рис. 2. Оцинковка металевих деталей

• Металізація (оцинковка, алюмініювання, хромування), рис.2.

• Пластикові та полімерні покриття (застосовуються у хімічно агресивних середовищах).

Сталеві конструкції, які експлуатуються в умовах С4-СХ, потребують багатошарових антикорозійних систем, що включають грунтовку, проміжний та фінішний шари покриття.

**Електрохімічний захист** для конструкцій, що контактують із водним або ґрунтовим середовищем, застосовують катодний захист відповідно до ДСТУ EN 12473:2019 рис.3.

Рис. 3. Катодний захист

Його принципи:

• використання жертовних анодів (цинкових, магнієвих або алюмінієвих).

• застосування протекторного захисту на основі електричного струму.

Катодний захист широко використовується для підземних трубопроводів, мостових опор та морських платформ.

***Після закінчення будівництва необхідне контроль і технічне обслуговування металевих конструкцій.***

Металеві конструкції потребують регулярного моніторингу стану антикорозійного захисту. Основні вимоги:

• візуальний огляд та оцінка ступеня корозійного пошкодження.

• перевірка товщини та адгезії антикорозійних покриттів.

• вимірювання потенціалу електрохімічного захисту.

• ремонт або заміна пошкоджених захисних шарів.

Для ефективного контролю використовуються сучасні методи неруйнівного контролю (ультразвуковий, магнітний, спектральний аналіз).

Застосування конструктивних рішень, антикорозійних покриттів, електрохімічного захисту та регулярного технічного обслуговування дозволяє значно зменшити ризик корозійного пошкодження і продовжити термін служби конструкцій.

Дотримання вимог ДБН та міжнародних стандартів сприяє підвищенню надійності металевих споруд та мінімізації витрат на їхній ремонт і заміну.

## Список використаних джерел

1. Сталеві конструкції. Норми проектування : ДБН В.2.6-198:2014 – [Чинні від 2015-01-01]. – К.: Мінрегіон України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2014. – 205 с. – (Державні будівельні норми)

2. Дмитренко Є.А., Андрієвська М.А., Яковенко І.А. Врахування сумісної роботи дисків покриттів зі збірного залізобетону у складі пролітних згинальних металевих конструкцій. *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини*. 2024. Вип. № 28. С. 128–139. https://doi.org/10.31650/2707-3068-2024-28-128-139

3. Костира Н.О., Малишев О.М., Бакуліна В.М. Особливості технічного обстеження та паспортизації прийнятих в експлуатацію об’єктів будівництва. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. 2019. Vol. 10. № 1. P. 165–169. http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2019.01.165

4. Yakovenko I., Dmytrenko Y., Bakulina V. Construction of Analytical Coupling Model in Reinforced Concrete Structures in the Presence of Discrete Cracks. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2022. P.107–120. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9_10

5. Dmytrenko Ye.A., Genzerskiy Yu.V., Yakovenko I.A., Bakulin Ye.A. (2023). Strength Calculation of Normal Cross-Sections of Reinforced Concrete Structures at Flat Bending by the Wood-Armer Method in SP "LIRA SAPR". *AIP Conference Proceedings*. 2678, 020006. Issue 1. 9 p. https://doi.org/10.1063/5.0118680

6. URL: https://online.budstandart.com/ua

7. URL: https://www.promstan.com.ua/

**УДК 515.2**

# МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСМІСІЙНИХ ТЕПЛОВТРАТ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗЕЛЕНИХ БУДІВЕЛЬ ПРИ ЗМІНІ ЇХ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ

**В. Л. МАРТИНОВ**, професор; **О. Л. МАРТИНЮК**, аспірант;
**Д. М. СТАДНІЙЧУК**, аспірант; **Т. А. БАННИЙ**, аспірант
***Київський національний університет будівництва і архітектури***
*E-mail:* arx.martynov@ukr.net

Проблема скорочення трансмісійних витрат та підвищення енергоефективності зелених будівель при проєктуванні (рис. 1) полягає в оптимізації використання енергії через зменшення тепловтрат (зокрема через стіни, вікна та дахи) та інше, застосування ефективних систем опалення та вентиляції, а також використання відновлюваних джерел енергії.

Рис. 1. Зелені будівлі

Зменшення трансмісійних витрат може бути досягнуто за рахунок використання раціональної форми будівлі. Раціональна форма, зокрема мінімізація зовнішніх поверхонь і правильне розташування, дозволяє знижувати енергоспоживання, покращувати природну теплоізоляцію та

зменшувати потребу в додаткових енергетичних витратах для опалення та охолодження.

Проектувальнику зелених будівель потрібен швидкий спосіб визначення скорочення тепловтрат при зміні геометричної форми будівлі (рис. 1).

**Мета.** Запропонувати спосіб швидкого визначення зміни рівня трансмісійних витрат при зміні геометричної форми зеленої будівлі.

**Основна частина.** Проведено дослідження та визначено компактність різних геометричних форм будівель. Визначено переводні коефіцієнти $K_{112}$ зміни трансмісійних тепловтрат за умови зміни геометричної форми будівлі.

Трансмісійні тепловтрати $Q_{тр}$ після зміни форми визначаються за формулою

$$Q_{тр=} Q_{тр\ існ}\, K_{112}, \qquad (1)$$

де $Q_{тр}$ – трансмісійні тепловтрати будівлі після зміни геометричної форми;

$Q_{тр\ існ}$ –існуючі трансмісійні тепловтрати будівлі до зміни геометричної форми;

$K_{112}$ – коефіцієнт зміни транмісійних тепловтрат при зміні геометричної форми при проєктуванні.

$$K_{112} = \Lambda_{нов} / \Lambda_{існ}, \qquad (2)$$

де $\Lambda_{нов}$ – коефіцієнт компактності геометричної форми будівлі після перетворення;

$\Lambda_{існ}$ – існуючий коефіцієнт компактності геометричної форми будівлі до перетворення.

Коефіцієнти $K_{112}$ зміни трансмісійних витрат будівель зведено до таблиці на рис.2.

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | куб ʌ=6 | куля ʌ=4.84 | прямокутний паралелепіпед ʌ=6.69 | циліндр ʌ=5.86 | піраміда ʌ=6.73 | півкуля ʌ=5.74 | півциліндр ʌ=6.106 | призма (основа шестикутник) ʌ=5.72 | призма (трик. основа) ʌ=6.56 | призма (основа пятикутник) ʌ=5.905 |
| 1 | куб ʌ=6 | | 1,240 | 1,120 | 0,980 | 0,892 | 0,957 | 0,917 | 0,950 | 0,915 | 1,016 |
| | | | 0,807 | 0,886 | 1,023 | 1,120 | 1,045 | 1,017 | 1,048 | 1,093 | 0,984 |
| 2 | куля ʌ=4.84 | 0,807 | | 0,723 | 0,826 | 0,719 | 0,843 | 0,792 | 0,846 | 0,730 | 0,819 |
| | | 1,240 | | 1,380 | 1,210 | 1,390 | 1,190 | 1,261 | 1,180 | 1,370 | 1,220 |
| 3 | прямокутний паралелепіпед ʌ=6.69 | 0,886 | 1,120 | | 1,142 | 0,994 | 1,165 | 1,100 | 1,170 | 1,020 | 1,136 |
| | | 1,120 | 0,893 | | 0,876 | 1,006 | 0,858 | 0,909 | 0,855 | 0,980 | 0,880 |
| 4 | циліндр ʌ=5.86 | 1,023 | 1,210 | 0,880 | | 0,870 | 1,020 | 0,960 | 1,025 | 0,890 | 0,990 |
| | | 0,980 | 0,826 | 1,136 | | 1,149 | 0,980 | 1,042 | 0,976 | 1,124 | 1,010 |
| 5 | піраміда ʌ=6.73 | 1,120 | 1,390 | 1,010 | 1,148 | | 1,172 | 1,100 | 1,180 | 1,025 | 1,139 |
| | | 0,892 | 0,719 | 0,990 | 0,871 | | 0,853 | 0,909 | 0,847 | 0,976 | 0,878 |
| 6 | півкуля ʌ=5.74 | 1,045 | 1,190 | 0,858 | 0,980 | 0,850 | | 0,940 | 1,003 | 0,875 | 0,972 |
| | | 0,957 | 0,840 | 1,166 | 1,020 | 1,176 | | 1,064 | 0,997 | 1,143 | 1,029 |
| 7 | півциліндр ʌ=6.106 | 1,017 | 1,261 | 0,912 | 1,041 | 0,907 | 1,064 | | 1,067 | 0,930 | 1,034 |
| | | 0,917 | 0,793 | 1,096 | 0,961 | 1,103 | 0,940 | | 0,937 | 1,075 | 0,967 |
| 8 | призма (основа шестикутник) ʌ= 5.72 | 1,048 | 1,180 | 0,855 | 0,976 | 0,850 | 0,997 | 0,936 | | 0,873 | 0,968 |
| | | 0,950 | 0,847 | 1,170 | 1,025 | 1,176 | 1,003 | 1,068 | | 1,146 | 1,033 |
| 9 | призма ( основа трикутник) ʌ=6.56 | 1,093 | 0,738 | 0,980 | 1,190 | 1,031 | 1,142 | 1,073 | 1,146 | | 1,100 |
| | | 0,915 | 1,355 | 1,020 | 0,840 | 0,970 | 0,876 | 0,932 | 0,873 | | 0,909 |
| 10 | призма ( основа багатокутник) ʌ=5.905 | 0,984 | 1,220 | 0,880 | 1,010 | 0,878 | 1,029 | 0,967 | 1,033 | 0,909 | |
| | | 1,016 | 0,820 | 1,136 | 0,990 | 1,139 | 0,972 | 1,034 | 0,968 | 1,100 | |

Рис.2. Таблиця переводних коефіцієнтів $K_{112}$ трансмісійних тепловтрат при зміні геометричної форми будівлі

**Висновок.** Проведено дослідження, запропоновано спосіб швидкого визначення зміни рівня трансмісійних витрат за рахунок використання раціональної геометричної форми зеленої будівлі. Визначено вагові коефіцієнти для визначення рівня трансмісійних тепловтрат при зміні геометричної форми. Результати дослідження можуть бути використані проєктувальниками, студентами при розробці проєктів енергоефективних зелених будівель.

**Список використаних джерел**

1. Бакулін Є.А. Критерії надійності та ризиків при оцінюванні технічного стану експлуатованих будівель / Є.А. Бакулін // Будівництво України. – 2013. – №1. – С. 2–4.

2. Бакулін Є.А., Бакуліна В.М., Костира Н.О. Об'ємно-просторові рішення будівель і споруд : навч. посібн. К. : Видавничий центр НУБіП України, 2024. – 264 с. https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/11201

3. Костира Н.О., Малишев О.М., Бакуліна В.М. Особливості технічного обстеження та паспортизації прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. 2019. Vol. 10. № 1. P. 165–169. http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2019.01.165

4. Костира Н.О., Бакуліна В.М. Особливості технічного обстеження об'єктів прилеглих до існуючої забудови. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2022. №12. С. 105–114. https://doi.org/10.32347/2522-4182.12.2023.105-114

**УДК 624.012.45**

## ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ДІЙСНОЇ РОБОТИ ПЛОСКОНАПРУЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ У БУДІВЛЯХ ТА СПОРУДАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

**І. А. ЯКОВЕНКО**, д.т.н., професор; **М. С. САЛО**, аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* i2103@ukr.net; makssalo13@gmail.com

Досвід проведення комплексних обстежень будівель та інженерних споруд [1–3 та ін.], у тому числі агропромислового комплексу, які містять плосконапружені залізобетонні конструкції [4], показує наявність значної кількості багато дефектів у зовнішніх стінових панелях (тріщини в підвіконній частині панелей, у кутах прорізів).

Це вказує, що шарнірного сполучення панелей-розпірок з вежами-пілонами досягти не вдалося і панелі сприймають значні зусилля, які

призводять до утворення, розповсюдження і розкриття тріщин, виколів бетону тощо [3].

Досвід будівництва не дозволяє поки що рекомендувати гнучкі схеми будівель для застосування в особливих умовах будівництва [3].

Представлені деякі плосконапружені залізобетонні конструкції та їхні системи, рис.1. Довгий час ці елементи взагалі не розглядалися як особливий клас залізобетонних конструкцій, і проблему їхнього опору намагалися звести до спорідненої проблеми розрахунку міцності залізобетонних згинальних елементів на дію поперечної сили.

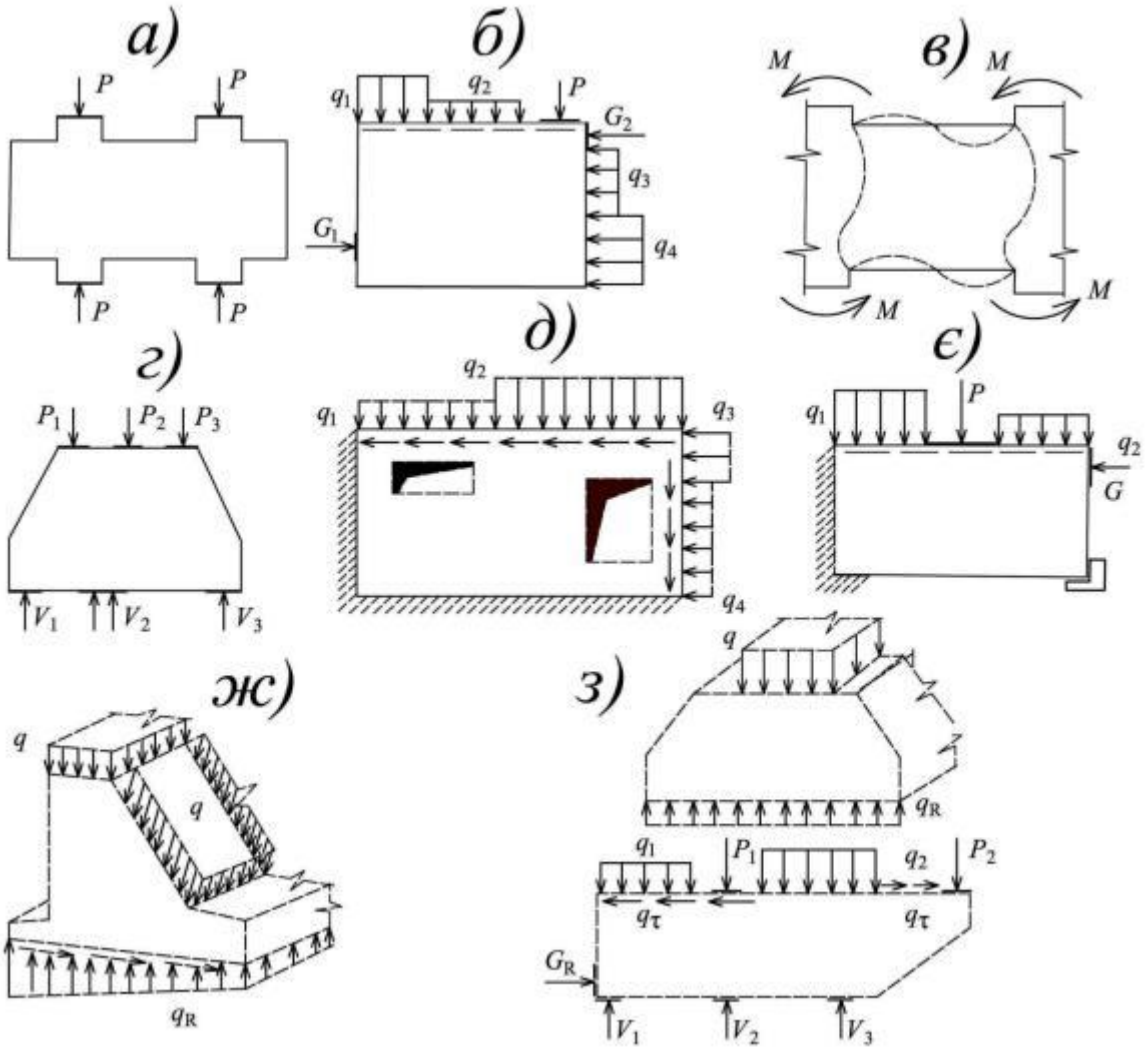



Рис. 1. Типи плосконапружених залізобетонних конструкцій:
*а* – стінова панель зі шпонками при дії стискаючих зусиль;
*б* – довільно навантажена стінова панель;
*в* – стінова панель зі шпонками при дії згинального моменту;
*г* – фрагмент фундаментного блоку при дії стискаючих зусиль;
*д* – защемлена довільно навантажена стінова панель з отворами;
*є* – консольна довільно навантажена стінова панель;
*ж* – позацентрово стиснутий фундамент; *з* – стрічковий фундамент

У наукових дослідженнях під керівництвом проф. Ю.І. Немчинова [4], с.н.с. Мар'єнкова М.Г. [5], проф. С.М. Клепікова ДП "НДІБК" [3], І.А. Рохліна та ін. накопичена значна кількість натурних експериментів, що охоплюють п'ятиповерхові та дев'ятиповерхові великопанельні житлові будинки. Аналіз цих досліджень показує кількісні характеристики впливу деформацій основи на будинки. Також зроблені наступні висновки щодо реальної роботи зовнішніх огороджень:

– стінові панелі, мають достатню міцність при дії вертикального навантаження, але є «чутливими» до перекосу;

– перекіс панелей можливий при згинанні будівлі як вертикальної консолі під дією горизонтальних (сейсмічних, вітрових та ін. навантажень, при температурних деформаціях будівлі, нерівномірних осадах його основи, нерівномірному обтисканні матеріалу, а також внаслідок неточностей, що допускаються при монтажі конструкцій.

– так як стінова панель пов'язана із сусідніми панелями арматурою або спеціальними зварними з'єднаннями закладних деталей, деформування панелі не є вільним; у цих умовах до її граней можуть бути прикладені стискаючі зусилля або зусилля розтягу, а також виникають дотичні напруження.

Для полегшення аналізу дійсних умов роботи панелей у будинках (рис. 1.3), необхідна розробка класифікації тріщин, що виникають у них, фіксування моменту їх появи, виявлення груп силових, монтажних і технологічних тріщин, тобто. виникла необхідність у проведенні досліджень роботи панелей на всіх її стадіях з моменту виготовлення та до роботи в системі будівлі під час підробітку, а також проведення лабораторних випробувань. Перші напрацювання у цьому напрямку знайшли своє відображення у роботах [5, 6 та ін.] під керівництвом проф. В.І. Колчунова.

Таким чином, дані проведеного аналізу [6] свідчать про те, що подальше вдосконалення методики розрахунку жорсткості плосконапружених залізобетонних складених конструкцій на основі побудови сучасних фізичних моделей їхнього опору з урахуванням несумісності деформацій бетону і арматури та ефекту порушення суцільності бетону є актуальним і має важливе значення.

## Список використаних джерел

1. Бакулін Є.А. Деформації як індикатори небезпек та ризику руйнування експлуатованих будівель. *Будівництво України*. 2013. №5. С. 2– 5.

2. Костира Н.О., Бакуліна В.М. Особливості технічного обстеження об'єктів прилеглих до існуючої забудови. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2023. №12. С. 105–114. https://doi.org/10.32347/2522-4182.12.2023.105-114

3. Клепиков С.М. Розрахунок споруд на деформованій основі (рос. мов.). К. : НДІБК, 1996. 103 с.

4. Emelyanov, S., Nemchinov, Y., Kolchunov, V., & Yakovenko, I. (2016). Details of large-panel buildings seismic analysis. *Enfoque UTE*, 7(2), pp. 120 – 134. https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n2.100

5. Колчунов В.І., Яковенко І.А., Мар'єнков М.Г. Аналіз схем тріщин у залізобетонних конструкціях сейсмостійких будівель та їх урахування за нормами України та еврокоду 8 (рос. мов.). *Будівельні конструкції*. 2015. Вип. 82. С. 540-549. http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko_2015_82_61

6. Колчунов В.І., Тугай Т.В., Яковенко І.А. Розрахунок жорсткості плоско напружених стін із залученням ПК «Ліра-Про» за методикою нових норм (рос. мов.). *Містобудування та територіальне планування* : наук.-техн. збірник. К. : КНУБА, 2014. Вип. 53. С. 209–221. http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2014_53_27

**УДК 624.15**

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛІ

**Є. А. БАКУЛІН**, доцент; **Д. С. ПОДОЛЯНКО**, студент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* bakulin_evgeniy@nubip.edu.ua

Теплотехнічні властивості будівельних матеріалів та конструкцій мають три найважливіші показники ($\lambda$, *R та U*), які впливають на енергоефективність будівель. Для вибору технології будівництва, яка найкраще відповідає сучасним вимогам до енергозбереження, необхідно повне розуміння відмінності цими показниками і те, як вони впливають на властивості конструкцій.

Згідно ДСТУ Б В.2.6-189 рекомендовано, що при проєктуванні огороджувальних конструкцій обов'язковим є виконання умови $R\sum_{np} \geq R_{qmin}$.

Конструкція з кращою теплоізоляцією забезпечує необхідне значення R при мінімальній товщині та зберігає тепло так само, як і товстіші конструкції (рис. 1).

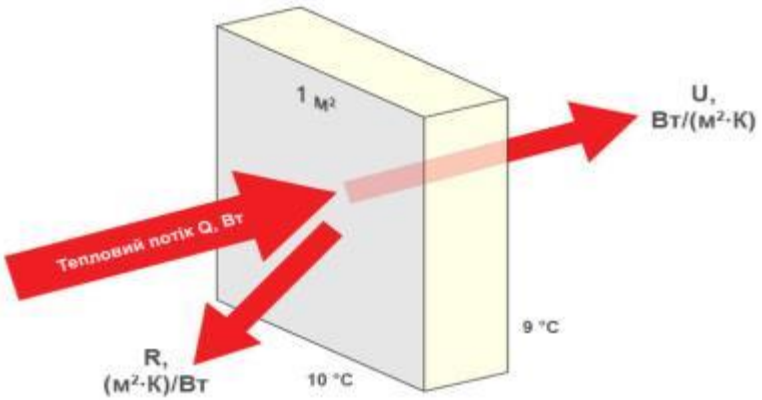



Рис. 1.Опір теплопередачі R та коефіцієнт теплопередачі *U*

Розрахункові значення теплопровідності $\lambda$, щільності матеріалу наведені в таблиці 1, згідно ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель метод вибору теплоізоляційного матеріалу».

Таблиця 1

**Характеристики шарів сендвіч панелі з пінополіуретановим наповнювачем**

| Конструкція сендвіч-панелі | $\delta$, м | $\rho_0$, кг/м$^3$ | $\lambda$, Вт/(м·К) |
|---|---|---|---|
| 1. Зовнішній сталевий оцинкований лист | 0,07 | 7856 | 57,0 |
| 2. Пінополіуретан | 0 | 50 | 0,03 |
| 3. Внутрішній сталевий оцинкований лист | 0,04 | 7856 | 57,0 |

Інші характеристики сендвіч-панелі з пенополіізоціануратним наповнювачем приведені в таблиці 2.

Таблиця 2

**Властивості сендвіч-панелі з пінополіуретановим наповнювачем**

| № п.п. | Показники | Значення |
|---|---|---|
| **Теплотехнічні характеристики** | | |
| 1 | Товщина сендвіч-панелі (наповнювач ППУ), мм | 150 |
| 2 | Опір теплопередачі, Вт/(м$^2$·К) | 5,163 |
| 3 | Перевищення опору теплопередачі, % | 4,4 |
| 4 | Коефіцієнт теплопередачі при 25°$C$, $U$, Вт/м$^2$·К | 0,21 |
| 5 | Ефективна теплопровідність при 10°С, $\lambda_{Design}$, Вт/м·К | 0,028 |
| **Протипожежні характеристики** | | |
| 6 | Вогнестійкість | EI30 |
| 7 | Група поширення полум'я по наповнювачу | М1 |
| 8 | Група горючості наповнювача | Г1 |
| **Експлуатаційні характеристики** | | |
| 9 | Термін ефективної експлуатації наповнювача, років | до 30 |
| 10 | Гарантійний термін структурної цілісності, років | 2 |
| 11 | Гарантійний термін естетичної відповідності, років | 10-12 |
| 12 | Гарантійний термін технічної відповідності, років | до 20 |
| **Вартість** | | |
| 13 | Вартість сендвіч-панелі СП-150 ППУ, грн./м$^2$ | 1599,00 |

Сендвіч-панелі з пінопластовим наповнювачем дуже легкі (щільність становить від 15,0 – 25,0 кг/м$^3$), мають енергозберігаючі характеристики $\lambda$ = 0,039 - 0,042 Вт/(м·К)

Рис. 2. Пінопластовий наповнювач

**Висновок**. Для оптимізації вибору конструкції сендвіч-панелі по їхнім властивостям необхідно обов'язково проводити теплотехнічні розрахунки, що забезпечить якісний вибір та максимально заощадить вартості матеріалів для конкретного проекту.

Для проведення теплотехнічного розрахунку необхідно володіти інформацією про енергоефективність сендвіч-панелей з різними видами наповнювача та властивостями їх конструкцій.

Такі найважливіші показники (λ, R та U), суттєво впливають на енергоефективність об'єкта проектування. Тому для вибору технології будівництва їх необхідно враховувати для забезпечення сучасних вимог до енергозбереження.

## Список використаних джерел

1. Bakulin Y.A., Yakovenko I.A., Bakulina V.M. Engineering protection and prepatation of territories : study guide; under the editorship of cand tech. science Ye.A. Bakulin. Kyiv : NULES of Ukraine, 2022. 205 p.

2. Yakovenko I., Dmytrenko Y., Bakulina V. Construction of Analytical Coupling Model in Reinforced Concrete Structures in the Presence of Discrete Cracks. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2022. P.107–120. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9_10

3. Yakovenko I., Bakulin Y. & Bakulina V. (2020). Classification methods of civil buildings reconstruction. *Theoretical and scientific foundations of engineering* : coll. mon. Boston : Primedia eLaunch, 2020, pp. 70–96. https://doi.org/10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II

4. Бакулін Є.А., Бакуліна В.М., Костира Н.О. Об'ємно-просторові рішення будівель і споруд : навч. посіб. К. : Вид. центр НУБіП України, 2024. 264 с. https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/11201

5. Клюєв В.В., Бакулін Є.А. Сучасні методи ідентифікації небезпек руйнування будівель, споруд та конструкцій у реальних умовах експлуатації *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2024. № 15. С. 86–96. https://doi.org/10.32347/2522-4182.15.2024.86-96

6. Русецька М.В., Бакулін Є.А. Базальтовий утеплювач – природній «зелений матеріал» для сучасних конструкцій. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2024. № 22. С. 5–15. https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-12(22)-01

**УДК 624.012.45**

# ОСНОВНІ ПРИЧИНИ ПОЯВИ ТА ПОДАЛЬШОГО РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТРІЩИН У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ

**М. В. УСЕНКО,** ст. викладач; **А. І. ГУЛЯС,** аспірант
*E-mail:* usenko.m@nubip.edu.ua

Процес тріщиноутворення в елементах залізобетонних конструкцій – явище досить складне, для опису якого потрібне залучення низки гіпотез про спільну роботу двох матеріалів [1].

Задача побудови розрахункового апарату утворення тріщин в залізобетонних конструкціях досить складна вже через те, що основна гіпотеза механіки твердого деформівного тіла (гіпотеза суцільності), тут непридатна, – суцільність порушується через наявність макротріщин. Використання спрощених підходів тут також недоцільне, тому що допустима при цьому похибка перевищує саму характеристику $w_k$, яка вимірюється в дослідах за допомогою мікроскопа [1].

Для розробки ефективної методики розрахунку залізобетонних конструкцій за утворенням нормальних і похилих тріщин необхідно сформулювати робочі передумови, які б надавали можливість порівняти наявний експериментально-теоретичний матеріал [2, 3].

Важливою особливістю НДС залізобетонних конструкцій в стадії до утворення тріщин, є наявність непружніх деформацій у розтягнутому бетоні. У таврових, двотаврових і попередньо напружених складених балках на ділянках сумісної дії згинальних моментів і поперечних сил розтягнутий бетон в середній частині висоти перерізу у напрямку дії головних напружень розтягу деформується в обмежених умовах без руйнування.

У стиснутому бетоні рівень напружень, як правило, є далеким від граничного, однак тут частка непружніх деформацій може помітно впливати на характер зміни напружено-деформованого стану.

Успішне дослідження НДС в околицях тріщин та його аналіз потребує наявності у своєму розпорядженні чіткої класифікації тріщин [4], а також неспотворені результати експериментів.

У роботах проф. О.Б. Голишева та його послідовників [1–7] наведена класифікація тріщин, згідно з якою у залізобетонних згинальних елементах у залежності від зовнішніх силових впливів утворюються тріщини ***двох*** типів (рис. 1):

– нормальні до повздовжньої вісі елемента (тріщини першого типу), які перетинають повздовжню і поперечну арматуру; утворюються на ділянках, де $M \geq M_{cr}$, а $V < V_{cr}$;

– похилі до повздовжньої вісі елемента (тріщини першого типу), які перетинають повздовжню і поперечну арматуру; утворюються на ділянках, де $M \geq M_{cr}$ *і* $V \geq V_{cr}$;

– похилі до повздовжньої вісі елемента (тріщини другого типу), що перетинають поперечну арматуру, утворюються на ділянках, де $M < M_{cr}$ і $V \geq V_{cr}$.

Продовження цілої плеяди робіт цієї наукової школи [1–4], показує що існує не один, а декілька рівнів утворення тріщин.

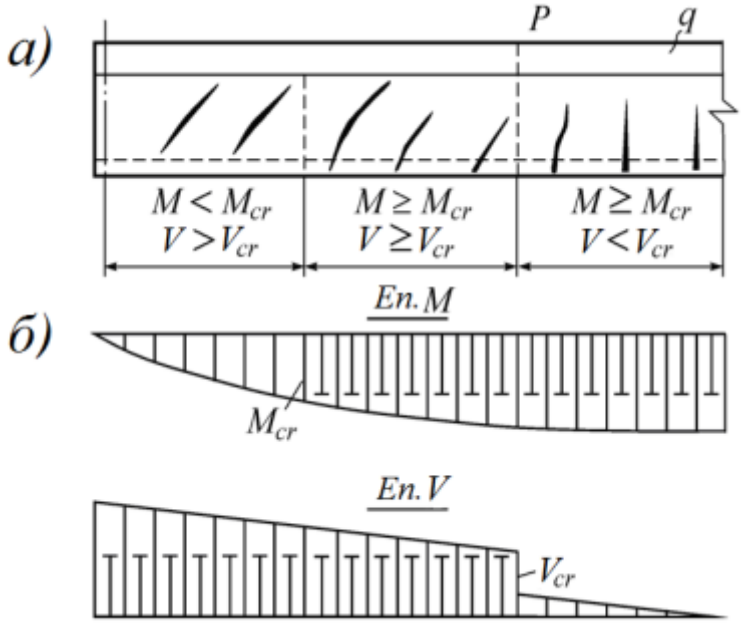



Рис. 1. До класифікації тріщин: *а* – граничні умови виникнення тріщин; *б* – эпюри зусиль; *M* і *V* – максимальні значення згинального момента і поперечної сили на ділянці, що розглядається [1]

Залучення інструментарію механіки руйнування до побудови більш точного розрахункового апарату визначення параметрів тріщиностійкості знайшло своє відображення у роботах [1, 6]. Чисельно-аналітичне моделювання моменту утворення тріщин ЗБК у вітчизняному програмному комплексі «САПРФІР» було розглянуто у роботі [7].

Аналіз наукових праць показує, що тріщини в залізобетонних елементах виникають, коли бетон досягає межі міцності на розтяг. Залежно від типу залізобетонної конструкції, вони виникають у певних перерізах і зонах конструкції. Тріщини в елементах конструкцій можуть відрізнятися як за формою, так і за напрямком поширення і пов'язані, головним чином, з типом взаємодії, що викликає утворення даного типу тріщини.

## Список використаних джерел

1. Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін. Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну. К.: Толока, 2017. 627 с.

2. Усенко М.В. Результати експериментальних досліджень утворення похилих тріщин у залізобетонних складених конструкціях. Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. збірник. К. : КНУБА, 2013. Вип. 50. С. 705– 712.

3. Яковенко І.А. Експериментальні дослідження міцності і тріщиностійкості у залізобетонних складених конструкціях. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. Рівне, 2014. Вип. 28. С. 319–328.

4. Колчунов В.І., Яковенко І.А., Мар'єнков М.Г. Аналіз схем тріщин у залізобетонних конструкціях сейсмостійких будівель та їх урахування за нормами України та еврокоду 8 (рос. мов.). Будівельні конструкції. 2015. Вип. 82. С. 540-549. http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko_2015_82_61

5. Яковенко І.А., Усенко М.В. Виявлення дійсних причин утворення тріщин у залізобетонних конструкціях будівель та споруд. Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування конструювання та дизайн» (11–12 квітня 2024 р.). К. : НУБіП України, 2024. С. 107–111.

6. Лучко, Й.Й. Тріщиностійкість залізобетонних конструкцій мостів на засадах механіки руйнування. Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. 2023. № 23. С. 54–65. https://doi.org/10.15802/bttrp2023/281129

7. Дмитренко Є.А., Яковенко І.А. Чисельне моделювання моменту утворення тріщин у залізобетонних конструкціях із застосуванням ПК «САПФІР». Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2021. Вип. 39. С. 74–83. https://doi.org/10.31713/budres.v0i39.9

**УДК 624.01**

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ 3D-ДРУКУ В БУДІВНИЦТВІ: СУЧАСНІ КЕЙСИ ТА ВИКЛИКИ

**М. В. УСЕНКО**, к.т.н., ст. викладач; **Д. М. КОЛОДІЙ**, студент;
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* usenko.m@nubip.edu.ua

Технологія 3D-друку у будівництві приваблює увагу експертів уже декілька років. Важливо відмітити, що наразі будівельна галузь ще не досягла повної автоматизації. Використання 3D-принтерів у цій сфері відкрило можливості не лише для створення дрібних елементів, таких як будівельні блоки чи декоративні деталі, але й для зведення більш масштабних та захисних конструкцій. Цей підхід дозволяє будувати складніші об'єкти з меншими

витратами часу, матеріалів та праці. Незважаючи на вже існуючі успішні проекти малих архітектурних форм і індивідуальних житлових будинків, здійснені за допомогою цієї технології, як в Україні, так і за кордоном, її дослідження та розвиток все ще необхідні. Це допоможе розширити область застосування технології, поліпшивши якість будівельних робіт.

Використання 3D-друку (адитивні технології) є інноваційним методом будівництва, за якого матеріали накладаються пошарово відповідно до цифрової моделі. Це дозволяє значно скоротити терміни будівництва, знизити витрати на матеріали та робочу силу, а також мінімізувати відходи. В умовах зростаючого попиту на доступне та екологічне житло 3D-друк стає перспективним напрямом будівельної індустрії.

Найважливішою перевагою використання 3D-друку в будівництві є гнучкість та можливість створювати складні архітектурні форми й дизайн. Завдяки цій технології, будівлі можуть набувати неповторних форм із застосуванням структур, які раніше було складно або навіть неможливо реалізувати. Окрім цього, використовуючи нову технологію, з’являється можливість для архітекторів створювати нестандартну нерухомість, яка відповідатиме індивідуальним потребам замовників та втілюватиме найсміливіші творчі ідеї у реальність.

В Україні вже розпочали перший проєкт будівництва за допомогою технології 3D-принтера. У Львові стартувало будівництво навчального закладу — корпус для першокласників школи № 23. Те, що вже побудовано, було надруковано всього за 48 годин і ця фаза будівництва буде завершена протягом двох тижнів.

Використовуючи такі технології як 3D-друк, досягається висока якість та точність при виготовленні будівельних елементів. Це забезпечує стійкість та надійність будівель, підвищується рівень енергоефективності та оптимального використання ресурсів. Створюються більш ефективні системи утеплення, вентиляції та освітлення, що сприяє збереженню енергії та зниженню екологічного впливу будівлі на навколишнє середовище.

Найбільш суттєвою перешкодою на шляху до повноцінного впровадження 3D-друку у будівництві є відсутність нормативної бази його використання. Створення опалубки для бетону є відносно трудомістким заходом, і чим складніший відливок, тим більше часу потрібно для виготовлення форми. Сучасні методи лиття для форм вільної форми та складних індивідуальних форм включають використання меленого полістиролу або литих поліуретанових/силіконових форм. Форми з полістиролу, які використовуються для одноразових відливок, зазвичай фрезерують за допомогою фрезера з ЧПК або робота. Після вилучення з литого бетону поліуретанова форма відправляється на звалище. Литі поліуретанові та силіконові форми, які переважно використовуються для серійного виробництва, є дорогими, а також вимагають виготовлення вторинної форми для лиття силіконових або поліуретанових форм, утворюючи більше відходів, які потрапляють на звалище.

Рис. 1 Будівництво навчального закладу у Львові

Використовуючи такі технології як 3D-друк, досягається висока якість та точність при виготовленні будівельних елементів. Це забезпечує стійкість та надійність будівель, підвищується рівень енергоефективності та оптимального використання ресурсів. Створюються більш ефективні системи утеплення, вентиляції та освітлення, що сприяє збереженню енергії та зниженню екологічного впливу будівлі на навколишнє середовище.

Один з перспективних напрямків використання передових технологій у будівництві — створення житлових просторів у важкодоступних або аварійних зонах. 3D-друк дозволяє застосувати транспортабельні конструктивні системи, які можуть бути використані для розміщення людей у кризових ситуаціях, наприклад, після природних катастроф або в умовах військових конфліктів.

Звичайно, для сфери будівництва це нові можливості у створенні сталого та екологічно чистого житлового простору. Однак, разом з усіма перевагами 3D-друку в будівництві, існують і виклики, які потрібно враховувати. Наприклад, потрібно розробляти стандарти та правила, які регулюватимуть використання такого процесу в будівництві, щоб забезпечити безпеку, якість та довговічність будівель. Також потрібно вирішувати питання сертифікації будівель і конструкцій, зведених за допомогою 3D-друку.

Ця інноваційна технологія дозволяє забудовникам створювати унікальні та ефективні будівлі, зменшувати вартість та вплив на довкілля, а також прискорювати будівельні процеси. Запровадження 3D-друку в будівництво вимагає співпраці між дослідниками, інженерами, архітекторами та забудовниками, що відкриває безліч можливостей та перспектив для сталого розвитку галузі.

Таким чином, 3D-друк у будівництві демонструє значне скорочення термінів будівництва, зниження витрат і зменшення екологічного впливу. Попри виклики, перспектива розвитку цієї технології залишається високою.

**Список використаних джерел**

1. Глушко О.В. Використання 3D-друку в будівництві: сучасні тенденції та перспективи. *Будівельні технології.* 2020. Вип. 45(3). С. 12–19.
2. Петренко І.М. Інновації у будівельній галузі: роль адитивних технологій. *Технічні науки та технології.* 2021. Вип. 9(2). С. 45-51.
3. Дорошенко В.С., Янченко О.Б. Застосування методу армування пінополістирольних моделей до 3d-друку стін з полістиролбетону та приклади металевих литих деталей будівельної опалубки. *Сучасні технології в будівництві*. 2022. Вип. 31(2). С. 16– 21.
4. Ясній П.В., Пиндус Ю.І., Гудь М.І. Аналіз напружено-деформованого стану підсиленої циліндричної оболонки при вільних поперечних коливаннях. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*. 2020. Вип. 4(77). С. 41–49.

**УДК 621.396**

## ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

**С. П. ОБІХОД**, студентка; **І. А. ЯКОВЕНКО**, професор;
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* sonya.obixod@gmail.com;i2103@ukr.net

Будівельна галузь стикається з багатьма викликами, які уповільнюють її розвиток і призводять до надзвичайно низького рівня продуктивності порівняно з іншими секторами, такими як виробництво. Насправді будівництво є однією з найменш цифровізованих галузей у світі, і більшість зацікавлених сторін визнають традиційну культуру опору змінам.

Недостатня цифровізація та надмірна ручна праця у цій сфері ускладнюють управління проєктами, роблячи їх надмірно трудомісткими та складними [1]. Брак цифрових навичок і повільне впровадження технологій у будівельній галузі також призводять до неефективного використання коштів, затримок у реалізації проєктів, низької якості виконання, неінформованого прийняття рішень та загального зниження продуктивності, а також проблем у сфері охорони праці та безпеки. Різні напрями ШІ, такі як машинне навчання, обробка природної мови, робототехніка, комп’ютерний зір, оптимізація, автоматизоване планування та розклад, активно застосовуються для розв’язання складних завдань і підтримки прийняття рішень у реальних умовах.

Попри наявність викликів, будівельна галузь ще не отримала значних переваг від ШІ. Однак дослідження з впровадження штучного інтелекту для розв'язання проблем у будівництві зокрема в машинному навчанні, робототехніці та системах на основі знань довели його корисність у безпеці,

оцінці витрат, прогнозуванні ризиків та управлінні матеріалами (рис. 1). Проте будівництво залишається однією з найменш цифровізованих галузей через культурні бар'єри, високі витрати, проблеми безпеки, нестачу фахівців та інші труднощі.

Подолання виявлених проблем можливе завдяки пошуку відповідей на такі ***питання***:

1. У яких сферах будівництва можна застосувати штучний інтелект?
2. Які перспективи використання ШІ у будівництві?
3. Які виклики ускладнюють впровадження ШІ в галузі?

Саме тому важливо вивчити використання ШІ у будівництві. Це надає розуміння поточних тенденцій, можливостей та існуючих бар'єрів. **Основні завдання**, які стоять перед інженерами:

1. Аналіз застосувань ШІ в будівельній галузі.
2. Оцінка можливостей для ширшого використання ШІ.
3. Визначення перешкод, які ускладнюють впровадження ШІ в будівництво.

Рис. 1. Технології штучного інтелекту у будівельній галузі [1]

Штучний інтелект (ШІ) розвивався на перетині різних сфер знань, включаючи філософію, наукову фантастику, уяву, комп'ютерні науки, електроніку та інженерні винаходи.

Що таке «штучний інтелект»?

За визначенням, ШІ – це «дослідження того, як змусити машини виконувати завдання, які наразі краще за них виконують люди» [2, 3].

Зараз виділяється **три рівні** штучного інтелекту [2, 3]:

1. Штучний вузький інтелект (ANI) «Слабкий» ШІ, який працює в одній конкретній сфері (наприклад, шахи, рекомендації фільмів, прогноз погоди, переклад) Найпоширеніший рівень ШІ сьогодні.

2. Штучний загальний інтелект (AGI) «Сильний» ШІ, який здатний розв'язувати широкий спектр завдань, аналогічно до людини. Може мати

власні думки, почуття, здібності та недоліки. Все ще не досягнутий, але є головною метою ШІ-досліджень.

3. Штучний суперінтелект (ASI) ШІ, що перевершує людей у всіх сферах. Теоретична концепція, яка може змінити світові системи прийняття рішень.

Сучасні дослідження фокусуються на розвитку ANI та поступовому наближенні до AGI.

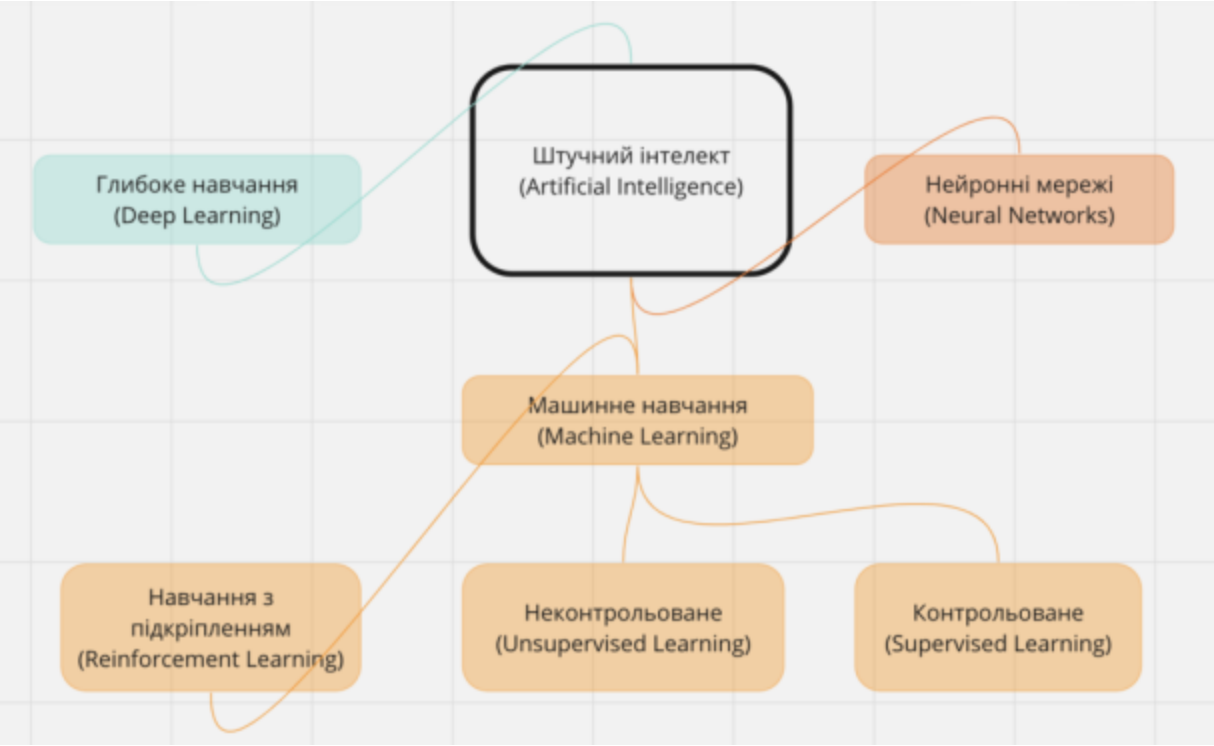



Рис. 2. Класифікація підрозділів ШІ у цифровій індустрії [1]

***Основні підрозділи ШІ в індустрії*** (рис. 2) [1]:

1. Машинне навчання (Machine Learning, ML) – алгоритми, що дозволяють системам самостійно знаходити закономірності в даних.

2. Комп'ютерний зір (Computer Vision) – аналіз і розпізнавання зображень або відео.

3. Обробка природної мови (Natural Language Processing, NLP) – аналіз, розпізнавання та генерація людської мови.

4. Системи на основі знань (Knowledge-Based Systems) – експертні системи, що використовують бази знань для прийняття рішень.

5. Оптимізація (Optimisation) – пошук найкращих рішень для складних проблем.

6. Робототехніка (Robotics) – розробка автономних або напівавтономних механізмів.

7. Автоматизоване планування та розклад (Automated Planning & Scheduling) – створення ефективних розкладів і сценаріїв дій.

Перелічені підрозділи (рис. 2) знаходять застосування в різних сферах, включаючи будівництво, що сприяє автоматизації та підвищенню продуктивності галузі [4].

Обчислювальний підхід передбачає навчання через взаємодію з середовищем.

**Глибоке навчання** – сучасний метод, який забезпечує точніші прогнози порівняно з традиційними методами. Комп'ютерний зір моделює людську зорову систему, даючи змогу розуміти зображення за допомогою алгоритмів та пристроїв для аналізу та прийняття рішень.

**Планування в ШІ** – це вибір і впорядкування дій для досягнення цілей на основі очікуваних результатів, тоді як розклад стосується розподілу часу й ресурсів. Ці техніки використовуються для складних завдань з обмеженими ресурсами, а основні методи включають оптимізацію та генетичні алгоритми.

**Робототехніка**. **Роботи** – це автоматизовані пристрої, які виконують фізичні дії в реальному світі. Робототехніка є міждисциплінарною галуззю, що охоплює розробку, виробництво, експлуатацію та обслуговування роботів, які імітують фізичні дії людини. Роботи виконують спеціалізовані завдання і мають форми, відповідні їхньому призначенню, а не обов’язково гуманоїдні. Вони взаємодіють із середовищем через датчики та виконавчі механізми. Більшість завдань у робототехніці вирішуються через методи навчання з підкріпленням у машинному навчанні.

**Системи, засновані на знаннях**. Системи, засновані на знаннях (KBS), використовують наявні знання для ухвалення рішень. Вони складаються з бази знань, механізму висновків і користувацького інтерфейсу. База знань формується через досвід експертів, попередні випадки та інші джерела інформації. Основною перевагою є підвищення ефективності завдяки легкому доступу до великих обсягів знань. KBS дозволяють робити гнучкі й прозорі висновки, а також пояснювати логіку ухвалених рішень.

## Список використаних джерел

1. Saka A., Taiwo R., Saka N. & oth. GPT models in construction industry: Opportunities, limitations, and a use case validation. *Developments in the Built Environment*. 2024. Vol. 17. no. 100300, https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100300.

2. Родченко О.В., Шевченко О.В. Комп’ютерні технології числового моделювання будівельних конструкцій: навч. посіб. К. : НАУ, 2024. 192 с.

3. Байдак У.М., Яковенко І.А. Розвиток штучного інтелекту у будівельній галузі: задачі та перспективи розвитку. Зб. тез доп. 77-ї всеукр. наук.-практ. студ. конф. «Наукові здобутки студентів у дослідженнях технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн» (18–19 квітня 2024 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2024. – С. 111–114.

4. Ляшенко О.В., І.А. Яковенко. Використання технології цифрових двійників у будівництві та цивільній інженерії. Зб. тез доп. 77-ї всеукр. наук.-практ. студ. конф. «Наукові здобутки студентів у дослідженнях технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн» (18–19 квітня 2024 р., м. Київ). К. : НУБіП України, 2024. С. 107–111.

**УДК 624.045.12**

# ПОШУК ЕФЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ АНТИКОРОЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

**О. В. ПОВТАРЬ**, студент; **І. А. ЯКОВЕНКО**, професор
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* povtaroleksandr@gmail.com; i2103@ukr.net

Додавання мінеральних домішок і волокнистих матеріалів для поліпшення якості та довговічності бетону є найбільш часто використовуваним і виправданим щодо вартості технічним заходом для вирішення проблеми корозійного пошкодження бетону [1].

На сьогоднішній день розвиток у сфері виробництва бетону визначається впровадженням бетону надвисокої продуктивності (*ultra-high performance concrete* – UHPC), а також надвисокопродуктивного волокнистого бетону (*Ultra-High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composite* UHP-FRC) та надвисокопродуктивного гібридного волокнистого бетону (*Ultra High Performance Hybrid Fiber Reinforced Concrete* – UHP-HFRC).

UHPC забезпечує відмінні експлуатаційні характеристики, зокрема надзвичайно низьку проникність, що мінімізує проникнення шкідливих речовин, таких як вода та хлориди.

Він також має дуже високу міцність на стиск (понад 150 *МПа*) і міцність на розтяг понад 10 *МПа*, а також демонструє виражену здатність до зміцнення та пом'якшення при розтягуванні. Крім того, для виготовлення конструктивних елементів із самоущільнювального UHP-FRC можна використовувати звичайне бетонне обладнання [2].

Одним з науково-підтверджених методів для покращення властивостей бетону, зокрема, в засолених ґрунтах є використання поліпропіленових волокон (*polypropylene fiber* – PPF). Так, недавні дослідження китайських науковців демонструють ефективність використання PPF як додатка до бетону в умовах багаторазового замороження та відтавання ґрунтів з різним мінеральним складом.

Втрата міцності на стиск зменшується, потім збільшується, а потім зменшується зі збільшенням дозування PPF в умовах багатосольового замочування та заморожування-відтавання. Після 100 циклів заморожування-відтавання (рис. 1) спостерігалася мінімальна втрата міцності при стиску (37,72%), для бетону з дозуванням PPF 1,5 *кг/м*$^3$ і максимальна втрата міцності при стиску (72,5%) спостерігалася для контрольної групи. Таким чином, додавання PPF до бетону в умовах замерзання солі може зменшити втрату міцності на стиск. Оптимальне є дозування (1,5 *кг/м*$^3$) в умовах соляного замерзання.

Тож, можна зробити висновок що оптимальна кількість PPF застосована для ефективного впливу на бетон, сприяє його здатності протистояти навантаженню, перешкоджати розширенню тріщин і покращувати стійкість бетону до замерзання та відтавання.

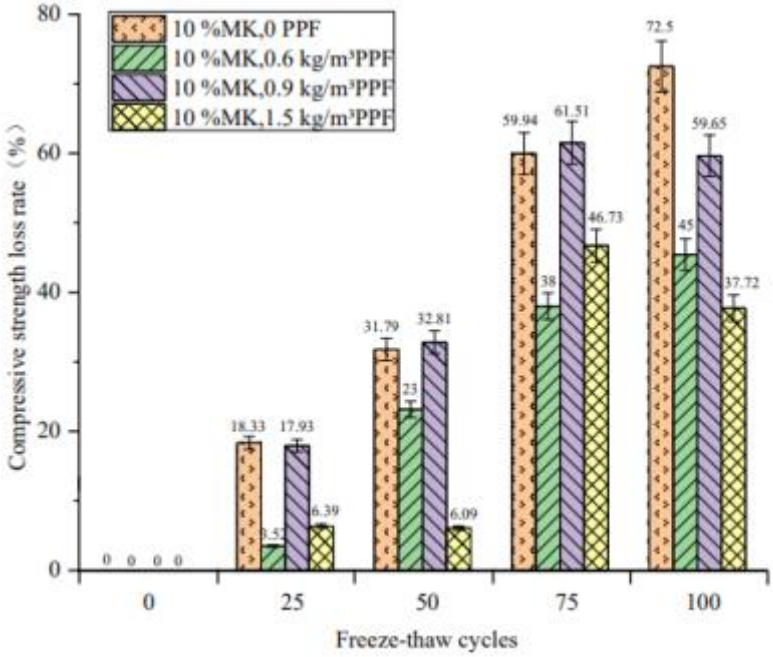



Рис. 1. Зв'язок між циклами заморожування–відтавання та швидкістю втрати міцності на стиск під час багатосолевого впливу та циклів заморожування–відтавання для PPF [3]

Результати зазначених досліджень можуть бути використані при плануванні будівельних робіт з використанням бетону в Україні, зокрема, в умовах засолених ґрунтів Прикарпаття [4], в районах розробки Калуш-Голинського родовища калійних солей [5] тощо.

## Список використаних джерел

1. Yao X., Xu Z., Guan J., Liu L., Shangguan L., Xi J. Influence of wastewater content on mechanical properties, microstructure, and durability of concrete. *Buildings.* 2022, vol. 12(9), no 1343. https://www.mdpi.com/2075-5309/12/9/1343

2. Yu R., Spiesz P., Brouwers H.J.H. Effect of nano-silica on the hydration and microstructure development of Ultra-High Performance Concrete (UHPC) with a low binder amount. *Construction and Building Materials*. 2014. Vol. 65. P. 140–150. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.063

3. Gao Y., Zhou B., Yao X., Guan J., Han, X. The Influence of Metakaolin and Polypropylene Fiber Concrete on Mechanics Properties and Microstructure Combined Action under Multi-Salt Soaking and Freeze–Thaw. *Materials*. 2023. Vol. 16(16). No 5525. https://doi.org/10.3390/ma16165525

4. Зеркалов Д.В., Кацман М.Д., Адаменко М.І. та ін. Наукові основи техногенно-екологічної безпеки : монограф.; за ред. Д.В. Зеркалова. К. : Вид-во "Основа", 2014.

5. Голишев О.Б., Колчунов В.І., Яковенко І.А. Опір залізобетонних конструкцій, будівель та споруд, що зводяться у складних інженерно-геологічних умовах: монограф. (рос. мовою). К. : Талком, 2015. 371 с.

**УДК 624.014 (076.5)**

## ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ВИДИ МЕТАЛУ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ МЕТАЛЕВИХ БАЛОК

**Є. А. БАКУЛІН**, к.т.н., доцент; **А. О. КОМАРОВ**, студент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* bakulin_evgeniy@nubip.edu.ua

Метали є основним матеріалом для виготовлення металевих конструкцій, що використовуються в будівництві, машинобудуванні, інфраструктурних та промислових об'єктах. Основні вимоги до металів регулюються низкою нормативних документів, таких як ДСТУ EN 10025-2:2019, ДСТУ EN 10210-1:2019, а також ДБН В.2.6-163:2010.

**Основні характеристики металів для металевих конструкцій:**

1. **Міцність** – здатність металу витримувати механічні навантаження без руйнування. Наприклад, будівельна сталь S235, S275 та S355 (ДСТУ EN 10025-2:2019) має різні класи міцності.
2. **Твердість** – опір матеріалу проникненню сторонніх тіл. Визначається за методами Брінелля, Віккерса або Роквелла.
3. **Пластичність** – здатність металу змінювати форму без руйнування, що важливо для зварювання та холодного формування.
4. **Корозійна стійкість** – здатність металу протистояти впливу зовнішнього середовища. Відповідно до ДСТУ ISO 12944-2:2019, оцинковані та леговані сталі забезпечують тривалий термін експлуатації.
5. **Теплопровідність** – важливий фактор для конструкцій, що працюють у високотемпературних умовах. Наприклад, алюміній має високу теплопровідність і використовується у вентиляційних системах.

**Види металів для металевих конструкцій:**

1. **Чорні метали:** ***вуглецева сталь*** – найпоширеніший матеріал у будівництві (ДСТУ EN 10025-2:2019), ***низьколегована сталь*** – містить додаткові елементи (хром, нікель) для підвищення міцності та корозійної стійкості, ч***авун*** – використовується в спеціалізованих конструкціях завдяки високій жорсткості.
2. **Леговані сталі:** ***нержавіюча*** – містить хром (не менше 10,5%), що забезпечує корозійну стійкість (ДСТУ EN 10088-1:2014), ***жароміцні сталі*** – використовуються для високо-температурних конструкцій.

3. **Кольорові метали**: ***алюміній та його сплави*** – мають низьку щільність і високу стійкість до корозії (ДСТУ EN 755-2:2019), ***мідь та сплави*** – використовуються у спеціалізованих конструкціях через високу електропровідність.

**Види, характеристики та сортамент металевих балок.**

Двотаврові балки являють собою фасонний металопрокат, поперечний переріз якого має форму перевернутої літери «Н». Віссю симетрії є вертикальний центр стіни, від якого відходять горизонтально розташовані верхня і нижня полиці. Завдяки такій конфігурації прикладені сили, поверхневі і внутрішні напруги рівномірно розподіляються в товщі металу. Тому профіль характеризується високою механічною міцністю і стійкістю до динамічних і статичних деформацій.

Рис.1.Двотаврова балка

**Нормативні документи**. Ключовими стандартами для модельного ряду двотаврових балок відносяться: європейський EN 10365; американський ASTM A6/A6M; Стандарти України та СНД: ДСТУ Б В.2.6-200:2014, ДСТУ 8768/ ГОСТ 8239, ДСТУ 8807/ ГОСТ 19425, СТО АСКМ 20-93 та інші. Двотаврові балки виготовляють з вуглецевих і низьколегованих марок сталі.

Розміри і необхідний набір механічних характеристик підбираються в залежності від конкретних умов використання. У стандартному виконанні по ДСТУ 8768 / ГОСТ 8239 двотавр може бути мірної, багатомірної і безмірної довжини з висотою і шириною стінки 100 - 600 мм і 4,5 - 12,0 мм відповідно. Габарити полиць складають 55 - 190 мм і 7,2 - 17,8 мм відповідно.

Сьогодні прокат, виготовлений за стандартами Європейського Союзу, користується великим попитом на ринку України. Також в Україні можна зустріти двотаврові балки IPE виробництва CELSA HUTA OSTROWIEC (Польща). Це балка з I-подібним перетином і паралельними гранями полиць , який виготовляється з марок сталі S235JR та S275JR відповідно до ряду стандартів: EN 10365, який регламентує асортимент та вагу IPE, HE, HL та ін.; EN 10025, який визначає технічні вимоги (хімічний склад, фізико-механічні властивості, якість поверхні тощо); EN 10034, який обумовлює допустимі відхилення за формою і розмірами. При цьому стандарти України, СНД, Європи, США та Японії чітко регламентують: маркування; якість поверхні; розміри і площу секції; допустимі граничні відхилення; величина кута між половиною полиці і віссю симетрії.

**Загальна класифікація.** Система, що використовується в країнах СНД, класифікує сталеві двотаврові балки в залежності від ширини і конфігурації внутрішніх кромок полиць. Таким чином, балки поділяються на такі види: звичайні (абревіатура при маркуванні - «Б»); вузькополичні (абревіатура –«У») ; середньополичні (абревіатура при маркуванні - «Д»); широкополичні (абревіатура для маркування - «Ш»); колонні (абревіатура в маркуванні - «К»); з нахилом внутрішніх граней полиць; з паралельними полицями. Згідно з EN 10365 двотаври з конструкційної сталі класифікуються за формою поперечного перерізу на такі види: IPE – з вузькими паралельними фланцями; HE – з широкими полицями; HL і HLZ – з надширокими полицями; HD – широкополичні колони; HP і UBP – широкополичні несучі палі; UB – універсальний; UC – універсальні колони; IPN і J – з нахилом полиць.

Рис.2. Балка №20 в перерізі

**Матеріали.** Металевий двотавр виготовляється зі звичайних вуглецевих сталей з різним ступенем розкислення: киплячої, спокійної і напівспокійної: Ст3, Ст4 і Ст5 за стандартами ДСТУ 2651 / ГОСТ 380 і європейських S235JR/J0/J2, S275JR/J0/J2 і S355JR/J0/J2 за EN 10025-2 і його українським аналогом ДСТУ EN 10025-2. Також затребувані марки сплавів: низьколегована сталь 09Г2С (ДСТУ 8541 / ГОСТ 19281), сталь після нормалізації прокату S355N, S420N, S460N (ДСТУ EN 10025-3), сталі після термомеханічної прокатки S420M, S460M (ДСТУ EN 10025-4) та інші. Балки з алюмінієвих і магнієвих сплавів користуються меншим попитом, а їх застосування в основному обмежується авіаційною промисловістю і автомобілебудуванням.

**Стійкість до корозії**. Металеві балки можуть бути піддані впливу вологи та хімічних речовин, що може привести до їх іржавіння. Тому для збереження міцності використовуються методи антикорозійного захисту, такі як оцинкування або застосування спеціальних покриттів.

**Використання металевих балок у будівництві**:

1. **І-подібні балки** (поперечний переріз у вигляді літери "I") — ці балки широко застосовуються в будівництві житлових і промислових будівель, а також при створенні мостових конструкцій. Вони забезпечують високу міцність і здатні витримувати значні навантаження при відносно невеликій вазі.

Ідеально підходять для конструкцій, що вимагають великих прогинів (наприклад, для покрівель і перекриттів).

2. **Т-подібні балки** — використовуються для виготовлення перекриттів і каркасів у будівництві, особливо в складських приміщеннях або інших спорудах, де потрібна висока жорсткість на вигин.

3. **Коробчаті балки** — зазвичай використовуються для великих прогонів, таких як мостові споруди або в якості підпірних елементів в багатоповерхових будівлях, оскільки вони мають високу жорсткість та здатність до витримування великих навантажень.

4. **Листові та зварні балки** — застосовуються для зниження загальної ваги конструкцій, коли необхідна більш легка та економічна конструкція, наприклад, у складі каркасів або конструкціях із середнім навантаженням.

**Висновок.**

Правильний вибір металу для металоконструкцій є ключовим фактором забезпечення їхньої довговічності, міцності та ефективності. Використання чорних, легованих і кольорових металів регламентується відповідними стандартами, такими як ДСТУ EN 10025-2:2019 та ДСТУ EN 10088-1:2014. Дотримання нормативних вимог дозволяє підвищити безпеку, надійність і економічну ефективність конструкцій у різних сферах застосування.

Металеві балки є важливим елементом у багатьох будівельних і промислових конструкціях. Різноманітність їх видів і характеристик дозволяє вибрати найбільш оптимальний варіант для кожного конкретного випадку. Визначення видів, характеристик та сортаменту металевих балок потребує врахування таких параметрів, як матеріал, форма поперечного перерізу, механічні властивості, а також вимоги до корозійної стійкості. Нормативні документи, як-от **ДСТУ 3436:2006**, **ДСТУ 8828:2019** та **ГОСТ 8239-89**, є основою для правильної класифікації та вибору металевих балок у різних будівельних проектах.

## Список використаних джерел

1. URL: https://metinvest-smc.com/ru/products/balka-dvutavrovaya/

2. ДСТУ 8828:2019. Конструкції сталеві будівельні. Балки і стійки з прокатної сталі.

3. Володін А.В. Металеві конструкції в сучасному будівництві: навч. посібн. К. : Видавничий дім "Освіта", 2018.

4. ДСТУ Б В.2.6-200:2014. Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу.

5. Башинський О.В., Башинська О.Ю. Аналіз напружено-деформованого стану вогнезахищеної сталевої балки перекриття. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2023. Вип.12. С.126–138.

6. Башинський О.В. Оцінка несучої здатності сталевої балки перекриття в умовах високих температурних впливів. Наука та будівництво. 2024. Том 39. №1. С. 72–78.

7. Бакулін Є.А., Яковенко І.А., Дмитренко Є.А., Бакуліна В.М. Результати аналізу причин руйнування сталевих ферм покриття конверторного цеху. Збірник тез доповідей 9-ої Міжнародної науково-технічної конференції «*Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті*» (17–19 листопада, 2021 р., м. Харків). Харків, УкрДУЗТ, 2021. С. 87–88.

8. Бакулін Є.А., Усенко М.В., Бакуліна В.М. Чисельне моделювання посилення сталевого підземного циліндричного резервуару. *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини*. 2024. Вип. № 28. С. 63–74. https://doi.org/10.31650/2707-3068-2024-28-63-74

**УДК 624.04.043**

# ПОШУК РАЦІОНАЛЬНИХ МЕТОДІВ ПОСИЛЕННЯ ЗОНИ РОЗТЯГУ ЗГИНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННІ БУДІВЕЛЬ

**І. А. ЯКОВЕНКО**, д.т.н., професор;
**І. М. МЕЛЬНИЧУК**, аспірант; **О. А. АНДРОСЮК**, студент-магістр
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* i2103@ukr.net; van4ik088@gmail.com; alfoxtel@gmail.com

Реконструкція будівель та інженерних споруд є невід'ємною складовою сучасного будівництва та потребує розробки не лише раціональних способів відновлення та посилення несучих конструкцій, але і розробки аналітичних залежностей [1–3 та ін.], які б у хоча б задовільній формі враховували дійсну роботу матеріалів.

Існуючі пошкодження залізобетонних конструкцій [1], необхідність їхнього відновлення [3], забезпечення надійної подальшої технічної експлуатації – нагальні проблеми сьогодення [4]. Саме тому, використовуючи досвід існуючих способів посилення залізобетонних конструкцій [5, 6 та ін.], розглядаються варіанти посилення згинальних ЗБК.

Існує безліч варіантів посилення залізобетонних конструкцій, які працюють на згин [1–6 та ін.]. Це й посилення за допомогою різноманітних затягувань, це і нарощування перерізів, і влаштування обойм тощо.

Нарощування згинальних ЗБК знизу, при незначному збільшенні їхньої несучої здатності (рис. 1), передбачає оголення робочої арматури балки з кроком 1,0 *м*, зварювання за допомогою коротишів поздовжньої арматури посилення. Після посилення здійснюється нарощування перерізу.

Якщо виникла необхідність у значному збільшенні несучої здатності балки, можна використати нарощування перерізу, але тільки замість коротишів використовують арматурні відгини й значно збільшують нарощування (рис. 2,

3). Відомий варіант посилення балки, що передбачає встановлення зовнішньої листової арматури на полімерному розчині (рис. 2, 3).

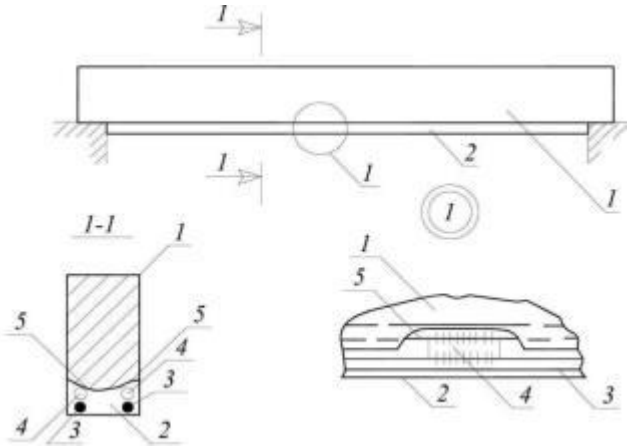



Рис. 1. Нарощування балок у розтягнутій зоні при незначній величині їхньої несучої здатності: 1 – балка, що посилюється; 2 – залізобетонне нарощування; 3 – поздовжня арматура посилення; 4 – арматурні коротиші; 5 – оголена арматура балки (ділянки із кроком через 1.0м)

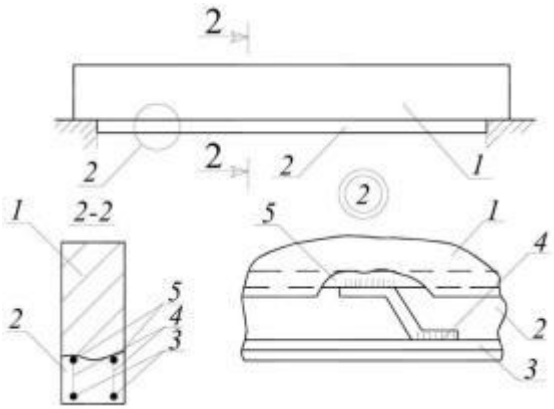



Рис. 2. Нарощування перерізу балок у розтягнутій зоні при значному збільшенні їхньої несучої здатності: 1 – балка, яка посилюється ; 2 – залізобетонне нарощування; 3 –поздовжня арматура посилення; 4 – арматурні відгини; 5 – оголена арматура балки (ділянки із кроком через 1.0 м)

Для цього знизу до балки кріплять сталевий лист, довжина якого встановлюється відповідно до епюри згинальних моментів. Кріплять лист сталевими анкерними болтами, для яких висвердлені отвори в балці. Між балкою й сталевим листом наносять адгезійну обмазку із захисно-конструктивним полімеррозчином.

Можна посилити ЗБК встановленням металевих кутиків (рис. 3). При реалізації такого способу до оголеної арматури балки за допомогою коротишів і металевих пластин приварюють прокатні кутики.

Якщо ЗБК одержала значні пошкодження в період експлуатації, тоді влаштовують залізобетонну обойму (рис. 4). При такому посиленні в плитах перекриття, які опираються на підсилену балку, роблять отвори для укладання бетону, встановлюють арматуру та бетонують обойму й отвори в плиті.

Можна встановити додаткову арматуру на полімерному розчині (рис. 4). Для цього фрезою роблять пази в балці, яка потребує посилення. У пази вкладають додаткову арматуру, після чого їх заповнюють захисно-конструктивним полімерним розчином.

Можливий варіант встановлення зовнішніх залізобетонних елементів на полімерному розчині. Для реалізації такого посилення до існуючої балки анкерами, встановленими на полімеррозчині, кріплять залізобетонний елемент посилення. Такі способи посилення є найбільш поширеними у країнах ЄС.

При посиленні балок широко використають різноманітні затяжки. Це можуть бути затяжки у вигляді попередньо напружених шпренгелів з арматурної або прокатної сталі, для натяжіння яких використовують стягуючі

хомути (рис. 5), натяжні гвинти. Це може бути затяжка з попередньо напруженої сталі, яка приварюється за допомогою коротишів до існуючої оголеної арматури балки, а натяжіння регулюється спеціальним пристроєм.

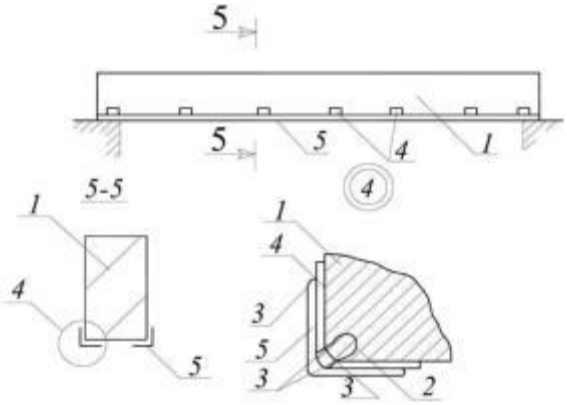



Рис. 3. Влаштування металевих кутиків:
1 – балка, яка посилюється;
2 – існуюча арматура балки;
3 – арматурні коротиші;
4 – металеві пластини;
5 – прокатний кутик;
6 – зварювання

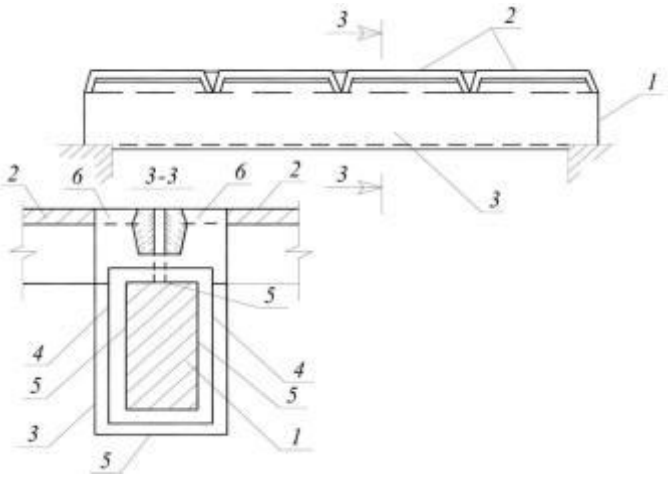



Рис. 4. Влаштування залізобетонної обойми:
1 – балка, яка посилюється; 2 – залізобетонні плити; 3 –залізобетонна обойма; 4 – арматура обойми; 5 – поверхні балки, які підготовлені до бетонування (зачищення, насічка, промивання); 6 – отвори, пробиті у полицях плит для укладання бетону (відновити при бетонуванні обойми)

Існують варіанти посилення встановленням похилих хомутів, які з'єднуються гнучкою замкнутою арматурою або встановленням додаткових поздовжніх і поперечних стержнів, які з'єднуються між собою плитами.

Якщо ЗБК має дефекти в стиснутій зоні, використовують шпренгельні затяжки та встановлюють додатковий елемент, який буде працювати на стиск.

Якщо дозволяє простір, можна посилити балку підведенням стійки або стійки з відтяжками.

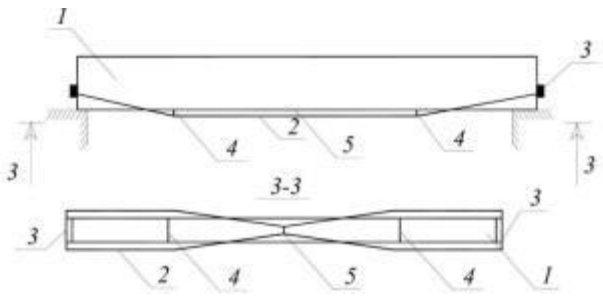



Рис. 5. Влаштування шпренгельних затяжок:
1 – балка, що посилюється; 2 – попередньо напружений
шпренгель із арматурної або прокатної сталі; 3 – опорний пристрій;
4 – розпірки; 5 – затягуючий хомут

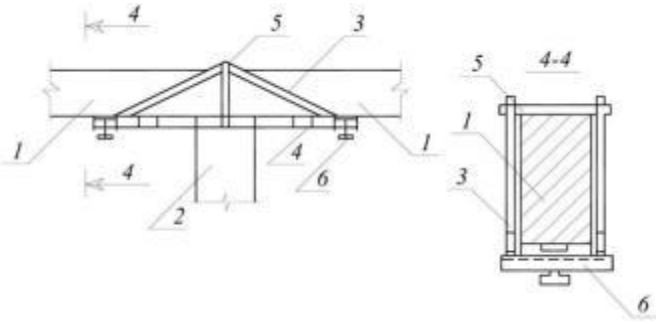



Рис. 6. Підведення кронштейнів, які розвантажують конструкцію:
1 – балки, які посилюються; 2 – колони;
3 – кронштейн, який розвантажує; 4 – поперечні звя’зки по нижньому поясу; 5 – підпір кронштейна; 6 – підпірний пристрій з натяжним болтом

При значному прогині, балки підсилюють шляхом створення зворотного згину з фіксацією клинчастими елементами.

Існує можливість посилення балок за рахунок включення в спільну роботу плит перекриття. Встановлюють у висвердлені отвори між торцями плит і в балці анкери з арматурного періодичного профілю. Після чого заповнюють шотвори полімерним або цементним розчином. Існує варіант включення в спільну роботу плит перекриття за рахунок встановлення нахилених в'язей.

Можна посилити ЗБК підведенням розвантажуючих кронштейнів (рис. 6), розвантажуючих підкосів, розвантажуючих портальних рам або створенням шарнірно стержневих ланцюгів, створенням нерозрізної системи.

Варіантом посилення може бути наклеювання металевого листа з встановленням елементів кріплення. Для реалізації такого посилення до нижньої грані балки приклеюють металевий лист. Встановлюють верхній і нижні анкери, що напружують (з певним кроком) і гнучкі напружені тяжі та, регулюючи натяг анкерів, створюють обтиснення балки.

Досить новий вид посилення – нанесення полімерного покриття, що містить скляні джгути. Для цього на балку наносять шар полімерного покриття, що містить скляні джгути ровинга, і розміщується в опорних зонах балки за напрямком дії головних розтягуючих напружень. Скляні джгути ровинга – вихідний продукт для одержання склопластикової арматури й складається з набору скляних тонковолокнистих ниток. Компонентами полімерного покриття є насичена поліефірна смола (37,0 %), нафтонат кобальту (3,0 %), гіпераз (1,5 %), наповнювач, який містить $Si_2$.

Можна підсилювати наклеюванням на розтягнутій зоні конструкції, що працює на згин, склотканини й металевої сітки. При реалізації цього методу на балку наносять перший шар полімерного покриття, включаючи склотканину, і потім наносять другий шар полімерного розчину, включаючи металеву сітку, що має розширення до опор. Як полімерне покриття використовується епоксидно-фуранова композиція з мінеральними наповнювачами з тонкомеленого кварцового піску [6].

Отже, вибір ефективного та раціонального способу посилення розтягнутої зони залізобетонних конструкцій, які зазнають дію згинального моменту залежить від існуючого та планується навантаження на конструкції, можливостей технічної реалізації, економічного обґрунтування вартості та наявності будівельних матеріалів.

## Список використаних джерел

1. Blikharskyy Y, Vashkevych R, Kopiika N, Bobalo T, Blikharskyy Z (2021) Calculation residual strength of reinforced concrete beams with damages, which occurred during loading. In: International Scientific Conference Energy Efficiency in Transport (EET 2020) on IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., vol. 1021, no 012012. IOP Publ., Kharkiv, Ukraine.

2. Azizov T, Kochkarev D, Galinska T, Melnyk O (2022) Calculation of Composite Bending Elements. In: Onyshchenko V, Mammadova G, Sivitska S,

Gasimov A. (eds.) Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations. ICBI 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol. 181, pp. 25–33. Springer, Cham.

3. Kos Z, Klymenko Y, Crnoja A, Grynyova I (2022) Calculation model for estimation of residual bearing capacity of damaged reinforced concrete slender columns. Applied Sciences (Switzerland) 12(15), 7430.

4. Яковенко І.А., Мельничук І.М. Проблематика визначення параметрів деформування залізобетонних конструкцій, посилених у розтягнутій зоні. Зб. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). К. : НУБіП України, 2023. С. 485–488.

5. Яковенко І.А., Бакулін Є.А. Реконструкція будівель та споруд аеропортів : мет. рек. до виконаня РГР для студ. спец. 6.06010101. К. : НАУ, 2013. 50 с.

6. Голишев О.Б., Кривошеєв П.І., Козелецький П.М. та ін. Розрахунок і технічні рішення виробничих будівель та просадкових основ; під ред. О.Б. Голишева. К. : Логос, 2008. 304 с.

7. Yakovenko I., Bakulin Y. & Bakulina V. (2020). Classification methods of civil buildings reconstruction. *Theoretical and scientific foundations of engineering* : coll. mon. Boston : Primedia eLaunch, 2020, pp. 70–96. https://doi.org/10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II

# *Секція 8 «Оцінювання довговічності та моніторинг стану технічних систем»*

**УДК 621.891:620.179.16**

# АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

**В. В. МАКАРЕЦЬ** доктор філософії, старший викладач
**М. Р. САХИПЗАДІН** студент, бакалавр
***ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»***
*E-mail*: walera10100@gmail.com

У сучасному машинобудуванні точна діагностика стану деталей та визначення їх граничних відхилень є критично важливим аспектом забезпечення надійності та довговічності машин. Граничне відхилення параметрів деталей визначає момент [1], коли подальша експлуатація стає неефективною або небезпечною. Згідно з даними Міжнародної організації зі стандартизації [2], точність вимірювання відхилень повинна становити не менше 0,001 мм для прецизійних деталей.

При визначенні граничних відхилень важливо враховувати як технічні, так і економічні фактори. Дослідження [3] показують, що оптимальне значення граничного відхилення можна визначити за формулою:

$$\Delta_{гр} = \Delta_{ном} \cdot K \cdot (1+\sigma),$$

де $\Delta_{ном}$ - номінальне відхилення, $K$ - коефіцієнт запасу (зазвичай приймається 1,2-1,5), $\sigma$ - середньоквадратичне відхилення параметра. При цьому необхідно враховувати вплив експлуатаційних факторів на інтенсивність зношування деталей.

Статистичний метод визначення граничних відхилень [4], базується на аналізі великих масивів даних про відмови деталей. За дослідженнями, ймовірність безвідмовної роботи деталі $P(t)$ можна описати функцією:

$$P(t) = exp(-\lambda t),$$

де $\lambda$ - інтенсивність відмов, $t$ - час експлуатації. При цьому граничне відхилення визначається з умови $P(t) \geq 0{,}95$.

Особливу увагу слід приділити методу моделювання зношування, який дозволяє прогнозувати зміну параметрів деталей у часі. За роботою [5], швидкість зношування V можна представити як:

$$V = k \cdot P \cdot v \cdot f(T),$$

де $k$ - коефіцієнт зношування, $P$ - питоме навантаження, $v$ - швидкість відносного переміщення, $f(T)$ – температурна функція. Інтегруючи це рівняння, отримуємо величину зносу:

$$h(t) = \int V(t)dt .$$

Сучасні технології діагностування [6], дозволяють з високою точністю визначати фактичні відхилення параметрів деталей. Наприклад, при використанні лазерного сканування точність вимірювання становить ±0,005 мм, що відповідає вимогам стандарту [7]. Результати вимірювань обробляються за допомогою спеціальних алгоритмів, що враховують похибки вимірювання та систематичні відхилення.

За даними досліджень Національного інституту стандартів і технологій США [8], економічна ефективність призначення граничних відхилень може бути оцінена за формулою:

$$E = \frac{C_в \cdot T_р - C_р}{C_з},$$

де $C_в$ – вартість простою обладнання, $T_р$ – час до ремонту, $C_р$ – вартість ремонту, $C_з$ – витрати на забезпечення точності виготовлення. При $E > 1,5$ призначення більш жорстких допусків є економічно обґрунтованим.

Практика експлуатації машин показує, що при визначенні граничних відхилень необхідно враховувати взаємний вплив параметрів деталей, що сполучаються. Згідно з дослідженнями [9], сумарне відхилення розміру спряження можна визначити як:

$$\Delta c = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2},$$

де $\Delta_1$ та $\Delta_2$ - відхилення розмірів сполучених деталей.

Розвиток методів визначення граничних відхилень відбувається в напрямку впровадження штучного інтелекту та машинного навчання. За даними IEEE [10], точність прогнозування ресурсу деталей при використанні нейронних мереж досягає 95%. Модель прогнозування [11], має вигляд:

$$R(t) = R_0 \cdot exp(-\beta t) \cdot f(x)$$

де $R_0$ - початковий ресурс, $\beta$ - коефіцієнт деградації, $f(x)$ - функція впливу експлуатаційних факторів.

Визначення граничних відхилень є складним багатофакторним завданням, що вимагає комплексного підходу та використання сучасних методів діагностування. Результати досліджень провідних наукових центрів показують, що правильний вибір методів визначення граничних відхилень та їх коректне застосування дозволяє підвищити надійність машин на 30 - 40% при одночасному зниженні експлуатаційних витрат на 15 - 20%. Подальший розвиток цього напрямку пов'язаний з впровадженням технологій штучного інтелекту та вдосконаленням методів неруйнівного контролю.

**Список використаних джерел**

1. Петров А.В. Сучасні методи діагностики деталей машин. Київ: Техніка, 2023. 256 с.
2. ISO 230-1:2012. Test code for machine tools - Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or quasi-static conditions.
3. Сидоренко В.М. Граничні відхилення в машинобудуванні. Харків: НТУ "ХПІ", 2022. 198 с.
4. Іванов К.Р., та ін. Статистичні методи в технічній діагностиці. Львів: Львівська політехніка, 2021. 312 с.
5. Михайлов О.С. Моделювання процесів зношування деталей машин. Дніпро: ДНУЗТ, 2023. 184 с.
6. Васильєва Л.Д. Інноваційні технології діагностування. Одеса: ОНПУ, 2024. 226 с.
7. ISO 10360-7:2011. Geometrical product specifications (GPS) - Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines (CMM).
8. NIST Technical Note 2023: Cost-Effective Maintenance Strategies. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2023.
9. Тимофєєв Г.П. Точність та надійність машин. Запоріжжя: ЗНТУ, 2023. 245 с.
10. IEEE Standard 1851-2024: Standard for Design Criteria for Machine Diagnostics.
11. Коваленко Р.В. Прогнозування ресурсу машин методами штучного інтелекту. Вісник машинобудування. 2023. №4. С. 45-52.

**УДК 631.354.2-585.17**

# ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОХИБОК ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ВАРІАТОРІВ ЗЕРНОУБІРКОВИХ КОМБАЙНІВ ТА ЇХ ВПЛИВУ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ

**С. В. ЛИСЕНКО** старший викладач,
**О. Д. МАРТИНЕНКО** к.т.н. доцент,
***Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.***
*E-mail:*sevoli@ukr.net

У роботі викладено дослідження технологічних похибок виготовлення та монтажу деталей клинопасових варіаторів зернозбиральних комбайнів, визначено динамічні навантаження, що виникають, обумовлені цими похибками і істотно впливають на надійність і довговічність клинопасових передач.

**Ключові слова**: довговічність, варіатор, зернозбиральний комбайн, відмова, надійність.

Підвищення надійності, довговічності та залишкового ресурсу сільськогосподарської техніки – важлива науково – технічна проблема вітчизняної науки.

При вирішенні завдань про ресурс необхідно враховувати зниження металомісткості, що досягається ускладненням конструкторських рішень, застосування нових технологій і матеріалів з більш високими характеристиками міцності, нових покриттів і паливно-мастильних матеріалів, вирішити питання про величину напрацювання до якої доцільно експлуатувати кожен конструктивний елемент [1].

Надійність і довговічність клинопасових передач значною мірою обумовлена динамічними навантаженнями, що виникають у процесі їх експлуатації. Однією з причин динамічних впливів у передачах є технологічні похибки виготовлення та монтажу їх деталей, і насамперед похибки виготовлення клинових пасів.

Аналіз причин виникнення похибок дозволив встановити, що вся їхня сукупність може бути представлена у вигляді двох наступних груп: похибок виготовлення клинових пасів та похибок виготовлення та монтажу інших деталей варіатора (шківів, маточин, валів, підшипників, тощо).

Похибки клинових пасів включають: похибки геометричних розмірів перерізу (висоти, розрахункової ширини, кута профілю), похибки пружних властивостей (незмінність значень модулів пружності на розтяг і вигин по довжині ременя) і похибки форми контуру (неоднаковість кривизни).

Сукупність похибок виготовлення та монтажу інших деталей зводиться до двох комплексних похибок шківа в зборі - радіального та торцевого биття.

Проявлення перелічених вище похибок у передачі неоднакова. Для порівняльної оцінки впливу окремих видів похибок на величину цього впливу введено загальний параметр - зміна зусилля натягу за пробіг паса *(*$\Delta 2Fo$), що викликається кожною з похибок. Порівняльна оцінка проводилася на підставі виведених аналітичних залежностей, що дозволяють диференційовано оцінювати вплив окремих похибок на величину параметра $\Delta 2Fo$.

Проведена порівняльна кількісна оцінка дозволила встановити, що найбільш значно на зміну величини натягу впливають похибка розміру розрахункової ширини (*Wp*) і похибка форми контуру. Вплив похибок пружних властивостей та радіального биття шківів може бути суттєвим лише за значної величини похибок. Похибки висоти та кута профілю перерізу, а також торцеве биття шківів практично не викликають зміни натягу паса.

Сумарна зміна зусилля натягу за пробіг паса, що є результатом спільного прояву всіх його похибок у передачі, може бути комплексним параметром для кількісної оцінки якості виготовлення його в умовах виробництва, а отже, і основним параметром, що нормується.

Аналіз результатів експериментальних досліджень дозволив зробити такі основні висновки:

- Похибки розрахункової ширини та форми контуру є основними причинами зміни зусилля натягу за пробіг, що підтверджує висновки, зроблені на підставі теоретичного аналізу;

- крива зміни зусилля натягу за пробіг за своїм характером близька до гармонійної, з частотою, що дорівнює подвоєному пробігу паса;

- зміна пружних властивостей по довжині пасів загалом невелика проте відмінність цих властивостей між окремими пасами значна, що може суттєво впливати на прояв інших видів похибок.

На рис. 1 наведено криву розподілу параметра $\Delta 2Fo$ одного з досліджених пасів.

Зміни зусилля натягу, викликані похибками, у працюючій передачі призводитимуть до додаткових динамічних напружень у пасі і знижувати його довговічність.

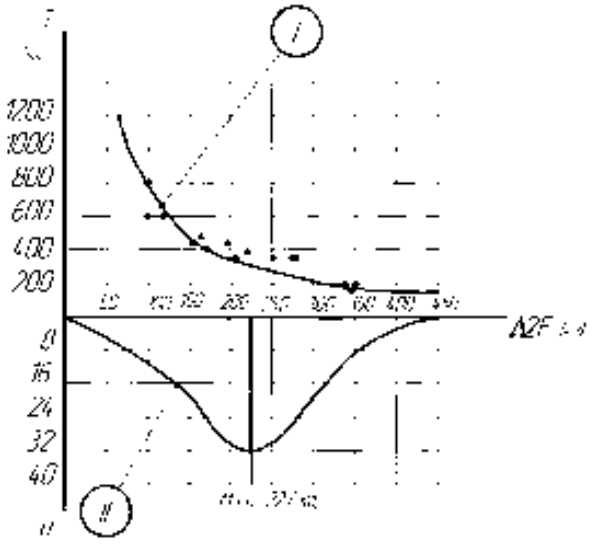


**Рис**.1. ***I*** – залежність довговічності варіаторного паса від величини зусилля, яке викликане його похибками.

***II*** – крива розподілу параметра $\Delta 2Fo$ у варіаторного паса.

Довговічність паса з урахуванням впливу додаткових зусиль, що викликаються його похибками, може бути визначена за формулою

$$T_n = \frac{T}{\eta}, \tag{1}$$

де - $T$ – довговічність паса без урахування впливу його похибок;

$\eta$ - коефіцієнт, що показує, скільки разів додаткові зусилля від похибок паса знижують його довговічність.

В результаті дослідження встановлено, що технологічні похибки виготовлення викликають зміну зусилля натягу за пробіг паса. Зміна зусилля натягу в працюючій передачі призводить до виникнення додаткових динамічних навантажень у пасах і тим самим значно знижує їхню довговічність. Поліпшення якості виготовлення пасів з позиції їх точності є важливим резервом підвищення їхньої довговічності [2].

**Список використаних джерел**

1. 1. Кухтов В.Г. Довговічність деталей шасі колісних тракторів. Харків: РІО ХНАДУ, 2004. – 292 с.

2. Кухтов В.Г., Лисенко С.В., Штельма А.С. Статистична оцінка впливу технологічних похибок на довговічність деталей варіаторів комбайнів. Науковий журнал. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харків. ХНТУСГ, 2017, №8.

**УДК 004.94; 517.9:519.6**

## СУЧАСНИЙ РОЙОВИЙ ІНТЕЛЕКТ В ІНЖЕНЕРНИХ ПРИКЛАДНИХ ЗАВДАННЯХ

**Т. І. ЦЮПІЙ**, к. фіз.-мат. н., доцент,
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Ройовий інтелект в сучасній інженерії є потужним інструментом вирішення складних задач, що використовує колективні (ройові) стратегії, натхненні природними процесами у живих організмах (на основі біологічних і фізичних законів). Це концепція, заснована на вивченні поведінки групи простих агентів, які взаємодіють між собою і навколишнім середовищем, щоб досягти складної мети, яка формулюється у вигляді оптимізаційної задачі.

Очевидним є те, що для розробки і реалізації складних інженерних об’єктів і систем мають бути використані сучасні методи, моделі й засоби математичного і комп’ютерного моделювання. Зокрема, проєктування автомобілів та їх компонент може здійснюватись за кількома критеріями при обмежених ресурсах. Завдання розроблення і реалізації складних систем зводиться до знаходження оптимальних параметрів роботи цих систем, за яких отримуються максимально ефективні режими їх роботи. Під поняттям «ефективність» можна розуміти, мінімальні енергетичні затрати, або максимальний коефіцієнт корисної дії тощо.

Усі ці алгоритми базуються на спостереженнях за природними процесами, від поведінки птахів і мурашок до біологічних еволюцій. Такі алгоритми активно використовуються у таких галузях, як робототехніка, оптимізація, пошук шляхів, логістика, а також у складних соціальних і економічних системах.

Слід зазначити, що до переваг таких алгоритмів слід віднести широку адаптивність, можливість розподіленого пошуку рішень, здатність працювати в динамічних та складних середовищах.

Переважну кількість оптимізаційних завдань можна звести до такого математичного формулюванні. Знайти глобальний екстремум:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) \to \min, \quad (1)$$

де $g_i(x_1,x_2,\dots,x_n,\ x \in X,\ X \subset \mathbb{R}n.$ На функцію / функціонал типу (1) накладаються додаткові обмеження виду:

$\leq 0, i$

$= \overline{1; l}$

$\in \mathbb{N},$

$g_i(x_1$

$= 0, i$

$= \overline{M}$

$\in \mathbb{N}.$

Найбільшою перевагою ройових алгоритмів полягає в тому, що вони не вимагають накладання обмежень на типу функцій / функціоналів виду (1) і функціональних обмежень типу (2), на їх диференційовність в просторі пошуку екстремуму (у нашому випадку глобального мінімуму (1)) тощо.

Переважна більшість алгоритмів ройового інтелекту містить стохастичну складову, яка направлена на пошук саме глобальних екстремумів (1) з обмеженнями (2). Це дає можливість одержувати найкращі проектні й інженерні рішення поставлених перед прикладним математиком завдань.

Нижче у таблиці 1 показано короткий аналіз сучасних алгоритмів ройового інтелекту та їх прикладне застосування.

Слід зазначити, що розглянуті в даній роботі методи й алгоритми легко адаптуються до задач дискретної багатовимірної оптимізації. Зокрема, до таких задач слід віднести задачу про комівояжера і задачі про наплічник (рюкзак).

Таблиця 1 – Короткий аналіз сучасних алгоритмів ройового інтелекту

| Алгоритм | Пояснення | Основні застосування | Переваги |
|---|---|---|---|
| **Алгоритм рою частинок** | Алгоритм, натхненний поведінкою птахів або риб у групі. Агент рухається по простору пошуку, враховуючи свою власну та найкращу позицію групи | Оптимізація, пошук мінімумів, машинне навчання | Легкий у реалізації, швидко збігається до глобального оптимуму |
| **Алгоритм мурашок** | Натхненний поведінкою мурашок, які залишають феромони на шляху до їжі. Алгоритм моделює пошук шляху до оптимального рішення | Маршрутизація, оптимізація шляхів, задачі транспортування | Добре працює з великими мережами, адаптивність до змін |
| **Алгоритм навчання на** | Поєднує ройовий інтелект і диференціальні еволюційні | Інженерія, оптимізація | Підвищена швидкість оптимізації порівняно з |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **основі рою** | стратегії для оптимізації | складних функцій | PSO |
| **Моделювання на основі агентів** | Включає окремі агенти, які взаємодіють між собою, приймаючи рішення на основі власних переконань та середовища | Моделювання соціальних або економічних процесів, економіка | Гнучкість та адаптивність, реалізує складні взаємодії |
| **Алгоритм поведінки рою птахів** | Поєднує елементи еволюційних алгоритмів і ройових методів для пошуку оптимальних рішень | Оптимізація, пошук рішень для багатокрокових завдань | Сильна адаптивність, глобальний пошук оптимуму |

Продовження табл.1

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Ройові роботи** | Застосування ройового інтелекту для управління групою роботів, які взаємодіють і координуються для виконання завдань | Робототехніка, автоматизація, складні фізичні задачі | Висока ефективність в групових задачах, дистрибуція роботи |
| **Алгоритм оптимізації за допомогою рою мурах** | Подібний до алгоритму мурашок, зберігає властивості стійкості і адаптивності для вирішення складних задач | Керування мережами, логістика, виробництво | Потужна адаптація до змінних умов, стійкість до помилок |
| **Еволюційний алгоритм** | Інспірований біологічною еволюцією, алгоритм здійснює ітерації через природний відбір для досягнення оптимального результату | Складні інженерні задачі, дизайн, навчання | Потужний для складних багатофакторних проблем, хороша глобальна оптимізація |
| **Біонічні алгоритми** | Натхненні біологічними процесами, застосовуються для пошуку та оптимізації, аналогічні до ройових систем | Оптимізація в робототехніці, інформаційних технологіях | Добре підходять для багатофункціональних задач |

Такі задачі не можуть бути розв’язані за поліноміальний час, тому евристики, які містяться у даних алгоритмах дають суттєву перевагу в пошуку розв’язків задач комбінаторної багатовимірної оптимізації.

## Список використаних джерел

ern´andez Mart´ınez, J.L., and Garc´ıa Gonzalo, E., "The Generalized PSO: A New

**УДК 629.3.083**

# ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

**О. М. КИРИЧЕНКО,** викладач
***ВСП "Ніжинський фаховий коледж НУБіП України"***
*E-mail:* kiri4enko@gmail.com

***Ключові слова:*** *діагностування, інформаційні телематичні системи, засоби діагностування, методи діагностування*

Транспорт, поряд з іншими інфраструктурними сферами, відіграє ключову роль у забезпеченні базових умов життєдіяльності суспільства. Він є важливим засобом досягнення соціальних, економічних та зовнішньополітичних цілей. Сучасний розвиток автомобільної галузі значною мірою залежить від вдосконалення систем діагностування транспортних засобів. Зростаючі вимоги до надійності, безпеки та екологічності автомобілів стимулюють розробку інноваційних методів контролю технічного стану. Основними тенденціями в цій сфері є інтеграція штучного інтелекту, широке впровадження телематичних систем і використання методів прогнозної діагностики.

Застосування сучасних методів діагностики та прогнозування технічного стану агрегатів дозволяє підвищити точність оцінки їх зносу. Використання сенсорних систем, віброаналізу, термографії та комп'ютерного моделювання дозволяє контролювати зміну параметрів в реальному часі та прогнозувати залишковий ресурс деталей.

Крім того, вдосконалення систем діагностування автомобілів має враховувати екологічні аспекти. Запровадження сучасного обладнання та методів діагностики, використання екологічно чистих матеріалів і технологій дозволяє мінімізувати шкідливий вплив транспорту на довкілля, сприяючи сталому розвитку галузі.

Одним із ключових напрямів розвитку є застосування телематичних систем, які забезпечують віддалений моніторинг технічного стану автомобіля в режимі реального часу. Такі системи поєднують датчики, інтернет-з’єднання та хмарні технології для аналізу роботи всіх важливих агрегатів і вузлів. Це дозволяє не лише своєчасно виявляти несправності, а й прогнозувати потенційні відмови на основі аналізу змін параметрів роботи двигуна, трансмісії, гальмівної системи тощо.

Телематичні системи діагностування автомобілів поєднують:

– бортові датчики – реєструють параметри роботи двигуна, трансмісії, гальмівної системи тощо;

– комунікаційні модулі – забезпечують передачу даних через мобільний зв'язок або інтернет;

– хмарні сервіси – здійснюють аналіз отриманих даних та прогнозування можливих несправностей;

– інтерфейси користувача – водії та технічний персонал можуть отримувати діагностичну інформацію через мобільні додатки або спеціалізовані платформи.

Рисунок 1 – Схема дистанційної комп'ютерної діагностики автомобіля
1–смарфон (на операційній системі IOS); 2–планшет (на операційній системі Android); – блютус передача данних

Переваги використання телематичних технологій:

– прогнозування несправностей – системи аналізують зміну параметрів автомобіля та попереджають про можливі поломки;

– оптимізація обслуговування – дозволяє зменшити витрати на ремонт завдяки своєчасному технічному обслуговуванню;

– підвищення безпеки – виявлення критичних відмов у реальному часі зменшує ризик аварійних ситуацій;

– дистанційний контроль – автопарки можуть здійснювати моніторинг стану транспортних засобів без фізичної перевірки;

– екологічні переваги – зменшення витрат пального та викидів завдяки ефективному управлінню роботою автомобіля.

Незважаючи на значні переваги, впровадження телематичних технологій пов'язане з певними викликами проте, враховуючи стрімкий розвиток технологій, можна прогнозувати подальше поширення телематичних систем та їхню інтеграцію в майбутні автономні транспортні засоби.

За збирання та обробку телеметрії відповідають системи моніторингу даних з автомобіля (Car Data Monitoring System - CMDS). Серйозною проблемою такого підходу є обсяги даних. Сучасний автомобіль із просунутою телематичною системою може генерувати до 25 ГБ даних за годину. Такі обсяги неможливо передавати через мережу. Отже телеметрію слід аналізувати безпосередньо на автомобілі і передавати лише критично важливу інформацію.

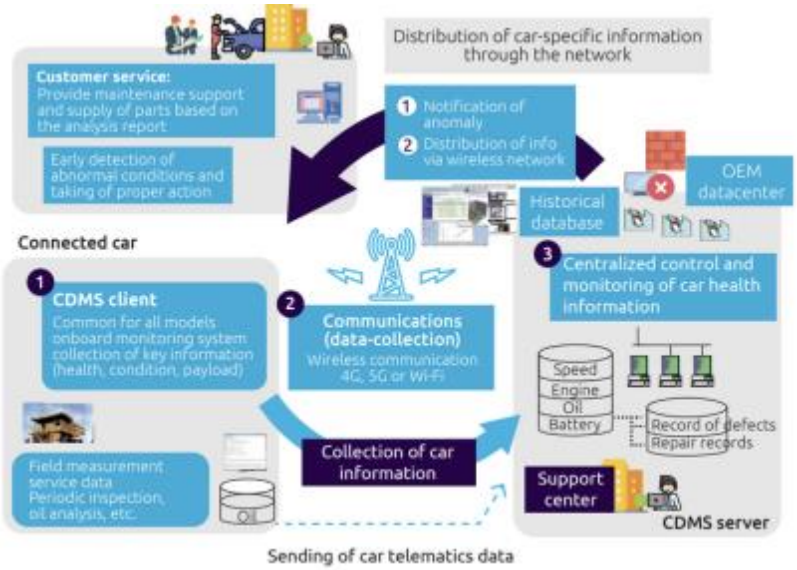



Рисунок 2 – Схема сервісного обслуговування техніки з використанням телематичної системи CMDS

**Висновки.** Розвиток систем діагностування автомобілів рухається у бік підвищення точності, автоматизації та інтеграції інтелектуальних технологій. Телематичні системи, прогнозна діагностика та штучний інтелект відіграють ключову роль у забезпеченні надійності й безпеки сучасних транспортних засобів.

## Список використаних джерел

1. Бороденко Ю.М. Діагностика мехатронних систем автомобіля/ Ю.М. Бороденко, О.А. Дзюбенко, О.М. Биков. – Х.: ХНАДУ, 2016. – 320 с.

2. Інтелектуальні транспортні системи / avto.pro [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://pidru4niki.com/70948/tehnika/telematika_strukturi_protsesah_integratsiyi_transportu.

3. Інтелектуальні системи дистанційного сервісного супроводу та діагностування автомобіля /ШИФР АВТО [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/2020R/AT_AE_AUTO.pd.

4. Телематичні системи для автомобільного транспорту та сільськогосподарських машин: можливості та проблеми/Ю.Я. Вовк, А.Р. Якубішин, Р.В. Худобей. Матеріали Міжнародної науково-практичної

конференції «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики» . Тернопіль. 2022.

# *Секція 9 «Надійність транспортних систем АПК»*

**ДК 658.7**

# МЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ СТРУКТУРНОЇ НАДІЙНОСТІ ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАНЬ

**О. М. ЗАГУРСЬКИЙ** д.е.н., професор,
***Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ***
*E-mail:* zagurskiy@nubip.edu.ua

Мережа постачань може складатися з каналів з різними характеристиками, відповідно мережева модель структурної надійності, зазвичай, включатиме канали, що складаються з окремих постачальників і ланцюгів постачань або навіть цілі підмережі з відносно складною структурою. Відповідно для замовника проблема побудови мережі постачань перетворюється на проблему вибору найбільш економічно надійного каналу, який відповідає вимогам щодо функціональних параметрів (таких як безвідмовна продуктивність, визначена за допомогою формули для послідовно-паралельної структури ланцюга постачань):

$P$

де: $n$ – кількість постачальників,

$=$

– кількість ланцюгів постачання (каналів),

– бінарна змінна (змінна вибору), що приймає значення 1, якщо потужність $j_i$ постачальника включеного в $i$-й канал постачання дозволяє задовольнити попит $\sum_{o=1}^{n} q_j x_{ij} \geq Q_0$, 0 якщо не дозволяє $\sum_{o=1}^{n} q_j x_{ij} \leq Q_0$. Тут бінарна змінна $m$ служить для формування m ланцюгів з n каналів.

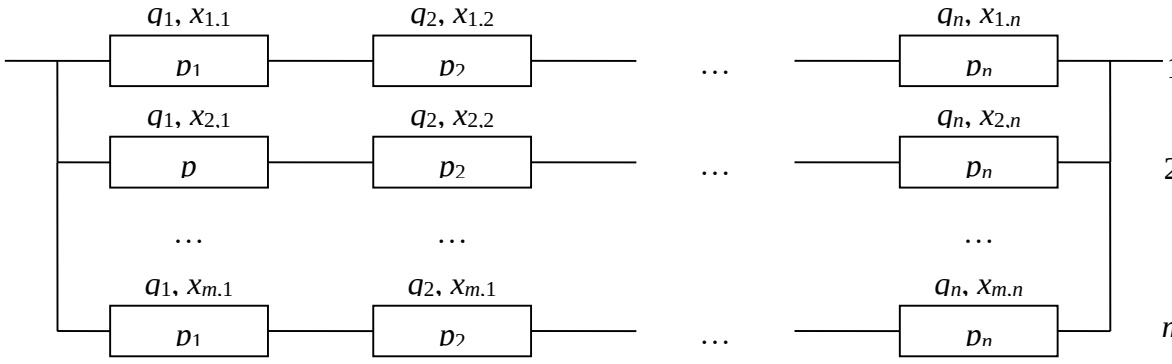



Рис.1 Послідовно-паралельна модель структурної надійності мережі постачання

Розглядаючи модель надійності складної мережі, у даному випадку

$($
$1$
$1$
$-$
$j$
$2$
$n$
$p$
$m$
$j$
$i$
$m$
$\leq$
$n$
$i$
$f$
$x$

послідовно

оптимальний план постачань визначається в результаті вирішення задачі математичного програмування з цільовою функцією:

$$S$$

за обмежень:

$$i=1m(1-j=1npj)i\geq P0if\,xi,jnot\leftrightarrow 0; \quad =$$

$$i=1mj=1nzi,jxi,j=Q0; \quad i$$

$$0 \leq \sum_{i=1}^{m} x_{i,j} \leq 1,\ j=1,\ldots,n; \quad m$$

$$i=1mzi,jxi,j\leq qj,\leftrightarrow j=1,\ldots,n;$$

$$i=1mzi,j\geq d,j=1,\ldots,n; \quad j$$

$$j=1nqjxi,j\geq Q0if\,xi,jnot0\leftrightarrow,i=1,\ldots,m;$$

$$zi,j\geq 0,i=1,\ldots,m,j=1,\ldots,n; \quad n$$

$$zi,j\in R,i=1,\ldots,m,j=1,\ldots,n;$$

$$xi,j\in 0,1,i=1,\ldots,m,j=1,\ldots,n. \quad c$$

Цільова функція (2) є сумою змінних і постійних витрат у даній системі управління постачаннями. $j$

У системі обмежень, перше обмеження – вимога до безвідмовності ланцюга постачань, що складається з послідовно-паралельних елементів. Умова $if\,x_{i,j}not0$ означає: якщо $x_{i,j}$ не 0, то у добутку використовується значення $p_j$. Інакше $p_j$ не включається у добуток, тобто перемножуються лише ймовірності каналів, що входять у ланцюг.

Друге обмеження – вимога до обсягу постачання: стандартне обмеження на загальний обсяг постачання $Q_0$ за усіма каналами мережі.

Третє обмеження – умова включення постачальника в один канал (один ланцюг) означає, що постачальник може входити лише в один канал або не входити в жоден з них (зайвий канал).

Ч

е П’яте обмеження – обмеження мінімальне замовлення $d$, яке враховує витрати, пов'язані з укладанням договору постачання, тобто є економічною умовою договору.

е Шосте обмеження – умова формування каналу постачання: кожен канал має забезпечувати поставку обсягом щонайменше $Q_0$, причому підсумовуються

Н

Запропонована модель забезпечує гнучкість ланцюга постачань із заданою безвідмовністю за рахунок можливості регулювання обсягів постачань каналами. Разом з тим при вирішенні такого завдання виникає низка проблем. По-перше це складності розрахунку ймовірності безвідмовної роботи мережі постачання Р0, що вимагає застосування логіко-імовірнісного методу, тобто опис усіх працездатних та непрацездатних станів мережі постачання за допомогою функцій алгебри логіки (ФАЛ), а по-друге складність полягає у великій кількості можливих функціональних станів системи, особливо у багаторівневих мережах постачання.

**Список використаних джерел**

1. Загурський О.М. Управління ризиками : навчальний посібник / О.М. Загурський. – К.: Університет «Україна», 2016. – 243.

2. Zagurskiy O., Pivtorak M., Bondariev S., Demin O., Kolosok I. Methods of

.

3. Zagurskyi O., Pokusa T., Duczmal M., Ohiienko M., Zagurska S., Titova L., Rogovskii I. Ohiienko A. Supply chain logistics service system: methods and models of

Rogovskii I. Ohiienko A., Razumova K., Berezova L. Current trends in development of

**УДК 631.3:004.8**

## ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ БЛОЧНО-МОДУЛЬНИХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

**М. Г. МАКАРЕНКО**, доцент,
***Державний біотехнологічний університет, Харків,***
*E-mail:* mak.nk2.ua@gmail.com

Зростаючі вимоги до ефективності агропромислового комплексу стимулюють впровадження передових інженерних рішень у проєктуванні транспортно-технологічних засобів. Блочно-модульний підхід дозволяє значно підвищити адаптивність та універсальність експлуатації, що сприяє інтеграції транспортно-технологічних систем у змінні виробничі умови. Крім того, ця концепція сприяє оптимізації життєвого циклу технічних засобів, зменшуючи собівартість виробництва та підвищуючи ремонтопридатність. Дослідження показують, що застосування блочно-модульних конструкцій дозволяє знизити експлуатаційні витрати на 20–30% та підвищити продуктивність техніки в середньому на 15% [1].

Блочно-модульний підхід сприяє стандартизації та уніфікації ключових компонентів транспортно-технологічних систем, що забезпечує їх взаємозамінність та спрощує технічне обслуговування. Це сприяє зменшенню простоїв техніки та підвищенню її продуктивності, а також дозволяє суттєво скоротити витрати на ремонт та модернізацію. Дослідження показали, що використання модульних агрегатів дозволяє зменшити час на заміну несправних вузлів на 40%, а при інтеграції адаптивних алгоритмів управління на основі штучного інтелекту можна додатково скоротити цей показник до

50%. Такі алгоритми здатні не лише автоматично виявляти потенційні відмови, але й прогнозувати необхідність технічного обслуговування, що підвищує загальну експлуатаційну ефективність системи на 20%. У поєднанні з технологіями цифрового моделювання та моніторингу у реальному часі це забезпечує швидку реакцію на технічні збої та дозволяє проводити профілактичне обслуговування на основі аналізу великих масивів даних про стан обладнання.

Застосування передових матеріалів, зокрема високоміцних композиційних сплавів та полегшених металевих структур, дозволяє знизити загальну масу агрегатів на 15%, що сприяє покращенню мобільності техніки та зниженню витрат пального. Дослідження підтверджують, що використання легких, але міцних матеріалів забезпечує підвищення довговічності конструкцій на 12% та зменшення зносу основних компонентів до 17%.

Блочно-модульні конструкції інтегруються з енергоефективними рішеннями, такими як електрифіковані та гібридні системи приводу, що дозволяє значно підвищити екологічну стійкість аграрних процесів. Впровадження інтелектуальних алгоритмів розподілу енергоресурсів дозволяє зменшити споживання пального на 18–22% у порівнянні з традиційними механізмами. Дослідження підтверджують, що застосування інтелектуальних енергетичних систем у блочно-модульних агрегатах дозволяє не лише оптимізувати витрати пального, а й адаптувати рівень енергоспоживання відповідно до навантаження та зовнішніх умов експлуатації. Впровадження цифрових систем моніторингу у поєднанні з автоматизованими моделями управління дозволяє додатково знизити експлуатаційні витрати на 10–15%. Дані польових досліджень підтверджують, що перехід на модульні енергетичні системи дозволяє скоротити викиди $CO_2$ на 15%, а при впровадженні оптимізованих адаптивних алгоритмів цей показник може зрости до 20%. Такі технології забезпечують підвищення загальної продуктивності транспортно-технологічних засобів і водночас сприяють зменшенню негативного впливу на довкілля.

Моделювання у реальному часі із застосуванням штучного інтелекту забезпечує оперативне прогнозування технічного стану транспортних засобів та оптимізацію їх експлуатаційних параметрів. Завдяки інтеграції нейронних мереж та алгоритмів машинного навчання, можна значно підвищити точність діагностики систем і мінімізувати ризик виходу з ладу критично важливих компонентів. Впровадження глибокого навчання дозволяє аналізувати великі масиви даних у режимі реального часу, що забезпечує автоматичне налаштування технічних параметрів відповідно до змінних умов експлуатації [2].

Крім того, застосування цифрових двійників дає можливість проводити тестування конструктивних змін без реальних витрат ресурсів, що дозволяє зменшити час на проектування та розробку нових модулів. Дослідження доводять, що використання таких підходів дозволяє скоротити час простоїв техніки на 25–30%, підвищити продуктивність агротехнологічних операцій на

12–18% і знизити експлуатаційні витрати на 15%. Інтеграція з розширеними хмарними платформами дає змогу здійснювати дистанційне управління та моніторинг системи в режимі реального часу, що значно покращує оперативність ухвалення рішень.

Завдяки поєднанню штучного інтелекту, цифрових двійників та машинного навчання досягається новий рівень гнучкості та надійності блочно-модульних транспортно-технологічних засобів, що сприяє підвищенню їх довговічності та ефективності використання у сільському господарстві. Моделювання у реальному часі із застосуванням штучного інтелекту забезпечує оперативне прогнозування технічного стану транспортних засобів та оптимізацію їх експлуатаційних параметрів. Завдяки інтеграції нейронних мереж та алгоритмів машинного навчання, можна значно підвищити точність діагностики систем і мінімізувати ризик виходу з ладу критично важливих компонентів. Дослідження доводять, що використання таких підходів дозволяє скоротити час простоїв техніки на 25–30% і підвищити продуктивність агротехнологічних операцій на 12–18% [3].

Блочно-модульні транспортно-технологічні засоби демонструють значні переваги на всіх етапах життєвого циклу, починаючи від виробництва та закінчуючи експлуатацією та технічним обслуговуванням. Результати досліджень підтверджують, що застосування цієї концепції дозволяє значно підвищити ефективність аграрних підприємств, мінімізувати технічні ризики та покращити екологічну стійкість виробничих процесів. Впровадження моделювання у реальному часі та штучного інтелекту в управління блочно-модульними транспортно-технологічними засобами сприяє подальшому вдосконаленню процесів діагностики, прогнозування та оптимізації робочих параметрів. Подальші дослідження у цій сфері мають бути зосереджені на розширенні можливостей автоматизації, інтеграції великих даних у процеси управління та удосконаленні алгоритмів прийняття рішень для підвищення експлуатаційної ефективності.

## Список використаних джерел

1. Макаренко М.Г., Калашник Є.А. Роль інформаційних технологій у вдосконаленні функціональних можливостей блочно-модульних тракторів. // Технічний прогрес в АПВ: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2024 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2024. С. 67 – 68.

2. Макаренко М. Г, Пиріжок В. І. Використання штучного інтелекту у вбудованих системах сільськогосподарських тракторів. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті" 04-05. 04. 2024. - Харків : ДБТУ, 2024 С. 192.

3. Макаренко М. Г., Шевченко І. О., Хейло В. О., Пиріжок В. І. Електронні системи керування та діагностики сучасних автомобілів: проблеми і рішення. // Збірник тез та доповідей міжнародної конференції «Енергетичні

установки та альтернативні джерела енергії». 11–12 березня 2024 року, ХНАДУ, – Харків, 2024. –С. 274 – 278.

**УДК 631.3**

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ РИНКУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ В УКРАЇНІ

**Л. В. БАЩУК**, викладач
***ВСП «Конотопський індустріально-педагогічний фаховий коледжу» Сум ДУ***

Перехід до електромобілів неминучий в умовах тенденції розвитку еко-руху, і Україна рухається в цей бік швидше, ніж більшість європейських країн. Відсоток та динаміка реєстрації нових електромобілів, навіть в обставинах війни, є стрімким.

Електромобілі міцно увійшли на український ринок і вже не перший рік утримують свої позиції. Не став винятком і 2024 рік.

Попри підвищення цін на електромобілі, люди все більше реєструють нові транспортні засоби прослідковується позитивна динаміка. Така тенденція стала можлива через загальну свідомість про важливість збереження екосистеми і активну участь громадськості у природоохоронних заходах. Для українського ринку додатковим стимулом попиту на електромобілі стало зростання цін на бензин та дизельне паливо.

За даними «Укравтопрому», у звітному періоді на облік поставили 4289 електромобілів, що лише на 0,2% менше, ніж роком раніше. Частка нових авто на акумуляторних джерелах живлення становила 21%. Левова частина реєстрацій припала на легкові моделі – 4157 одиниць, серед яких новими були 870 штук. Щодо комерційного сегменту, то на нього прийшлося 132 реєстрації (13 авто були новими).

Найбільш популярними серед нових електромобілів були:

- ZEEKR 001 – 109 реєстрацій;
- VOLKSWAGEN ID.4 – 103 реєстрації;
- HONDA M-NV – 102 реєстрації;
- BYD Song Plus – 91 реєстрація;
- NISSAN Ariya – 74 реєстрації.

Серед вживаних продовжують лідирувати Nissan Leaf і моделі Tesla.

Найпопулярніші електромобілі з пробігом в Україні:

- Nissan Leaf – 658 проданих авто.
- Tesla Model Y – 588 од.
- Tesla Model 3 – 561 од.
- Hyundai Kona – 308 од.
- Volkswagen Golf – 289 од.

Топ-5 нових електромобілів на ринку 2023 року:

- Volkswagen ID.4 – 2 655 од.;
- Dongfeng/ Honda M-NV – 559 од.;
- Volkswagen ID.6 – 491 од.;
- Honda NS1 – 327 од.;
- BYD Song – 189 од.

Топ-5 вперше зареєстрованих в Україні вживаних електромобілів:

- Nissan Leaf – 5190 од.;
- Tesla Model 3 – 3282 од.;
- Volkswagen e-Golf – 3273 од.;
- Tesla Model Y – 2171 од.;
- Volkswagen ID.4 – 1740 од.

Регіональний аналіз показує, що найбільше зростання кількості електромобілів у серпні продемонструвала Волинська область – 13,32%, що більш ніж вдвічі перевищує середній показник по країні (6,18%). Західні регіони України, крім Закарпаття, показали значний приріст. Чернігівська та Миколаївська області теж приємно здивували своїми показниками. У той же час, у Києві кількість нових електромобілів зросла помірно – на 4,3 %.

Такий інтерес до електромобілів на заході країни може пояснюватись тривожними очікуваннями щодо можливого підвищення податків та зростання цін на паливо. Загалом, українці прагнуть використовувати переваги електротранспорту, особливо в умовах нестабільної економічної ситуації, що спонукає до економії на паливі та обслуговуванні.

Протягом січня – вересня 2024 року в Україну ввезли легкових електромобілів на суму 989 мільйонів доларів.

Найчастіше нові електроавтівки завозили з Китаю (11131), Японії (472) та Німеччини (304). Лідером з поставок вживаних електромобілів були США (12602), Німеччина (5188) та Південна Корея (4193).Найактивніші області у реєстрації електромобілів: Львівська, Київська, Дніропетровська.

**Список використаних джерел**

1. https://www.autocentre.ua/news/rynok-elektromobiliv-v-ukrayini-yaki-modeli-najchastishe-kupuyut-ukrayintsi-1515591.html
2. https://inventure.com.ua/uk/analytics/investments/analiz-rinku-elektromobiliv-v-ukrayini
3. https://epravda.com.ua/news/2024/01/9/708536/

**ДК 658.7**

## ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАНЬ

**Д. Є. ГРАБОВСЬКИЙ,** студент
**О. М. ЗАГУРСЬКИЙ** д.е.н., професор,

***Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ***
*E-mail:* zagurskiy@nubip.edu.ua

Становлення багатоканальної моделі постачань формує принципово нову роль логістики, яка не тільки забезпечує можливість диференціації продуктово-сервісної пропозиції, але і створює додатковий бар'єр входу на ринок, підвищуючи монетизацію рітейлу в цифрових каналах збуту [4]. І саме поєднання логістики та сервісу в онлайн-рітейлі стає основним каталізатором розвитку сучасного товарного ринку. Проте багатоканальні (мережеві) ланцюги постачань схильні до більшої кількості відмов, адже стабільність, захищеність та надійність стану таких ланцюгів залежать від злагодженої (ідеальної) роботи усіх елементів, що входять до їх складу [3].

Враховуючи, що кінцева мета логістики – зниження витрат на логістичні послуги та прогноз ймовірності відмов системи, то для транспортно-логістичних процесів поняття надійність передбачає доставку вантажу у визначений строк, його захищеність, безпеку та адекватність супроводжуючих документів, особливо це стосується ланцюгів постачань швидкопсувних продуктів [5]. Однак кількість завдань оптимізації логістичних процесів в ланцюгах постачань з погляду підвищення його надійності надзвичайно велика, а їх склад різноманітний. Тому з метою економії ресурсів будь-який економічний суб'єкт має зважено вибудувати систему обмежень на ресурси, що використовуються та ключові фактори впливу на надійність на будь-якому рівні ланцюга постачань. Так, завдання про планування постачань з врахуванням функціональної надійності перевізників складається з наступних кроків [1]:

1. Побудова функціональної схеми роботи ланцюга постачань із зазначенням усіх перевізників 2-го рівня та їх характеристик.
2. Визначення поняття відмови та встановлення значення критерію за функціональними можливостями перевізників виходячи з вимог замовника.
3. Складання послідовно-паралельної схеми та моделі розрахунку структурної надійності виходячи з вимог до безвідмовності постачання та функціональних можливостей перевізників.
4. Визначення оптимального плану постачань, що забезпечує мінімум витрат за дотримання вимог до безвідмовності.

У роботі [2] наведено аутсорсингову модель планування, де для замовника завдання формування мережі постачань переходить у завдання вибору каналів з найменшими витратами за умови дотримання вимог до параметрів та безвідмовності. При цьому зазначається, що аутсорсинг третій стороні може працювати ефективно лише у разі, коли зовнішній координатор може забезпечити низьку вартість передачі знань в ланцюгу постачань. За таких умов безвідмовність можна визначити за формулою найпростішої паралельно-послідовної схеми:

$$i$$

де: $n$ – кількість каналів (постачальників);

– кількість ланцюгів постачань. $$m$$



$$1$$

$$-$$

$$j$$

Такі моделі, зазвичай, доповнюються умовами обмежень витрат для роботи системи. Відповідно математична модель такого завдання має наступний вигляд:

за обмежень:

$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} X_{ij} \times Z_j = Q_0$; вимог до об'ємів постачань

$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} \times Z_j \le q_j; \quad j = 1, n$ вимог до потужності каналів постачань

$1 - \prod_{i=1}^{m}\left(1 - \prod_{j=1}^{n} P_j\right) \ge P_0;\ if X_{ij} \ge 0$ вимога до безвідмовності постачань

$Z_j \ge d; \quad j = 1, n$ вимог до мінімального об'єму замовлення

де: $X_{i,j}$ – бінарна змінна (змінна вибору), що приймає значення 0 або 1

– оптимальний план *j*-го каналу постачань;

$C_j$ – собівартість j-го каналу постачань;

– об'єм j-го каналу постачань;

– можливий обсяг (потужність) постачань по j-го каналу.

У цій моделі цільова функція визначає найбільш привабливий ланцюг за мінімумом витрат в якому з *n* каналів формується мережа *m* ланцюгів постачань із послідовно-паралельною схемою структурної надійності. Оптимальний план постачання знаходиться в результаті вирішення задачі математичного програмування, де в план оптимізації включена надійність каналу мережі. У такому випадку цільова функція системи може бути записана в наступному вигляді:

За аналогічних обмежень, що і у попередній формулі. Так, завдання визначення оптимального плану постачань, що забезпечує мінімум витрат 4-х канального ланцюга постачань із послідовно-паралельною схемою структурної надійності за показників та обмежень наданих у табл. 1 можна розв'язати за допомогою редактора Excel «Пошук рішення» (рис. 1).

Результати розрахунків показують, що за безвідмовної роботи усіх чотирьох каналів постачань мінімальні витрати постачань 500 одиниць товарів складають 35584 грн. на місяць. А за збоїв у постачаннях першого каналу вони зростають до 72384 грн. проте зберігається необхідна (визначена) надійність постачань. Отже, багатоканальні ланцюги постачань з резервними каналами забезпечують підвищену надійність, стійкість та відновлюваність.

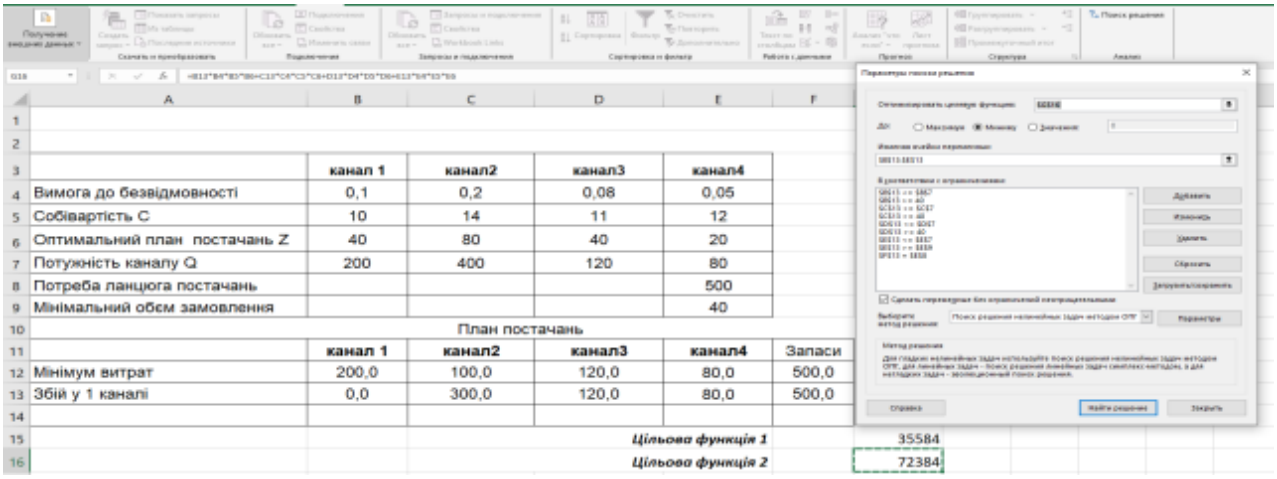
Таблиця1 – Характеристики багатоканального ланцюга постачань

| | **канал 1** | **канал2** | **канал3** | **канал4** |
|---|---|---|---|---|
| Показники роботи каналу | | | | |
| Собівар | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| тість С, грн. од | | | | |
| Оптимальний план постачань Z, од | | | | |
| Потужність каналу Q, од | | | | |
| Надійність постач | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ань, | | | | |
| Обмеження до постачань | | | | |
| На об'єм постачання | | | | |
| На мінімальний об'єм замовлення | | | | |
| Вимога добезвідмовності | | | | |

| i | |
|---|---|



| | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | канал 1 | канал2 | канал3 | канал4 | |
| 4 | Вимога до безвідмовності | 0,1 | 0,2 | 0,08 | 0,05 | |
| 5 | Собівартість С | 10 | 14 | 11 | 12 | |
| 6 | Оптимальний план постачань Z | 40 | 80 | 40 | 20 | |
| 7 | Потужність каналу Q | 200 | 400 | 120 | 80 | |
| 8 | Потреба ланцюга постачань | | | | 500 | |
| 9 | Мінімальний обєм замовлення | | | | 40 | |
| 10 | План постачань | | | | | |
| 11 | | канал 1 | канал2 | канал3 | канал4 | Запаси |
| 12 | Мінімум витрат | 200,0 | 100,0 | 120,0 | 80,0 | 500,0 |
| 13 | Збій у 1 каналі | 0,0 | 300,0 | 120,0 | 80,0 | 500,0 |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | *Цільова функція 1* | 35584 |
| 16 | | | | | *Цільова функція 2* | 72384 |

Рис.1 Розрахунок оптимального плану постачань

Такий підхід дозволяє вирішити задачу не тільки забезпечення необхідної безвідмовності постачань з мінімальними витратами, а й вибрати ланцюг із каналів з найбільшою надійністю. Дана модель є одним із напрямків у розвитку моделей оптимізації планування постачань з урахуванням надійності (безвідмовності) виконання стратегічних планів та визначення ланцюгів постачань з високою надійністю.

## Список використаних джерел

1. Ghorbani M., Ramezanian R., Integration of carrier selection and supplier

2. Lu Q., Meng F., Goh M. Choice of supply chain governance: Self-managing or

3. Zagurskiy O., Pivtorak M., Bondariev S., Demin O., Kolosok I. Methods of

.

4. Zagurskyi O., Pokusa T., Duczmal M., Ohiienko M., Zagurska S., Titova L., Rogovskii I. Ohiienko A. Supply chain logistics service system: methods and models of

Rogovskii I. Ohiienko A., Razumova K., Berezova L. Current trends in development of

**УДК 614.862**

## НАДАННЯ ДОПОМОГИ ПОСТРАЖДАЛИМ В ДТП У КОНТЕКСТІ ПІДХОДУ «БЕЗПЕЧНА СИСТЕМА»

**С. О. ЗАЯРНИЙ**, студент,
**І. О. КОЛОСОК**, к.пед.н., доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* kolosok@nubip.edu.ua

Підхід "Безпечна система" – одна з головних особливостей Десятиліття дій із забезпечення безпеки дорожнього руху на 2021-2030 рр. – визнає, що автодорожній транспорт є складною системою, і ставить безпеку на перше місце. Він також визнає, що люди, транспортні засоби та дорожня інфраструктура повинні взаємодіяти таким чином, щоб забезпечити високий рівень безпеки. Зокрема, підхід "Безпечна система" стимулює тих, хто проектує та обслуговує дороги, виробляє транспортні засоби та керує програмами забезпечення безпеки, до того, щоб розділяти відповідальність за безпеку з учасниками дорожнього руху, щоб у разі ДТП вживали заходів для усунення недоліків у всій системі.

Надання допомоги постраждалим в ДТП та їх виживання значною мірою залежать від швидкості дій: затримка в кілька хвилин може стати фатальною для постраждалого. Тому в разі ДТП необхідно якомога швидше вжити комплексних та скоординованих дій із надання допомоги потерпілим. Механізми, що забезпечують вжиття відповідних заходів, включають систему оповіщення (наприклад, єдиний універсальний номер виклику), для зв'язку з відповідними фахівцями, які, в свою чергу, можуть швидко направити відповідні служби екстреної допомоги з підготовленим персоналом і необхідним обладнанням на машинах швидкої допомоги або, в разі потреби, на гелікоптерах.

Необхідно сприяти навчанню населення із надання першої допомоги, щоб значно розширити можливості своєчасного застосування заходів для порятунку життя, особливо в районах, де долікарняні послуги обмежені та/або час реагування тривалий. Необхідно перш за все організувати навчання співробітників екстрених служб, які не надають медичну допомогу, таких як поліцейські та пожежники, а також інші особи, які за родом своєї діяльності часто опиняються на місці дорожньо-транспортних пригод, наприклад, професійні водії, в тому числі таксисти та водії громадського транспорту. Для того, щоб співробітникам екстрених служб було, які першими прибувають на місце події, було простіше працювати, їх необхідно забезпечити правовим захистом.

Реабілітація є важливим компонентом надання допомоги постраждалим внаслідок ДТП, оскільки вона може значно знизити ймовірність пожиттєво втратити дієздатність постраждалими у дорожньо-транспортних пригодах. Необхідно запровадити механізми забезпечення більш ефективного надання реабілітаційних послуг та доступу до них постраждалим у дорожньо-транспортних пригодах. Це включає інтеграцію реабілітаційної допомоги в систему невідкладної допомоги, забезпечення доступності реабілітаційних

послуг на нижчих рівнях медичної допомоги та створення відповідних механізмів фінансування, таких як системи страхування учасників дорожнього руху (наприклад, обов'язкове страхування автоцивільної відповідальності).

Необхідно також запровадити комплексні системи підтримки постраждалих та членів їхніх сімей. Уряди повинні розробити механізми для проведення розслідувань ДТП із залученням спеціалістів різного профілю та забезпечення правосуддя для постраждалих.

Рекомендовані дії, спрямовані на більш ефективне надання допомоги постраждалим внаслідок ДТП:

1. Створити систему оперативного надання допомоги постраждалим в ДТП:

- унікальний телефонний номер для виклику екстрених служб, що діє по всій території країни;
- механізм координації дій диспетчерської служби (пожежна бригада, поліція, швидка допомога).

2. Розширити спроможності надання допомоги серед неспеціалістів (осіб, що не є медичними працівниками):

- забезпечити базову підготовку (EMS) осіб, що не є працівниками екстрених служб, таких як водії таксі та громадського транспорту, поліцейські, пожежники тощо;
- прийняти "закони доброго самаритянина" для забезпечення правового захисту неспеціалістів, що надають першу допомогу.

3. Посилити ефективність професійної медичної допомоги:

- створити реєстри травм у закладах охорони здоров'я для збору інформації про причину травми та клінічні втручання;
- розбудова спроможності долікарняної, лікарняної та реабілітаційної допомоги/послуг, а також створення базового пакету послуг невідкладної допомоги для кожного рівня системи охорони здоров'я;
- забезпечити цілодобовий доступ – незалежно від платоспроможності – до належним чином оснащених необхідним обладнанням служб оперативної та невідкладної медичної допомоги;
- надавати послуги з відновлення та реабілітації для запобігання постійної втрати працездатності.

4. Встановити вимоги до проведення розслідування ДТП із залученням спеціалістів різного профілю:

- запровадити розслідування ДТП, що призводять до тяжких та смертельних травм, для отримання інформації, необхідної для розробки стратегій запобігання ДТП та ефективного судового захисту постраждалих та їхніх родин;
- створити механізми координації розслідувань ДТП та обміну даними між відповідними профільними відомствами;
- створити відповідні механізми фінансування, такі як страхування учасників дорожнього руху (наприклад, обов'язкове страхування автоцивільної

відповідальності).

5. Надавати соціальну, судово-правову та, за необхідності, фінансову підтримку сім'ям, які втратили годувальника, та особам, постраждалим в наслідок ДТП [1].

**Список використаних джерел**

1. Глобальний план десятиліття дій із забезпечення безпеки дорожнього руху 2021–2030. URL: https://www.who.int/ru/publications/m/item/global-plan-for-the-decade-of-action-for-road-safety-2021-2030

**УДК 631.3**

## КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ КАРТОПЛІ З ЕЛАСТИЧНИМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ

**І. О. БУЧКО**, викладач
**С. С. ДОБРАНСЬКИЙ**, викладач
***Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир***
*E-mail:* 1988dobran.105@ukr.net

За результатами аналізу застосовуваних у даний час механізованих вантажно-розвантажувальних робіт з метою зниження пошкоджень бульб картоплі розроблено перегородки кузова транспортного засобу з еластичних трубок [1] (рис. 1,2).

Пристрій містить основу 1 (рис. 1, 2), пару торцевих стінок 2, боковину 3, відкидний борт 4, який у верхній своїй частині шарнірно з'єднаний з торцевими стінками 2, а в нижній частині має можливість фіксації з торцевими стінками за допомогою фіксаторів, закріплену на торцевих стінках 2 за вісь 6 поперечну перегородку 5, виконану з порожнистих трубок із пружного матеріалу 7,

Рис. 1. Загальний вигляд пристрою (транспортування)

1 – основа; 2 – торцеві стінки; 3 – боковина; 4 – відкидний борт; 5 – поперечна перегородка; 6 – вісь; 7- порожниста труба

що мають можливість обертання навколо осі 6 поперечної перегородки 5 і мають різну довжину, причому вона зменшується від центру поперечної перегородки до торцевих стінок 2 симетрично.

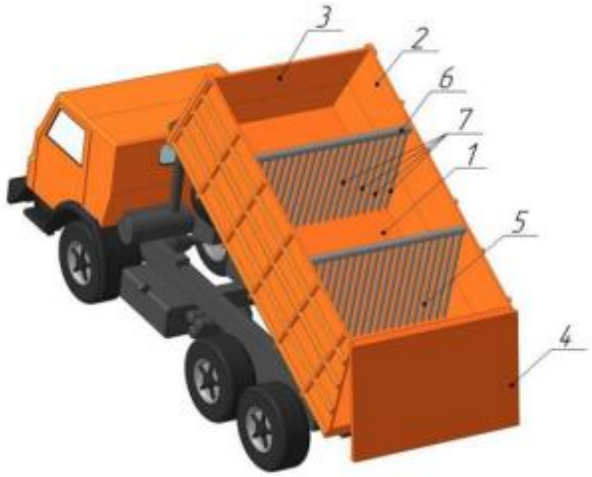



Рис. 2. Загальний вигляд пристрою (розвантаження)
1 – основа; 2 – торцеві стінки; 3 – боковина; 4 – відкидний борт; 5 – поперечна перегородка; 6 – вісь; 7- порожниста труба

Положення еластичної перегородки під час розвантаження.

Пристрій для транспортування коренебульбоплодів працює таким чином. У початковий момент вивантаження оператор відкриває фіксатори відкидного борту 4 пристрою для транспортування коренебульбоплодів. На початку вивантажуються коренебульбоплоди, розташовані біля відкидного борту. Потім у міру перекидання пристрою для транспортування коренебульбоплодів частина коренебульбоплодів утримує поперечну перегородку 5 від зміщення, унеможливлюючи лавиноподібне сходження купи коренебульбоплодів. Завдяки меншому тертю в середній частині пристрою для транспортування коренебульбоплодів порожнисті трубки 7 поперечної перегородки 5, обертаючись навколо осі 6, змінюють кут нахилу [1].

Це сприяє частковому вивантаженню коренебульбоплодів, розташованих за поперечною перегородкою 5. Поступово звільняючи трубки 7 поперечної перегородки 5 коренебульбоплоди дозовано вивантажується від середини до торцевих стінок 2 пристрою для транспортування коренебульбоплодів. Величину кута перекидання змінюють поступово, орієнтуючись на швидкість вивантаження до повного очищення основи 1. Боковина 2 пристрою для транспортування коренебульбоплодів разом із віссю 6 створює додаткову жорсткість під час вивантаження. Для регулювання швидкості вивантаження порожнисті трубки 7, виконані з пружного матеріалу, мають різну довжину, причому зазор між трубкою і основою залежить від опору руху

коренебульбоплодів по ширині пристрою для транспортування коренебульбоплодів [2, 3].

**Список використаних джерел**

1. Шимко А.В., Бундза О.З., Мартинюк В.Л. Пошкодження бульб картоплі під час транспортування. Сільськогосподарські машини, №49, 2023.
2. Dvoruk V., Borak K., Buchko I., Dobranskiy S. Destruction of Strain Hardened Steel Upon Abrasive Wear. Journal of Friction and Wear, 2021, 42(3), pp. 178–184.
3. Дворук В.І., Борак К.В., Добранський С.С. Підвищення зносостійкості конструкційної сталі при терті ковзання в масі незакріпленого абразиву методом електроерозійної обробки. Журнал Проблеми трибології (Problems of Tribology) 2014, № 4. С. 91-95.

**УДК 625.7-049.5](71)**

## ЦІЛІ І ПРИНЦИПИ СТРАТЕГІЇ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ КАНАДИ 2025

**О. О. КРИВЕНКО, студентка,**
**І. О. КОЛОСОК, к.пед.н., доцент**
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* kolosok@nubip.edu.ua

Баченням Стратегії безпеки дорожнього руху до 2025 року є “Назустріч нулю: найбезпечніші дороги у світі”. Ця ціль стратегії узгоджується з довгостроковою метою Канади “Мати найбезпечніші дороги у світі”. Вона базується на передовій міжнародній практиці, вперше прийнятій Швецією в 1997 році, де Vision Zero було схвалено їх парламентом і з тих пір пронизує їх підхід до транспорту. Цей високоефективний та інноваційний підхід Швеції призвів до одного з найнижчих у світі показників смертності, пов’язаної з дорожнім рухом, а його підтверджена історія призвела до того, що інші країни та муніципальні органи влади почали застосовувати подібні підходи. Бачення “Назустріч нулю” не є ціллю, яку потрібно досягти до певної дати, а скоріше має бажаний характер. Це бачення продовжуватиметься й за межами графіків RSS 2025 (road safety strategy) і підкреслює прагнення до найкращих результатів безпеки дорожнього руху для всіх канадських юрисдикцій, провінційних, територіальних чи муніципальних.

Стратегічні цілі є наріжним каменем RSS 2025 і зосереджені на більш безпечних учасниках дорожнього руху, дорожній інфраструктурі та транспортних засобах:

• підвищення обізнаності громадськості та прихильності до безпеки дорожнього руху;

• покращення комунікації, співпраці та співпраці між зацікавленими сторонами;

• удосконалення законодавства та правозастосування; • покращення інформації про безпеку дорожнього руху на підтримку досліджень та оцінки;

• покращення безпеки транспортних засобів та дорожньої інфраструктури;

• використання технологій та інновацій.

Розробка стратегії ґрунтується на наступних ключових керівних принципах: прийняти безпечний системний підхід. Безпечний системний підхід (SSA) є засобом, за допомогою якого багато країн, лідируючих у сфері безпеки дорожнього руху, досягають своїх бачень усунення смертей і серйозних травм.

SSA має такі принципи:

• етика: життя та здоров'я людини є першочерговими та мають пріоритет над мобільністю та іншими цілями системи дорожнього руху (тобто життя та здоров'я ніколи не можуть бути обміняні на інші блага в суспільстві);

• відповідальність: постачальники та регулятори системи дорожнього руху поділяють відповідальність з користувачами;

• безпека: системи дорожнього руху повинні враховувати людські помилки та мінімізувати як можливості для помилок, так і шкоду, заподіяну в разі їх виникнення;

• механізми змін: провайдери та регулятори повинні робити все можливе, щоб гарантувати безпеку всіх громадян; вони повинні співпрацювати з учасниками дорожнього руху; і всі троє повинні бути готові до змін, щоб досягти безпеки.

Визнається, що юрисдикції Канади впроваджуватимуть SSA у спосіб, який відповідає їхньому середовищу.

Тенденція до зниження до нуля RSS 2025 прагне досягти спрямованих тенденцій до зниження кількості смертельних і серйозних травм на основі показників, а не фактичної кількості смертельних випадків і серйозних травм. Ці тенденції вимірюватимуться на національному рівні щорічно з використанням багаторічних ковзних середніх для згладжування короткострокових коливань, оскільки щорічне скорочення може бути непрактичним або недосяжним. Два індикатори, що базуються на показниках, які зазвичай використовуються в міжнародному масштабі, – це кількість смертей і серйозних травм на 100 000 населення (Всесвітня організація охорони здоров'я, 2014) та кількість смертей і серйозних травм на мільярд пройдених кілометрів (Організація економічного співробітництва та розвитку та Міжнародний транспортний форум, 2012) [1, 2].

## Список використаних джерел

1. Стратегії безпеки дорожнього руху ЄС та зарубіжних країн: зб. норм. актів: електрон. вид. / уклад. М. Г. Колодяжний; НДІ вивч. проблем злочинності ім. акад. В. В. Сташиса НАПрН України. – Харків: Право, 2023. – 162 с.

2. Canada's Road Safety Strategy 2025. URL:

https://roadsafetystrategy.ca/web/road-safety-strategy/files/public/docs/RSS-2025-Report-January-2016-with%20cover.pdf

**УДК 625.7-049.5](73)**

## КЕРІВНА ПАРАДИГМА ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ДОРОГАХ США

**А. В. ВОЛОДКЕВИЧ,** студент,
**І. О. КОЛОСОК,** к.пед.н., доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* kolosok@nubip.edu.ua

Майже 95 % транспортних смертей у США трапляються на вулицях, дорогах і автомагістралях, і їх кількість постійно зростає. Рівень смертельних випадків на дорогах на 100 млн миль пробігу суттєво не покращився за останні десять років, а значно зріс у 2020 році. За оцінками, у 2020 році в ДТП загинули 38 680 людей, з яких приблизно 6 236 були пішоходами. З 2015 року щорічна кількість смертельних випадків перевищила 35 000, причому щороку ще мільйони отримують травмування, іноді тяжкі. Дорожньо-транспортні пригоди є основною причиною смерті підлітків в Америці та непропорційно впливають на темношкірих, американських індіанців і мешканців сільської місцевості. За останнє десятиліття (2011-2020 рр.) у Сполучених Штатах у транспортних інцидентах загинули понад 370 000 людей. З них понад 350 тисяч загинуло на дорогах. У 2020 році на дорогах Америки загинули 38 680 людей.

Національна стратегія з безпеки на дорозі Міністерства транспорту США (NRSS) описує комплексний підхід Департаменту до значного зменшення серйозних травм і смертей на автомагістралях, дорогах і вулицях країни. Це перший крок у досягненні амбітної довгострокової мети щодо досягнення нульової смертності на дорогах. Безпека є головним пріоритетом Міністерства транспорту США, і NRSS представляє загальнодепартаментський підхід до роботи з зацікавленими сторонами по всій країні для досягнення цієї мети. NRSS встановлює бачення та цілі щодо безпеки доріг країни, приймає принципи безпечного системного підходу, щоб керувати діями щодо безпеки, і визначає критично важливі дії, які Департамент вживає для досягнення п’яти основних цілей: безпечніші люди, безпечніші дороги, безпечні транспортні засоби, більш безпечна швидкість і допомога після ДТП [1].

NRSS є спільним зусиллям між офісом міністра транспорту та експлуатаційними адміністраціями, чиї ролі та обов’язки включають безпеку на дорозі:

- Федеральне управління автомобільних доріг (FHWA);
- Федеральне управління безпеки автомобільних перевізників (FMCSA);

• Федеральне управління залізниць (FRA);
• Федеральне управління транспорту (FTA);
• Національне управління безпеки дорожнього руху (NHTSA);
• Управління безпеки трубопроводів і небезпечних матеріалів (PHMSA).

Нуль – це єдина прийнятна кількість смертей на наших автомагістралях, дорогах і вулицях. Міністерство транспорту Сполучених Штатів має намір вжити суттєвих комплексних заходів для значного зменшення серйозних і смертельних травм на дорогах країни. Міністерство транспорту США використовує підхід безпечної системи як керівну парадигму для забезпечення безпеки на дорозі. Цей підхід суттєво відрізняється від традиційного підходу до безпеки тим, що він визнає як людські помилки, так і людську вразливість, і розробляє резервну систему для захисту кожного.

Безпечний системний підхід включає такі принципи:

1. Смерть і серйозні травми є неприйнятними. Хоча жодних аварій небажано, безпечний системний підхід надає пріоритет усунення аварій, які призводять до смерті та серйозних травм, оскільки ніхто не повинен відчувати ні те, ні інше під час використання транспортної системи.

2. Люди роблять помилки. Люди неминуче будуть робити помилки та приймати рішення, які можуть призвести або сприяти аваріям, але транспортну систему можна спроектувати та експлуатувати так, щоб врахувати певні типи та рівні людських помилок і уникнути смерті та серйозних травм у разі аварії.

3. Люди вразливі. Люди мають фізичні обмеження для терпіння сил аварії до смерті або серйозних травм; отже, надзвичайно важливо роз- робити та експлуатувати транспортну систему, орієнтовану на людину та враховуючи її фізичну вразливість.

4. Відповідальність розділена. Усі зацікавлені сторони, включно з урядом усіх рівнів, промисловістю, некомерційними/пропагандистськими організаціями, дослідниками та громадськістю, мають життєво важливе значення для запобігання смертельним випадкам і серйозним трав- мам на наших дорогах.

5. Безпека є проактивною. Профілактичні інструменти слід використовувати для виявлення та вирішення проблем безпеки в транспортній системі, а не чекати, коли станеться аварія, і реагувати після цього.

6. Надмірність має вирішальне значення. Зменшення ризиків вимагає зміцнення всіх частин транспортної системи, щоб, якщо одна частина вийшла з ладу, інші частини все одно захищали людей [1, 2].

**Список використаних джерел**

1. National Roadway Safety Strategy. URL: https://www.transportation.gov/NRSS

2. Стратегії безпеки дорожнього руху ЄС та зарубіжних країн: зб. норм. актів: електрон. вид. / уклад. М. Г. Колодяжний; НДІ вивч. проблем злочинності ім. акад. В. В. Сташиса НАПрН України. – Харків: Право, 2023. – 162 с.

**УДК 625.7-049.5](71)**

# СТРАТЕГІЇ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ КАНАДИ

**Р. О. КОНДРАТЮК**, студент,
**І. О. КОЛОСОК**, к.пед.н., доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* kolosok@nubip.edu.ua

Щороку в Канаді близько 2000 людей гинуть і 165000 отримують травмування (10000 – серйозне), користуючись системою автомобільного транспорту, що коштує суспільству 37 млрд дол. (2,2 % ВВП Канади) щорічно. Зменшення кількості постраждалих у ДТП є проблемою, з якою стикається кожна країна світу. Удосконалення дорожньої системи учасників дорожнього руху, інфраструктури та транспортних засобів може зменшити кількість канадців, які загинуть або отримають травми на дорогах. Канада є однією з перших країн у світі, яка прийняла національну стратегію безпеки дорожнього руху, і на сьогодні реалізовано три національні стратегії.

Бачення безпеки дорожнього руху (RSV) 2001 – перша національна стратегія безпеки дорожнього руху Канади, прийнята Радою міністрів, відповідальних за транспорт і безпеку на дорогах, у 1996 році. Прогрес, досягнутий під час RSV 2001, можна виміряти 10 % зниженням кількості смертельних випадків і 16 % зниженням серйозних травм, незважаючи на постійне зростання кількості учасників дорожнього руху. У 2001 році Рада міністрів схвалила другу стратегію, Бачення безпеки дорожнього руху (RSV). Бачення та стратегічні цілі цієї другої стратегії безпеки дорожнього руху ґрунтувалися на RSV 2001, і було прийнято рішення включити загальну національну ціль та підцілі. Кількісні цілі мали надавати зацікавленим сторонам у сфері безпеки дорожнього руху ключові показники безпеки дорожнього руху, за якими можна було б виміряти вплив втручання. Національна ціль передбачала зменшення на 30 % середньої кількості загиблих і тяжко травмованих учасників дорожнього руху протягом періоду 2008–2010 років порівняно з базовими показниками 1996-2001 років. Запропоновані скорочення підцільових показників коливаються від 20 % до 40 % і стосуються конкретних сфер захисту пасажирів, водіїв з порушеннями, безпеки комерційних транспортних засобів, уразливих учасників дорожнього руху, безпеки швидкісного руху та перехресть, сільських доріг, молодих водіїв та водіїв із високим ризиком. Очікувалося, що досягнення цих підцілей призведе до подальшого зниження загальної кількості смертельних випадків на дорогах у Канаді до менш ніж 2 100 до 2010 року. Хоча зниження на 30 % смертельних випадків і серйозних травм не було досягнуто до 2010 року, воно було досягнуто незабаром після цього в 2011 році. Стратегію безпеки дорожнього

руху (RSS) 2015 було започатковано у 2011 році як третю національну стратегію Канади та побудовано на попередньому баченні безпеки дорожнього руху та стратегічних цілях. RSS 2015 по-іншому підійшла до безпеки дорожнього руху, представивши концепцію безпечніших систем як цілісного способу вирішення проблем учасників дорожнього руху, транспортних засобів і дорожньої інфраструктури, і відійшла від встановлення чисельних цілей. Значним зрушенням у цій стратегії стало впровадження системи найкращих практик, що складається з багатокомпонентної матриці ключових груп ризику та сприяючих факторів, а також переліку ініціатив щодо безпеки дорожнього руху, які юрисдикції можуть прийняти для вирішення своїх конкретних юрисдикційних пріоритетів. Канадським юрисдикціям було запропоновано розробити власні плани безпеки дорожнього руху та прийняти заходи з переліку, щоб зменшити кількість смертельних випадків і серйозних травм, для задоволення їх індивідуальних потреб залежно від їх придатності, здійсненності та прийнятності. У 2013 році кількість загиблих і серйозних травм на дорогах Канади зменшилася на 21 % порівняно з базовим періодом 2006-2010 років. Коли враховуються кілометри, пройдені транспортним засобом, зниження рівня смертності та серйозних травм є подібним. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я ООН, країни з найкращими показниками смертності на дорогах становлять близько 5-7 загиблих на 100 000 населення. У 2012 році Канада мала показник 6,0 летальних випадків на 100 000 населення. У 2012 році Канада займала 13-е місце серед країн-членів Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) за кількістю смертельних випадків на мільярд кілометрів шляху. Канада продовжує спостерігати прогрес, і тенденції до зниження кількості смертельних випадків і серйозних травм протягом періоду з 2011 по 2013 роки.

Стратегія безпеки дорожнього руху (RSS, road safety strategy) 2025 є четвертою національною стратегією безпеки дорожнього руху Канади. Оновлена стратегія ґрунтується на принципах, викладених у звіті під назвою "Назустріч нулю: амбітні цілі безпеки дорожнього руху та безпечний системний підхід". Багато країн Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), які мають найкращі показники безпеки дорожнього руху, змоделювали свою ефективність безпеки дорожнього руху на основі цього міждисциплінарного підходу, і він був визнаний найкращою міжнародною практикою безпеки дорожнього руху [1, 2].

**Список використаних джерел**

1. Стратегії безпеки дорожнього руху ЄС та зарубіжних країн: зб. норм. актів: електрон. вид. / уклад. М. Г. Колодяжний; НДІ вивч. проблем злочинності ім. акад. В. В. Сташиса НАПрН України. – Харків: Право, 2023. – 162 с.

2. Canada's Road Safety Strategy 2025. URL: https://roadsafetystrategy.ca/web/road-safety-strategy/files/public/docs/RSS-2025-Report-January-2016-with%20cover.pdf

**УДК 656.11(71)**

# КЛЮЧОВІ ФАКТОРИ, ЩО СПРИЯЮТЬ ДТП У КАНАДІ

**Д. С. РЕКА**, студент,
**І. О. КОЛОСОК**, к.пед.н., доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* kolosok@nubip.edu.ua

Ключові групи ризику та сприяючі фактори були визначені на основі тенденцій, що виникають, а також досліджень і аналізу, проведених протягом останніх трьох стратегій безпеки дорожнього руху Канади.

Основні групи ризику визначаються наступним чином:

- молоді/початківці водії – водії віком до 25 років або мають досвід водіння менше 2 років;
- водії з медичним ризиком – водії з фізичними або когнітивними порушеннями, які впливають на здатність людини безпечно керувати транспортними засобами;
- вразливі учасники дорожнього руху – пішоходи, мотоциклісти, велосипедисти та особи в особистих мобілізованих пристроях (наприклад, моторизовані інвалідні візки та скутери);
- комерційні водії – водії важких комерційних транспортних засобів (наприклад, транспортних засобів понад 4586 кг або пасажирських перевезень);
- водії з високим рівнем ризику – повторні порушники зі зразком незаконної поведінки за кермом (наприклад, повторювані випадки водіння в стані алкогольного чи наркотичного сп’яніння, порушення правил дорожнього руху, участь у зіткненнях або відсторонені/заборонені водії);
- загальне населення – учасники дорожнього руху, які отримують вигоду від стратегій, заходів, правил і законодавства, запроваджених для підвищення безпеки доріг, транспортних засобів і учасників дорожнього руху.

Ключові фактори, що сприяють зіткненню, визначаються наступним чином:

1. Відволікання від водіння – відволікання від водіння виникає, коли увага водія відволікається від завдання водіння другорядними діями (наприклад, прийом їжі, розмова з пасажирами, розмова або надсилання текстових повідомлень по електроніці, комунікаційних пристроях (ECD), такі як мобільні телефони та смартфони).
2. Водіння в стані алкогольного сп’яніння – фізичні або когнітивні порушення учасника дорожнього руху, спричинені вживанням алкоголю.
3. Водіння під впливом наркотиків – фізичні або когнітивні порушення учасника дорожнього руху, спричинені вживанням психотропних препаратів (наприклад, марихуани, ліків, що відпускаються за рецептом, наркотиків тощо).

4. Водії з порушеннями втоми – втома – це загальний стан, спричинений браком сну, часом доби, часом виконання завдань, або одноманітність завдань, що зменшує здатність керувати автомобілем через зміну пильності.

5. Швидкість і агресивні водії – включає рух зі швидкістю, що перевищує встановлені законом обмеження, або занадто швидке водіння для дорожніх умов і поведінки водія, які вважаються незаконними або ви- ходять за межі соціально прийнятних норм, що наражає на небезпеку інших учасників дорожнього руху (наприклад, задній борт, неправильне об'їзд, неподача сигналів, тощо).

6. Непристебнуті пасажири – включає фактори, що стосуються належного використання утримуючих засобів усіма учасниками дорожнього руху (наприклад, ремені безпеки, дитячі сидіння безпеки, додаткові сидіння).

7. Фактори навколишнього середовища – включає фактори, які можуть вплинути на ймовірність або серйозність виникнення ДТП (наприклад, погодні умови, дика природа на дорозі).

8. Дорожня інфраструктура – включає фактори, які можуть вплинути на ймовірність або серйозність виникнення ДТП (наприклад, конфігурація дороги, будівництво дороги, стан дорожнього покриття, дизайн до- роги та узбіччя, освітлення та вказівники).

9. Фактори транспортного засобу – включає фактори, пов'язані з конструкцією транспортного засобу (наприклад, уникнення аварій, ударостійкість), технічне обслуговування, відкликання, післяпродажне обладнання транспортного засобу, комерційні транспортні засоби, незвичайні транспортні засоби, автоматизовані транспортні засоби, нові та перспективні технології транспортних засобів.

Необхідно зазначити, що ці групи ризику та сприяючі фактори можуть суттєво збігатися (наприклад, водії високого ризику та водіння в нетверезому стані), і що їхній пріоритет може змінюватися з часом. Юрисдикції заохочуються відслідковувати проблеми, що виникають, і за потреби вживати відповідних заходів для забезпечення ефективності та інноваційності своїх ініціатив [1, 2].

**Список використаних джерел**

1. Стратегії безпеки дорожнього руху ЄС та зарубіжних країн: зб. норм. актів: електрон. вид. / уклад. М. Г. Колодяжний; НДІ вивч. проблем злочинності ім. акад. В. В. Сташиса НАПрН України. – Харків: Право, 2023. – 162 с.

2. Canada's Road Safety Strategy 2025. URL: https://roadsafetystrategy.ca/web/road-safety-strategy/files/public/docs/RSS-2025-Report-January-2016-with%20cover.pdf

**УДК:658.78:691:656.135**

# ПЕРЕВАГИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

**О. А. ДЬОМІН**, д. пед. н., доцент
**Д. В. БУГАЙ**, магістрант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* domin@nubip.edu.ua

В умовах, коли рашистські безпілотники та ракети різних типів постійно руйнують численні будівлі та завдають значної шкоди майже в усіх регіонах України, автомобільні перевезення будівельних матеріалів до пошкоджених об'єктів набувають особливого значення для принаймні часткового усунення завданих пошкоджень. Для підвищення ефективності таких перевезень все більшого поширення набуває централізація. Це пов'язано з тим, що вона має значні переваги над децентралізованими автомобільними перевезеннями в будівельній галузі. Розглянемо ці переваги детальніше. Зокрема, централізовані автомобільні перевезення будівельних матеріалів мають наступні переваги:

- забезпечення своєчасного отримання підрядниками всіх необхідних матеріалів і будівельних конструкцій від постачальника;
- звільнення від залучення до транспортного процесу експедиторів і вантажників будівельних організацій;
- значне покращення показників ефективності використання вантажного автотранспорту;
- відчутне підвищення продуктивності рухомого складу автомобільного транспорту за рахунок того, що покращується якіснІ експлуатаційні показники його роботи;
- використання більш ефективного спеціалізованого рухомого складу, зокрема вантажних автомобілів та автопоїздів які обладнані кранами-маніпуляторами, що дозволяє значно скоротити час на організацію і проведення вантажно-розвантажувальних робіт, а також підвищити продуктивність вантажних перевезень означених будівельних матеріалів.

Використання причепів для перевезення будівельних матеріалів збільшує продуктивність в 1,7 рази і знижує транспортні витрати на 20-25%. При організації централізованих перевезень автотранспортні компанії доставляють матеріали і конструкції будівельній організації на замовлення постачальника, а постачальник оплачує послуги з експлуатації та перевалки будівельних вантажів. У цьому випадку постачальники зазвичай завантажують і розвантажують будівельні матеріали безпосередньо на власних складах.

**УДК: 629.366:631.559**

# ЗНАЧЕННЯ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ВРОЖАЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

**О. А. ДЬОМІН**, д. пед. н., доцент
**Д. І. ШКАРАНДА**, магістрант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***
*E-mail:* domin@nubip.edu.ua

При здійсненні транспортування сільськогосподарської продукції в рослинництві, особливо технологічних перевезень врожаю сільськогосподарських культур, дуже важливо враховувати специфіку роботи систем масового обслуговування на місцях збору врожаю для культур, які вимагають дуже стислих термінів збирання. Прикладами таких культур є: зернові (озима пшениця, яра пшениця, жито, просо, ячмінь тощо) та просапні культури (особливо цукровий буряк).

Наприклад, період збирання озимої пшениці становить 7-12 днів. Тому все зібране зерно має бути доставлене за цей короткий період до приймального пункту, де повністю виключені затримки транспортних засобів (черги) понад термін, необхідний для зважування та розвантаження врожаю.

Для забезпечення цієї умови перед вибором технології транспортного обслуговування збиральної техніки, необхідно чітко прорахувати чи відповідає обрана технологія обслуговування транспортних засобів, які завжди прибувають до пункту прийому, необхідним умовам уникнення зайвих затримок і, зокрема, забезпечити уникнення створення черг. Для вирішення цього важливого організаційного аспекту необхідно ознайомитися з різними типами моделей систем уникнення черг, вибрати ті з них, які ефективно спрацюють в даних умовах, і освоїти розрахунок основних показників, які безпосередньо впливають на насиченість обраної системи.

Модель масового обслуговування розраховує оптимальну кількість точок обслуговування клієнтів/замовлень (серверів) для мінімізації бізнес-витрат. При цьому враховується середня швидкість прийняття замовлень, середній рівень обслуговування, вартість очікування замовлень (незадоволений попит) та витрати на утримання пунктів обслуговування транспортних засобів. Модель управління чергою враховує ключові показники ефективності, такі як: 1) довжина черги, 2) час обслуговування і 3) час очікування, а також 4) ймовірність виникнення затримок.

Серед завдань управління чергами слід виділити визначення необхідної кількості пунктів обслуговування для задоволення очікуваного попиту, а також ефективності та кількості одночасних пунктів обслуговування, які необхідно обладнати для ефективної роботи зерно приймальних станцій.

**УДК 656.076:001.895**

# ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ВПРОВАДЖЕННЯМ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Д. П. КОСЯКЕВИЧ**, асп., **С. В. ЛИСЕНКО**, к.т.н., доц.
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
**І. Б. ГЕВКО**, д.т.н., проф.
***Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя***
*E-mail:* SV07091976@gmail.com

Удосконалення організації виробництва з ТО і Р парків ТЗ з метою підвищення їх продуктивності значною мірою залежить від покращення використання потенціалу наявних засобів механізації за рахунок скорочення часу простоїв, і в першу чергу, за рахунок знаходження в ТО і Р. Вирішення цієї проблеми можливе лише з використанням системного підходу, заснованого на розгляді взаємопов'язаних об'єктів як єдиної системи. У свою чергу в основі системного підходу лежить системний аналіз, основна процедура якого - побудова узагальненої моделі системи, що відображає взаємозв'язок та взаємовплив окремих складових системи. В роботі використані економіко-математичні методи системного аналізу, що ґрунтуються на математичній статистиці та теорії ймовірностей.

Підвищення ефективності використання транспортних парків неможливе без розгляду питань удосконалення управління їх технічним станом та функціонуванням, так як ефективність роботи керованого об'єкта залежить від кількості та достовірності інформації, її обробки, системи рішень та дій. Система ТЗ, реалізована через створення парків транспортних і технологічних засобів, сприймається як складна технічна система, що є безліч взаємодіючих елементів, які можуть бути охарактеризовані певними ознаками.

В роботі проведено аналіз стану парків транспортних засобів та розроблено основні напрямки та заходи підвищення ефективності їх технічного обслуговування та ремонту. Розроблено математичні моделі визначення оптимальної періодичності проведення контрольно-діагностичних та ремонтно-обслуговуючих впливів з урахуванням критеріїв якості функціонування парків транспортних засобів. Встановлено структуру та кількісні параметри об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів. Сформовано раціональну структурну модель та інформаційне забезпечення системи моніторингу та управління технічним станом парків транспортних засобів. В роботі обґрунтовано системоутворюючі принципи формування парків транспортних засобів та сформульовано основні положення побудови інноваційної системи управління виробництвом з технічного обслуговування та ремонту парку транспортних засобів.

Розроблено комплекс математичних моделей інноваційної об'єктно-

орієнтованої системи контрольно-діагностичних та ремонтно-обслуговуючих впливів з урахуванням критеріїв якості функціонування парків транспортних засобів. Встановлено кількісні зв’язки параметрів інноваційної об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів.

В роботі виявлені результати досліджень, які мають практичну спрямованість:

- скорочено кількість ремонтно-обслуговуючих впливів, знижено час простою засобів у технічному обслуговуванні та пошуку дефектів транспортних засобів за рахунок застосування інноваційної об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів;

- застосовано систему моніторингу для прогнозу технічного стану парку машин та вироблення обґрунтованих управлінських рішень з метою покращення непродуктивних матеріальних та трудових витрат;

- розроблено методику періодичності технічного обслуговування за інноваційною системою технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів.

**Список використаних джерел**

1. Аулін В.В. Обгрунтування критеріїв інформативності і відносної чутливості діагностичних параметрів технічного стану трибосистем агрегатів транспортних машин / В.В. Аулін, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, А.Є. Чернай, Т.М. Замота // Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2018. – №3 – С.23-32.

2. Аулін В.В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки / В.В. Аулін, А.В. Гриньків // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. – 2016. – №2 (77). – С.36-41.

3. Аулін В.В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удосконалення стратегій технічного обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки / В.В. Аулін, А.В. Гриньків // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/. – вип. 28. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С 126-131.

4. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Лівіцький О.М. Підвищення ефективності використання транспортних машин у агропромисловому виробництві узгодженням їх експлуатаційних характеристик та умов функціонування. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6(37) ч.II. С.45-57.

5. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.

**УДК 629.33**

# КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ВЕЛИКОВАГОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНИХ І БЕЗПЕЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

**В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф., **О. М. ТЕРТИЦЯ**, асп., **Т. М. НАДИЧ**, асп.
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
*E-mail:* AulinVV@gmail.com

Обґрунтування та вибір типу великовагових транспортних засобів (ВТЗ) для ефективного і безпечного перевезення готової продукції підприємства ґрунтуються на необхідності запропонування підходів, методів та інструментів, які дозволять отримати максимальну ефективність транспортної складової при стабільному та керованому ланцюгу постачань продукції. При цьому за неправильну вказівку ваги та за перевищення допустимої маси та габаритів ВТЗ, навантаження на вісь ВТЗ, юридичними особами або індивідуальними підприємцями, що здійснювали навантаження вантажу на ВТЗ, передбачені штрафні санкції. Тому важливим є вирішення завдання вибору ВТЗ, формування структури оцінюючих критеріїв та впорядкування ВТЗ для перевезень готової продукції підприємства.

В даній роботі обґрунтовано критерії і моделі вибору великовагових транспортних засобів для ефективних і безпечних перевезень готової продукції підприємства з врахуванням перевантажень та варіантів розміщення вантажів.

Обґрунтовано сукупність технічних, організаційних та економічних (ринкових) оціночних критеріїв для формування вихідної множини альтернативних варіантів великовагових транспортних засобів ефективності перевезень.

Виявлено можливі варіанти використання з урахуванням граничних навантажень на вісь та повної ваги великовагових транспортних засобів.

Проведена оцінка та проаналізовано розміри шкоди від перевищення допустимих осьових навантажень та від перевищення значень допустимої маси, оціночні критерії вибору великовагових транспортних засобів з метою оцінки ефективності перевезень готової продукції підприємства.

Розроблено основні етапи вирішення проблеми вибору ВТЗ для ефективного та безпечного транспортування готової продукції підприємства:

Етап 1. Формування вихідної множини альтернативних варіантів ВТЗ та сукупності критеріїв для оцінки ефективності перевезення готової продукції підприємства. Етап 2. Формування структури переваг оціночних критеріїв для певного типу ВТЗ перевезення готової продукції підприємства з урахуванням навантаження на вісь ВТЗ і безпеки перевезень. Етап 3. Формування впорядкованої множини ВТЗ для перевезення готової продукції підприємства з оцінкою заподіяної шкоди при перевищенням допустимого навантаження на

вісь та перевищення маси в цілому.

У рамках першого етапу вибір ВТЗ відбувався на підставі наступних груп критеріїв: Група 1. Технічні особливості рухомого складу та вагових параметрів ВТЗ (технічні критерії). Група 2. Розташування вантажу в кузові, збереження вантажу при транспортуванні, безпеки вантажно-розвантажувальних операцій (організаційні критерії). Група 3. Поєднання потенційних технічних та технологічних інтересів з можливостями ринку автотранспортних послуг (економічні (ринкові) критерії).

Результатом вирішення завдання вибору на основі сформованої сукупності оціночних критеріїв та визначення розмірів шкоди від перевищення допустимих осьових навантажень та від перевищення значень допустимої маси вантажівки, як пріоритетні ВТЗ для перевезення готової продукції підприємства були визначені наступні варіанти:

– п'ятивісний автопоїзд у складі двовісного сідельного тягача з колісною формулою 4х2 та тривісного напівпричепа ("єврофура");

– шестивісний автопоїзд у складі тривісного сідельного тягача та тривісного напівпричепа;

– самоскидний автопоїзд у складі двовісного сідельного тягача з колісною формулою 4х2 та тривісного напівпричепа.

Запропоновано три групи критеріїв для вибору можливих варіантів великовагових транспортних засобів для перевезення готової продукції підприємства: технічні, організаційні, економічні (ринкові).

Побудована вихідна множина можливих варіантів використання великовагових транспортних засобів для перевезення готової продукції підприємства із зазначенням граничного навантаження на вісь при повному завантаженні транспортного засобу та його повна вага.

Визначено варіанти та способи розміщення вантажу в кузові великовагових транспортних засобів (автопоїзду), навантаження на вісі та дано оцінку щодо допустимості їх для безпечності перевезень вантажів, зафіксовано факти перевантаження по ведучим осям та групі осей причіпних при повному завантаженні автопоїзду.

Проведені дослідження розмірів шкоди при перевищенні значень допустимих осьових перевантажень на одну вісь і шкоди при перевищенні значень допустимої маси на кожні 100 кілометрів перевезень вантажів для кожного варіанту великовагових транспортних засобів. За результатами досліджень побудовані регресійні залежності можливих транспортних засобів від перевищення допустимих осьових навантажень та від перевантаження значень допустимої маси транспортного засобу.

Сформульована сукупність оціночних критеріїв (технічні, організаційні, економічні (ринкові)) з метою оцінки ефективності перевезення готової продукції підприємства великоваговими транспортними засобами. На основі цього здійснювали впорядкування великовагових транспортних засобів для перевезення продукції підприємства ЗАТ "Кіровоградграніт". В результаті з дев'яти можливих варіантів запропоновано три найбільш ефективні.

**УДК 656.076:631.37**

# ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

**А. М. ЗАЙЦЕВ**, асп., **В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф.,
**С. В. ЛИСЕНКО**, к.т.н., доц., **О. М. ЛІВІЦЬКИЙ**, к.т.н.
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
*E-mail:* SV07091976@gmail.com

Враховуючи те, що в собівартості сільськогосподарської продукції значну частку (20% і більше) складають витрати на навантажувально-розвантажувальні і транспортні процеси , стає актуальною проблема підвищення ефективності транспортного забезпечення галузі. Актуальність проблеми підсилюється необхідністю скорочення втрат сільськогосподарської продукції внаслідок подовження агротехнічних термінів збирання врожаю, в т.ч. і через простій збиральної техніки по транспортним причинам, а також зменшення втрат від надзвичайного ущільнення ґрунту під впливом ходової системи сільськогосподарської і транспортної техніки.

Зниження затрат і усунення зазначених негативних факторів при їх виконанні можливо на основі застосування високоефективних транспортних технологій і високопродуктивних технічних засобів нового покоління.

Найбільш перспективним науковим напрямком радикального рішення проблем підвищення ефективності транспортного забезпечення виробництва сільськогосподарської продукції є використання методів транспортної логістики.

Проблема оптимальної побудови інноваційних технологій і ефективне використання технічних засобів транспортної логістики в технологічному процесі виробництва сільськогосподарської продукції цілком затребуване сільськогосподарською наукою та аграрною практикою і відповідає цілям реформування продовольчого комплексу України.

Встановлено, що важливою особливістю транспорту на рівні сільськогосподарського підприємства є його тісний зв'язок із виробництвом. Виявлено 3 стадії взаємозв'язку транспорту і виробництва. Встановлена специфіка транспорту, яка полягає в тому, що він є продовженням процесу виробництва в межах процесу обігу.

Основою системи транспортного обслуговування є парк транспортних засобів в залежності від пристрою кузовів та інших специфічних характеристик, що відзначають можливості його цільового використання, ділять на транспорт загального призначення та спеціалізований транспорт. Проаналізовано склад і структура парку транспортних засобів (ТЗ), які

визначають виходячи зі спеціалізації та виробничого спрямування СГП, умов здійснення перевезення, розвитку транспортної мережі.

З'ясовано, що система транспортного забезпечення заснована на реалізації транспортних процесів. Виділені основні елементи транспортних процесів та основні варіанти їх організації. Розроблено блок-схему системи організації транспортного обслуговування СГП. Виділені основні принципи оцінки конкурентоспроможності автотранспортних послуг в агропромисловому комплексі.

З точки зору організації, виділена сукупність властивостей системи транспортного забезпечення та внутрішньогосподарські і поза господарські вантажні перевезення у сільському господарстві. Визначено, що для оцінки ефективності використання транспорту існує ціла система показників , включає також систему технічного обслуговування і ремонту, диспетчерська служба і служба управління транспортом на основі ГІС-технологій, служба логістики.

Визначено, що сільське господарство є галуззю, яка потребує використання у процесі виробництва високоефективних технологій задля забезпечення конкурентоспроможного вироблення продукції. Дано характеристику логічного ланцюга товарного та інформаційного потоків на сільськогосподарському підприємстві. Показано, що основу формування логістичних ланцюгів в агропромисловому комплексі (АПК) визначають макроекономічні показники. Визначено рівень розвитку логістичного обслуговування із системою зберігання сільськогосподарської продукції, наявність та якість транспортних комунікацій, що визначають схеми доставки продукції.

Сформульовані вимоги до планування виробничих процесів на сільськогосподарських підприємствах, а також виділені загальноекономічні принципи планування. Розроблено методику планування системи транспортного забезпечення суб'єкта господарювання аграрної сфери. Розглянуто основні етапи планування системи транспортного забезпечення в агропромисловому виробництві (АПВ).

Розглянуто інформаційне забезпечення управління транспортним обслуговуванням суб'єктів господарювання в АПК. Зазначено, яка необхідна інформація, яка має бути об'єктивною та достатньою для прийняття управлінського рішення. Зазначено, що автоматизація обліку витрат на виробництво автотранспортних послуг та обліку основних засобів, що вплине на підвищення ефективності виробництва в цілому по підприємству.

Охарактеризовано існуючу систему моніторингу і контролю автотранспорту на СГП. Визначено основні завдання і можливості системи та програмне забезпечення. Визначено загальну ефективність впровадження системи моніторингу в с/г підприємстві та її складові 1-го, 2-го та 3-го родів. Показано, що найбільший ефект економії коштів досягається в перші 2-3 роки експлуатації системи моніторингу і контролю.

Найбільший за інтенсивністю та витратами потік вантажів у сільському господарстві характерний для збирального технологічного циклу. Тому

ефективність технологій та конкурентоспроможність продукції багато в чому залежить від якості побудови збирального транспортного циклу.

При обслуговуванні зернозбиральних комбайнів, що працюють на полях типової сівозміни, суворо приписаними транспортними засобами собівартість перевезення зерна знижується в міру підвищення одиничної вантажопідйомності, наприклад, автомобіля. При знеособленому обслуговуванні комбайнів, що працюють на одному полі (кожен у своїй загінці), витрати ТЗ знижуються до 10%. При цьому за рахунок деякого зниження часу на очікування навантаження добове вироблення ТЗ зростає, тому групове використання комбайнів ефективніше.

Використання закритої математичної моделі в транспортній логістиці дозволяє визначити витрати на транспортування як добової маси, що намолочується комбайнами, так і сумарні (сезонні) витрати на транспортування зерна від комбайнів на струм і отримати при цьому задовільне рішення транспортної задачі для різних варіантів використовуваних транспортних засобів.

Традиційні схеми транспортування зерна з поля пов'язані з високими витратами праці та капіталу у зв'язку з підвищеними витратами часу зміни очікування завантаження ТЗ. Це особливо стосується використання транспортних засобів високої вантажопідйомності.

Для зниження транспортних витрат, особливо для ТЗ підвищеної вантажопідйомності, необхідний пошук рішень, що забезпечують зниження витрат часу на очікування навантаження зерна від комбайнів за рахунок вдосконалення організаційної форми збирально-транспортного циклу, використання перевалочної технології переміщення зерна на плечі "комбайн - тік " та створення для цієї технології ТЗ із системою "мультиліфт".

Використання перевалочної технології при збиранні зернових дозволяє зменшити сукупні транспортні витрати у віртуальному сільськогосподарському підприємстві в 1,7 рази. Тобто, отримати економію у сумі 53,1 грн. на 1 га посіву зернових культур чи знизити собівартість 1 т зерна на 18 грн.

Агротехнічні, технічні, кадрові, економічні та ін. параметри технологій виробництва сільськогосподарської продукції необхідно доповнити транспортною логістикою, що включає:

– для екстенсивних агротехнологій виробництва продукції технічні засоби I-II поколінь;

– нормальних технологій – технічні засоби III-го покоління, тобто ТЗ доповнені автомобілями вищої вантажопідйомності при групових методах використання;

– для інтенсивних технологій високо енергонасичені технічні засоби IV покоління, доповнені змінними кузовами, накопичувачами та мультиліфтами, як правило, при групових методах їх використання на базі перевалочних транспортних транспортних засобів;

– для високих агротехнологій – високі транспортні технології, що включають технічні засоби, що адаптуються, що сполучаються з навігаційними

автоматизованими супутниковими системами тип GPS.

Концептуально у високих транспортних технологіях сільського господарства повинні використовуватися сучасні досягнення інформаційних технологій та космомоніторингу для забезпечення ефективного управління процесами транспортування сільськогосподарської продукції у єдності з процесом її виробництва. Для цих цілей доцільно використовувати евристичні, математичні, інтерактивні та комбіновані методи визначення комбінації транспортних засобів, часу та відстані доставки продукції при мінімальних витратах на основі схеми транспортної мережі, даних про попит на відвантаження та доставку та характеристики оперативної діяльності.

Головним завданням при створенні транспортної логістики в технологіях виробництва сільськогосподарської продукції слід вважати підвищення продуктивності праці в транспортній системі галузі як основної мети її технологічної та технічної модернізації та забезпечення конкурентоспроможності продукції. При цьому продуктивність праці слід визначати як обсяг (вартість) перевезеної продукції одним водієм транспортного засобу за виробничий цикл, який відображає вплив технологій транспортування та техніки, що найбільш органічно вписуються у вимоги інтенсивних технологій виробництва продукції та відповідають вимогам цих технологій щодо ефективності використання техніки, праці та інших ресурсів інтенсифікації.

Технологічний процес виробництва сільськогосподарської продукції може бути продуктивним тільки при гармонійній взаємодії у складі машинно-технологічного комплекту (МТК) двох активних засобів виробництва (сільськогосподарського агрегату (СГА, що складається, як правило, з мобільного енергетичного засобу та технологічної машини) та ТЗ, що працюють у двох напрямках: у процесі вирощування врожаю від складу до поля ("штовхаючий" режим), а при прибиранні – з поля складу ("тягучий" режим). ТЗ по взаємодії з СГА слід поділити на ТЗ із жорстким зв'язком із СГА та ТЗ із пульсуючим зв'язком із СГА; ТЗ, що впливає на СГА точково або постійно, за наявності бункера у СГА або його відсутності.

Транспортні засоби, що включають транспортний енергетичний засіб (ТЕС – найдорожча частина ТЗ) і набір до нього адаптерів, кожен з яких призначений для виконання конкретної транспортної операції в агротехнологіях, у сукупності є новий тип ТЗ – адаптивний транспортний засіб (АТЗ).

Запропонований типаж ТЗ, що складається з чотирьох класів машин (легкий, середній, важкий та особливо важкий), побудований на класичній основі та за типом технологічної адаптації і дозволяє сформувати ефективні транспортні технології під час виробництва продукції рослинництва.

**УДК 656.07:005.334**

# СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ НЕСХОРОННИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НАФТОПРОДУКТІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

**Д. О. КУЛЬОВА**, д.філософ., **С. В. ЛИСЕНКО**, к.т.н., доц.,
**О. М. ЛІВІЦЬКИЙ**, к.т.н., **Д. В. ГОЛУБ**, к.т.н., доц.
***Центральноукраїнський національний технічний університет***
*E-mail:* AulinVV@gmail.com

У сучасних умовах зростання обсягів перевезень небезпечних вантажів автомобільним транспортом питання забезпечення їх схоронності набуває важливого значення. В Україні з нафтобаз до автозаправних станцій (АЗС) транспортуються основні види нафтопродуктів, які користуються попитом серед споживачів. До бензинів належать марки А-92, А-95 та А-95 з присадками. Бензин А-92, з октановим числом 92, використовується для автомобілів із середніми вимогами до якості пального, забезпечуючи належну роботу двигуна. Бензин А-95 є більш ефективним, рекомендованим для сучасних інжекторних двигунів завдяки його покращеним динамічним характеристикам. Особливе місце займає бензин А-95 з присадками, який містить спеціальні добавки, що покращують мийні, антифрикційні та антикорозійні властивості, підвищуючи ефективність роботи двигуна.

Дизельне паливо представлено двома основними категоріями: стандартним дизельним паливом та паливом із покращеними характеристиками. Стандартне дизельне паливо використовується для більшості транспортних засобів (ТЗ) із дизельними двигунами, забезпечуючи їх стабільну роботу. Покращене дизельне паливо містить спеціальні присадки, які сприяють ефективнішому згорянню, знижують рівень викидів та підвищують стійкість роботи двигуна в умовах підвищених навантажень або екстремальних температур.

Врахування потенційно небезпечних властивостей нафтопродуктів є важливим з точки зору оцінювання ризиків та розробки заходів забезпечення схоронності під час їх транспортування.

В роботі оцінювали ризики перевезення нафтопродуктів від нафтобази до АЗС автомобільним транспортом, що забезпечує визначення пріоритетності кожного окремого ризику і розробку заходів їх мінімізації.

Ідентифіковано основні ризики та причин несхоронності нафтопродуктів під час транспортування. Проведено оцінювання ризиків з застосуванням методу експертних оцінок. Розроблено рекомендації по мінімізації оцінених ризиків для нафтопродуктів.

Аналіз отриманих результатів по кожному з ризиків дозволив розробити і запропонувати заходи щодо підвищення безпеки транспортування, спрямованих на зменшення ймовірності виникнення ризикових подій та мінімізацію їх наслідків.

Для мінімізації ризику вибуху через утворення електростатичного заряду необхідно проводити заземлення цистерн і обладнання: використанням заземлювального ланцюга, контролем швидкості наливу рідин для уникнення надмірного накопичення зарядів, а також додаванням антистатичних добавок до нафтопродуктів. Заземлювальний ланцюг є обов'язковим елементом безпеки, оскільки він забезпечує безперервне відведення електростатичного заряду під час руху ТЗ, а також під час навантаження та розвантаження нафтопродуктів.

Під час транспортування водій повинен суворо дотримуватися правил дорожнього руху, зокрема уникати ризикованих маневрів, таких як обгін, оскільки це створює додаткову небезпеку для ТЗ, що перевозить легкозаймисті матеріали. Дотримання безпечної швидкості, вибір оптимального маршруту, уникнення перевантаження, правильне маркування ТЗ є необхідними умовами для мінімізації ризику витоку нафтопродуктів через механічні пошкодження цистерн під час ДТП.

З метою запобігання витіканню нафтопродуктів через порушення герметичності шлангів і з'єднань під час наливно-розливних операцій важливо застосовувати високоякісне обладнання, стійке до механічних пошкоджень, регулярно здійснювати огляд і технічне обслуговування, а також своєчасно проводити їх заміну. Крім того, слід впроваджувати системи автоматичного блокування операцій для зниження ризику аварійних ситуацій.

Перед початком наливу потрібно перевіряти чистоту цистерни, щоб уникнути зниження якості продукту, можливого забруднення або хімічної реакції з залишками попереднього вантажу.

Щоб зменшити ризик витікання нафтопродуктів внаслідок небажаного руху ТЗ потрібно контролювати його нерухомість за допомогою стоянкового гальма і додаткових фіксуючих пристроїв (наприклад підкладок під колеса).

Для мінімізації втрат вантажу через випаровування, спричинені негерметичністю цистерни або системи з'єднань, необхідно регулярно перевіряти герметичність обладнання, використовувати високоякісні ущільнювачі та дотримуватися вимог технічного обслуговування. Також важливо застосовувати системи контролю тиску та температури, щоб запобігти надмірному утворенню парів.

Для зменшення ризику розкрадання вантажу третіми особами або нечесним персоналом під час зупинок доцільно використовувати сучасні системи моніторингу та охорони, такі як GPS-трекери, датчики відкриття люків, а також відеоспостереження. Крім цього, на АЗС слід здійснювати перевірку якості нафтопродукту шляхом використання метроштоку зі спеціальною пастою (перевірка цистерни на наявність води, яку може залити в цистерну водій з метою розкрадання).

Отримані результати дослідження можуть слугувати основою для розроблення комплексної стратегії управління ризиками, що сприятиме підвищенню рівня безпеки та схоронності нафтопродуктів на всіх етапах транспортування.

Визначено основні зовнішні і внутрішні фактори, які впливають на схоронність перевезення нафтопродуктів автомобільним транспортом. Виявлено, що до внутрішніх факторів відносяться властивості даних вантажів, які несуть в собі потенційну небезпеку та вступають у взаємодію із навколишнім середовищем.

Проведено ідентифікацію основних ризиків та причин несхоронності нафтопродуктів на етапах транспортування (навантаження, перевезення, розвантаження) від нафтобаз до автозаправних станцій.

Проведено оцінювання ризиків із застосуванням методу експертних оцінок. Встановлено, що найбільшу величину мають ризики: вибух вантажу через утворення електростатичного заряду під час наливно-розливних операцій або руху транспортного засобу (74,95); витік нафтопродуктів через механічні пошкодження цистерни спричинені дорожньо-транспортними пригодами (69,13) та через порушення герметичності шлангів і з'єднань під час наливно-розливних операцій (56,00). Середнє значення ризику мають зниження якості через наявність залишків попередніх вантажів або сторонніх речовин у цистернах (44,24) та витік унаслідок небажаного руху транспортного засобу під час виконання наливно-розливних операцій (39,83). Найменше значення ризику у причин втрати вантажу через випаровування, спричинені негерметичністю цистерни або системи з'єднань (26,49) і розкрадання вантажу третіми особами або нечесним персоналом під час зупинок (26,27).

На основі результатів дослідження розроблено комплекс рекомендацій для мінімізації вибраних ризиків перевізного процесу для нафтопродуктів автомобільним транспортом.

**Список використаних джерел**

1. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч.II. 205-213.

2. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. 370 с.

3. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. 503 с.

4. ДСТУ IEC/ISO 31010:2013. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику. (IEC/ISO 31010:2009, IDT), Мінекономрозвитку України. Київ, 2015. 73 с.

5. Guo J., Luo C. Risk assessment of hazardous materials transportation: A review of research progress in the last thirty years. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). 2022. Vol. 9, Issue 4. P. 571-590.

# *Секція 10 «Надійність техніки і технологічного обладнання (постійно діюча секція для здобувачів вищої освіти)»*

# ЕКОНОМІЧНІ НАСЛІДКИ ЗМІН КЛІМАТУ ТА АДАПТАЦІЙНІ СТРАТЕГІЇ ДЛЯ АГРАРНОГО БУДІВНИЦТВА

**В. МЕЛЬНИК,** кандидат економічних наук, доцент,
**А. КОМАРОВ,** студент магістратури
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

З урахуванням сучасних тенденцій глобальних кліматичних змін можна стверджувати, що трансформації кліматичних умов виступають як один із найважливіших викликів сучасності, що мають вплив на всі сфери життєдіяльності, зокрема на аграрний сектор. Підвищення температурних режимів, модифікація режиму опадів та зростання частоти екстремальних метеорологічних явищ створюють суттєві ризики для аграрного будівництва. Ці кліматичні зрушення безпосередньо впливають на аграрну інфраструктуру через низку чинників, зокрема деградацію будівельних конструкцій, зміну нормативних вимог до проєктування, зростання витрат на забезпечення енергоефективності, підвищення собівартості матеріалів і будівельних робіт, а також посилення ризиків, пов’язаних з водопостачанням.

Частота виникнення екстремальних погодних явищ, таких як повені, посухи, урагани та градові дощі, зростає, що може призводити до руйнування аграрних споруд – складів, теплиць, комплексів для утримання тварин та систем іригації. Це, у свою чергу, вимагає значних додаткових фінансових витрат на ремонтні роботи або відновлення пошкодженої інфраструктури. Підвищені температурні режими та зміни режиму опадів обумовлюють необхідність перегляду стандартів проєктування аграрних об’єктів, адже зростають вимоги до систем вентиляції та охолодження приміщень, що використовуються для зберігання продукції або утримання тварин.

Адаптація до нових кліматичних умов супроводжується збільшенням споживання енергії для регулювання температури в аграрних спорудах, що веде до зростання експлуатаційних витрат і стимулює впровадження інноваційних енергоефективних технологій, а також використання альтернативних, зокрема відновлюваних, джерел енергії. Оскільки традиційні будівельні системи можуть виявитися недостатньо адаптованими до сучасних кліматичних викликів, необхідність застосування новітніх технологічних рішень і використання більш стійких матеріалів зростає, що, в свою чергу, призводить до збільшення інвестиційних витрат на нове будівництво та реконструкцію існуючих об’єктів.

Крім того, коливання вологості та температурного режиму можуть негативно впливати на експлуатаційні характеристики та довговічність будівельних матеріалів, що спричиняє прискорене зношування та потребує частішого проведення технічного обслуговування. Модифікація режиму опадів і регулярні посухи зменшують доступність водних ресурсів для сільськогосподарських потреб, що обумовлює необхідність інвестування в системи зберігання та раціонального розподілу води.

У світовій практиці розроблено та впроваджується низка адаптаційних заходів, спрямованих на мінімізацію негативних наслідків кліматичних змін та забезпечення стійкості аграрного будівництва, які можуть бути імплементовані і в будівельні процеси та технології України. Застосування матеріалів і технологій, стійких до екстремальних метеорологічних умов, сприяє зниженню ризиків пошкодження інфраструктури, що реалізується через використання антикорозійних покриттів, посилених конструкцій та водонепроникних матеріалів. Одним із напрямків адаптаційної стратегії є інтеграція кліматичних ризиків на етапі планування проєктів, що включає аналіз прогнозованих змін клімату, потенційних загроз (зокрема, ризик затоплень або геологічних зсувів) та вибір оптимальних локацій для будівництва нових об'єктів.

Важливим аспектом є також впровадження енергоефективних рішень, зокрема застосування сучасних систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, а також використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі чи біогазові установки, що дозволяє знизити залежність від традиційних енергоресурсів та оптимізувати експлуатаційні витрати. Розроблення та впровадження систем збору та накопичення дощової води, впровадження технологій крапельного зрошення та інших методів управління водними ресурсами спрямована на забезпечення стабільного водопостачання навіть у періоди посух.

Оперативне реагування на потенційні загрози та впровадження превентивних заходів для захисту аграрної інфраструктури забезпечується завдяки сучасним системам моніторування метеорологічних умов і прогнозування кліматичних змін.

Таким чином, кліматичні зміни є значним викликом для аграрного будівництва, оскільки вони впливають на економічні аспекти та стійкість сільськогосподарської інфраструктури. Впровадження комплексних адаптаційних стратегій, спрямованих на підвищення стійкості та ефективності аграрних споруд, є необхідною умовою для забезпечення продовольчої безпеки та сталого розвитку аграрного сектору в умовах динамічних кліматичних змін.

**Список використаних джерел**

1. Вплив кліматичних змін на агрономію: оцінка та заходи адаптації. URL: https://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/137_2024/62.pdf

2. Мінагрополітики працює над адаптацією агросектору до змін клімату. URL:https://www.kmu.gov.ua/news/minahropolityky-pratsiuie-nad-adaptatsiieiu-ahrosektoru-do-zmin-klimatu

3. Зміна клімату та продуктивність сільського господарства: економічні наслідки для продовольчої безпеки. URL:https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/tom-27-12-2024/zmina-klimatu-ta-produktivnist-silskogo-gospodarstva-ekonomichni-naslidki-dlya-prodovolchoyi-bezpeki

# СУЧАСНІ ФІНАНСОВІ ІНСТРУМЕНТИ ОНОВЛЕННЯ ОСНОВНИХ ЗАСОБІВ ПІДПРИЄМСТВА

**Д. С. РАДІОЛА,** студент магістратури,
**В. І. МЕЛЬНИК,** кандидат економічних наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

У сучасному бізнес-середовищі використання новітніх цифрових технологій є одним із ключових факторів успіху. Принцип «найбільша ефективність за найменших витрат» диктує необхідність автоматизації, оптимізації логістики та впровадження програмного забезпечення (ПЗ) для управління процесами. Однак висока вартість розроблення та впровадження таких технологій ставить малий і середній бізнес (МСБ) у вкрай невигідне становище у порівнянні з великими корпораціями щодо подолання цифрового бар'єра та його впливу на конкурентоспроможність підприємств транспортної галузі.

Інноваційні технології, такі як системи управління транспортом (TMS), ERP-рішення та алгоритми оптимізації маршрутів, значно підвищують ефективність роботи компаній. Вони дозволяють мінімізувати витрати на пальне, скорочувати холості пробіги та покращувати обслуговування клієнтів. Наприклад, дослідження показують, що впровадження TMS дозволяє знизити логістичні витрати на 15-25%. Водночас такі системи вимагають значних фінансових вкладень, що робить їх недоступними для багатьох МСБ.

Логістика є однією з найбільш ресурсомістких сфер, де МСБ постають перед труднощами у впровадженні технологій. Автоматизація складів, контроль запасів, GPS-моніторинг транспорту – це лише деякі з рішень, які здатні значно покращити ефективність, але потребують серйозних інвестицій. У результаті великі компанії мають конкурентну перевагу, тоді як менші підприємства змушені працювати за застарілими моделями управління, що призводить до втрати позицій на ринку.

Головною перепоною для широкого впровадження цифрових технологій у МСБ є їхня вартість. Купівля ліцензійного ПЗ, його підтримка, навчання персоналу та оновлення систем можуть коштувати десятки або сотні тисяч доларів на рік. Альтернативою може бути використання хмарних рішень та SaaS (Software as a Service), що дозволяє зменшити первинні витрати, але водночас створює постійні фінансові зобов’язання.

Розв’язанням проблеми може стати розвиток open-source ПЗ, що дозволяє підприємствам заощаджувати на вартості ліцензій. Також важливу роль можуть відігравати державні програми підтримки цифровізації, гранти та кредити на впровадження інновацій. Однак навіть ці заходи не завжди можуть повністю розв’язати проблему через високу вартість адаптації технологій під специфічні потреби підприємств. Для подолання цього бар'єру можуть бути використані різноманітні фінансових інструментів, такі як короткострокові та довгострокові кредити або розстрочки, надані безпосередньо постачальниками ПЗ.

Прикладами запровадження таких інструментів у аграрному секторі може слугувати онлайн-сервіс агророзстрочки WEAGRO, який надає фермерам можливість купувати необхідні товари та послуги з відстрочкою платежу та Програма «Доступні кредити 5-7-9%», створена як державна ініціатива, що надає пільгові кредити для МСБ на придбання та модернізацію основних засобів, зокрема ПЗ.

**Список використаних джерел**

1. MARKETING AND LOGISTICS IN THE MANAGEMENT SYSTEM: CHALLENGES OF DIGITAL GLOBALIZATION - Тези доповідей XV Міжнародної науково-практичної конференції. Львів, 2024р.
2. ІННОВАЦІЇ У ЛОГІСТИЦІ: ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВА - Якимишин Л.Я, 2024р.
3. Головіна Олена. Сучасні технології в управлінні транспортною логістикою. International Science Journal of Management, Economics & Finance. Vol. 2, No. 3, 2023, pp. 35-42.
4. Гусарова А., Superagronom. Com. В Україні запущено новий онлайн-сервіс, який дає змогу малим фермерам здійснювати термінові закупівлі з відстрочкою платежу. 29.04.2024. URL: https://superagronom.com/news/18853-v-ukrayini-zapuscheno-noviy-onlayn-servis-yakiy-daye-zmogu-malim-fermeram-zdiysnyuvati-terminovi-zakupivli-z-vidstrochkoyu-plateju.
5. Долматов Д. Сучасні цифрові рішення для малого та середнього бізнесу в Україні. *ABM Cloud*. *Сучасні цифрові рішення для малого та середнього бізнесу в Україні*. 18.06.2024. URL: https://abmcloud.com/uk/suchasni-czifrovi-rishennya-dlya-malogo-ta-serednogo-biznesu-v-ukrayini/.
6. YC.Market. Стратегії розвитку малого та середнього бізнесу. *YC MARKET BLOG*. 26.01.2024. URL: https://blog.youcontrol.market/stratieghiyi-rozvitku-malogho-ta-sieriednogho-bizniesu/.

**УДК 631.363**

## ОЦІНКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

**А. В. НОВИЦЬКИЙ,** к.т.н., доцент,
**Д. В. ПЛАКСІЙ,** студент магістратури
***Національний університет біоресурсів і природокористування України,***

Подолання високого ступеня зношеності та аварійності, низького коефіцієнта корисної дії потужностей і значних втрат енергоносіїв є необхідною умовою підвищення якості обслуговування підприємств технічного

сервісу [1]. В осанні роки пріоритетами проведеної державної технічної політики є модернізації основних фондів, включаючи: впровадження нових технологій та екологічно безпечного, надійного обладнання; енергозбереження та розвиток малої енергетики.

Попередніми дослідженнями встановлено, що розроблення та застосування сучасних технологій і матеріалів, конструкцій та обладнання відділу головного механіка підприємства технічного сервісу забезпечує прогнозоване збільшення енергоефективності та зниження витрат [2].

Для ефективної роботи систем водо- і теплопостачання необхідно розробити комплекс заходів щодо запобігання виникненню дефектів та їх своєчасного виявлення та усунення. Як показує аналіз, більшість конструктивних елементів теплових мереж службою головного механіка не ремонтуються, а замінюються на нові, що призводить до значного збільшення вартості проведення технологічних операцій ремонтування.

Функціонування цього обладнання здійснюється за умов, що постійно змінюються. До таких умов використання обладнання водо- і теплопостачання відносяться перепади тиску і температур, різні види зношування та корозійні руйнування. В процесі аналізу літературних джерел та досвіду використання, виділено дванадцять основних елементів, які забезпечують функціонування систем водо- і теплопостачання відділу головного механіка.

Серед розглянутих об’єктів найбільшому зношуванню піддаються насоси і засуви, які в процесі експлуатації зазнають максимальних гідравлічних навантажень. Насос являє собою пристрій для камерного переміщення (всмоктування, нагнітання) головним чином рідини в результаті надання його елементам кінетичної або потенційної енергії. Засуви забезпечують перекриття основних каналів водопостачання на магістральних трубопроводах. За конструктивним виконанням вони поділяються на клинові та паралельні, з висувним або не висувним шпинделем.

Перераховане вище обладнання та пристрої в процесі експлуатації зношується під дією динамічного напору водяного середовища і теплоносіїв, ударної дії абразивних частинок, корозійних і кавітаційних процесів. Це призводить до появи різного виду дефектів у вигляді раковин, тріщин, зменшення товщини стінок пристроїв і нерідко їх руйнувань. Ці пошкодження призводять до розгерметизації та витоків рідин із систем життєзабезпечення.

Основними заходами щодо відновлення працездатності зношеного обладнання та пристроїв є використанням ремонтування з використанням технологічних процесів зварювання, наплавлення, напилення. В останні роки на ринку з’являються нові матеріали з високими фізико-механічними характеристиками. Тому розроблення нових прогресивних технологічних методів їх використання є особливо актуальним завданням.

## Список використаних джерел

1. Новицький А. В., Карабиньош С. С., Ружило З. В. (2017). Організація сервісного виробництва. К.: НУБіПУ. 221 с.

2. Ружило З. В., Мельник В. І., Новицький А. В., Ревенко Ю. І., Бистрий О. М., Мельник В. І., Попик П. С. (2023). Надійність машин та обладнання. Ремонтування машин та відновлення деталей. Том 2. Навчальний посібник: НУБіП України. Київ. 313 с.

3. Новицький А. В. (2014). Моніторинг тенденцій розвитку системи технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки. Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. Вип. 2. С. 41–48.

## ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ: ВПЛИВ НА ВИТРАТИ ТА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ

**Ю. В. ОХРІМЕНКО** студент магістратури,
**В. І. МЕЛЬНИК,** кандидат економічних наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Загальновідомо, що сучасне сільське господарство є одним із найбільш енергоємних секторів економіки. Використання палива, електроенергії, теплової енергії та водних ресурсів забезпечує функціонування аграрного виробництва, але водночас призводить до значних витрат. В умовах зростання вартості енергоресурсів та необхідності підвищення продуктивності, агропідприємства націлені шукати шляхи оптимізації енергоспоживання.

Водночас енергетична ефективність це не лише зниження витрат, а й вагомий фактор конкурентоспроможності. Використання енергоощадних технологій та альтернативних джерел енергії дає можливість аграрним підприємствам зменшувати собівартість продукції, підвищувати прибутковість і відповідати екологічним стандартам міжнародного ринку.

Загалом енергетична ефективність визначається як здатність підприємства досягати високої продуктивності за мінімальних витрат енергії. У сільському господарстві це означає оптимізування використання електроенергії та палива завдяки модернізації техніки та впровадженню енергозберігаючих технологій.

Раціональне використання теплової енергії може забезпечуватись застосуванням утеплення приміщень та рекуперації тепла.

Ще одним напрямом підвищення енергоефективності є автоматизація виробничих процесів із застосуванням розумних систем контролювання за споживанням енергоресурсів.

Встановлення біогазових установок, вітрових та сонячних електростанцій є елементами процесу впровадження альтернативних джерел енергії.

Всі згадані енергоощадні технології, згідно з дослідженнями, можуть скоротити енергоспоживання аграрних підприємств на 20-40.

Серйозна зацікавленість агровиробників цим аспектом пояснюється тим, що одним із головних викликів для підприємств аграрної сфери є невпинне зростання собівартість продукції спричинене зростанням саме вартості енергоносіїв. Особливо це стосується таких енергомістких технологічних систем як тепличне господарство, яке передбачає високі витрати на опалення та освітленні, тваринництво через функціонування систем вентилювання, потребу у охолодженні готової продукції та перероблення й зберігання продукції (наприклад, сушіння зерна тощо).

Використання сучасних енергоефективних рішень допомагає суттєво знизити витрати. Наприклад, перехід на LED-освітлення дозволяє скоротити витрати на електроенергію до 70%**,** а застосування енергоефективних насосів – до 30%**.**

Правильне, цілеспрямоване використання біогазових установок на тваринницьких фермах дає можливість не лише утилізувати відходи, а й виробляти електроенергію та тепло для власних потреб. Це дозволяє зменшити витрати на енергоносії на 50%**.**

Конкурентоспроможність аграрного підприємства визначається не лише якістю продукції, а й її собівартістю та відповідністю міжнародним екологічним стандартам.

Беззаперечно енергоефективні підприємства мають суттєві переваги через можливість отримання грантів «зеленого фінансування», не говорячи уже про нижчу собівартість продукції, що пояснюється меншою залежність від коливань цін на енергоресурси.

Наприклад, фермерські господарства, які встановили сонячні електростанції, змогли покрити 30-50% своїх потреб в електроенергії, що суттєво зменшило витрати та зробило їх продукцію більш конкурентоспроможною.

Отже, **е**нергетична ефективність є фактором зниження витрат у агровиробництві, а оптимізація енергоспоживання сприяє підвищенню ефективності аграрних підприємств.

Використання альтернативних джерел енергії робить виробництво більш стійким до економічних змін**.** Агробізнес, що інвестує в енергоефективність, отримує стратегічні переваги на міжнародному ринку**.**

Таким чином, впровадження енергозберігаючих технологій є не лише економічною необхідністю, а й важливим інструментом підвищення конкурентоспроможності українського аграрного сектору.

## Список використаних джерел

1. Енергоефективність в агробізнесі. URL: https://www.interagro.in.ua/enerhoefektyvnist-v-ahrobiznesi-vyklyky-maybutn-oho-i-iak-buty-do-nykh-hotovymy/

2. Енерго- та ресурсозберігаючі технології у сільському господарстві. URL: https://weagro.com.ua/blog/energozberigayuchi-ta-resursozberigayuchi-tehnologiyi-v-silskomu-gospodarstvi/

# ФОРМУВАННЯ АМОРТИЗАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА ПІД ЧАС ВІЙНИ

**Д. О. ОНИЩЕНКО,** студент магістратури,
**В. І. МЕЛЬНИК,** кандидат економічних наук, доцент
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

В реаліях воєнного стану, строк корисного використання транспортних засобів для формування власної амортизаційної політики, є особливо актуальними. Зважаючи на інтенсивне використання транспорту в поточній роботі та в реаліях війни, де доводиться використовувати його інтенсивніше. Оскільки бізнес в Україні на сьогодні – це не лише про прибутки, але й про соціальну відповідальність. Підприємці та ефективний бізнес – це сплачені податки, робочі місця, продукція та послуги, це ще волонтерська робота та гуманітарна допомога. Часто везучи гуманітарну допомогу в зону активних бойових дій або на території, що були звільнені від окупації, автомобілі піддаються інтенсивному зносу через якість дорожнього покриття, швидкість пересування, що зумовлене небезпекою ураження дронами, втомою водіїв, які працюють понаднормово.

Згадані фактори є великим навантаження на транспорт, його основні вузли, ремонт та відновлення яких є найбільш затратним. Зважаючи на це, корисні строки використання транспортних засобів є значно меншими, ніж у мирний час.

Підприємство з власним рухомим складом має створити збалансовану стратегію оновлення транспортних засобів, враховувати фінансові можливості підприємства та сучасні технологічні тенденції. Раціональний підхід до оновлення автопарку сприятиме зниженню експлуатаційних витрат, підвищенню конкурентоспроможності та сталому розвитку підприємства.

В реаліях сьогодення амортизаційні відрахування можуть бути збільшені, завдяки можливості вибору на користь, наприклад, виробничої системи нарахування амортизаційних відрахувань, що може значно збільшити річний обсяг таких накопичень підприємством, а термін використання транспорту – зменшений за рішення підприємства з урахуванням сучасного законодавства.

Аби підприємство було конкурентоспроможним та спроможним забезпечити сталий розвиток його автопарк має бути сучасним та в гарному технічному стані. Тож метод амортизаційних відрахувань відіграє одну з ключових ролей.

Методом, що найбільш точно відображає реальне зношування транспортних засобів на основі його фактичного використання є саме виробничий метод. Він дає можливість визначити величину амортизаційних відрахувань на основі обсягів виробництва або пробігу. Але проблемою його практичного використання є саме умови війни, коли не завжди існує можливість точного відстежування фактичного використання кожного транспортного засобу.

Тому, на думку ряду авторів, найбільш доцільним методом амортизації саме в умовах непередбачуваного зношування є методи зменшення залишкової вартості, які дозволяють швидше списувати вартість транспортного засобу незалежно від фактичного використання.

В умовах війни особливого підходу також потребує визначення строку корисного використання транспортних засобів, що пояснюється підвищеним навантаженням та реальними ризиками. Постійного моніторингу потребує інтенсивність використання рухомого складу та визначення показників, що відображають його реальне використання.

Таким чином, вибір методу нарахування амортизаційних відрахувань в умовах війни визначається насамперед можливістю транспортного підприємства відстежувати фактичне використання транспортного засобу. Також формування амортизаційної політики підприємства має базуватися на раціональному визначенні строку корисного використання рухомого складу.

**Список використаних джерел**

улима М. О., Смірнов Д.Р. Облік основних засобів підприємства в умовах воєнного стану. *Інфраструктура ринку*. Випуск 70. 2023. С. 188-193. URL:
сновні засоби: як визначити строк корисного використання. URL:

**УДК 621.432.3**

## ВІДНОВЛЕННЯ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ ЗВАРЮВАННЯМ

**В. В. КОНОВАЛ,** студент магістратури
**Я. А. КУЗЬМЕНКО,** студент магістратури
**В. А.СИВОЛАПОВ,** старший викладач
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Основні дефекти блоків циліндрів, що підлягають усуненню під час капітального ремонту, та приблизний процент повторюваності слідуючі:

- зношування, неспіввісність, пошкодження постелей корінних підшипників – 40…60 %;
- кавітаційні раковини на нижньому посадковому пояску під гільзу циліндра, зминання, деформація пояска - 30…50%;
- різниця в розмірах гнізда під бурт гільзи, циліндра глибиною більше 0,05 мм – 30…40%;
- пошкодження різьбових отворів, облом шпильок - 30...40%;
- тріщини, пробоїни на блоці – 15...25%.

Більшість блоків циліндрів виготовлено з сірого чавуну СЧ18-36.

Особливості відновлення зварюванням чавунних деталей обумовлені труднощами створення пластичного і щільного металу шва і навколошовної зони внаслідок високого вмісту в чавуні вуглецю, схильності його до відбілювання через різкий перехід при нагріванні з твердого, стану в рідкий, малої пластичності і низької ударної в'язкості, незворотного об'ємного стану під впливом високих температур, нерівномірності усадки металу при кристалізації зварювальної ванни і т.д.

Усунення дефектів (зносів, тріщин, обломів) у чавунних деталях (на прикладі блоків і головок циліндрів) може здійснюватися «гарячим» і «холодним» зварюванням.

«Гаряче» зварювання застосовують виконують як ацетилено-кисневе при нагріванні деталі до 650...680°С. Як присадковий матеріал використовують чавунні прутки марки А (3,0...3,6 % С; 3,0...3,5 % Si; 0,3 % Mn ; 0,6 % Cr; 0,3 % Ni ; 0,08% S; 0,3...0,5% P) і спеціальний флюс ФСЧ-1 (23% $Na_2B_40_7$; 27% $NaCO_3$, 50% $NaNO_3$). Охолодження деталі в процесі зварювання нижче 500° С не допускається. Після зварювання необхідні низькотемпературний відпал з нагріванням деталі до 650...670°С і охолодження її разом з піччю.

Таким чином деталь нормалізується, знімаються внутрішні напруження.

Основні недоліки способу гарячого зварювання блоків циліндрів - велика трудомісткість і важкі умови праці зварювальника.

До прогресивних методів «холодного» зварювання чавуну відносять такі:

- напівавтоматичне газоелектричне зварювання спеціальним дротом ПАНЧ-11;

- напівавтоматичне газоелектричне зварювання дротом МНЖКТ-5-1-02-02 марки А ø1,0... 1,2 мм в середовищі аргону виконують при постійному струмі 80...120 А зворотної полярності, напрузі 20...25 В, швидкості подачі дроту 7...11 м/хв, витраті аргону 6...9 л/хв. Рекомендується проковування шва. Для зварювання дротом ПАНЧ-11 і МНЖКТ використовуються сучасні напівавтомати. Найкращі результати забезпечуються при зварюванні на установках типу УДГ-301 і використання зазначених дротів у вигляді присадочного матеріалу;

- зварювання електродами МНЧ-1, виготовленими з монель-металу (63% Ni + 37% Cu) зі спеціальним фтористо-кальцієвим покриттям типу УОНІ-13/55, виконують електродами ø3...4 мм при постійному струмі 140 ...150 А зворотної полярності, короткою дугою, невеликими ділянками довжиною 20...30 мм, які відразу ж проковують. Метал шва є в'язкий залізо-нікеле-мідний сплав. Нікель необмежено розчиняється в залізі, а нікелевий аустеніт, що утворюється, розчиняє велику кількість вуглецю без утворення карбідів і забезпечує високу пластичність, низьку твердість і хорошу оброблюваність шва;

- зварювання електродами ЦЧ-4 ø3...4 мм зі сталі Св-08 або Св-08А з фтористо-кальцієвим покриттям, що містить титан або ванадій, ведуть при постійному струмі 120...130 А зворотної полярності та напрузі дуги 20 В. Після накладання валика рекомендується його проковування. Сприятливо дається взнаки підігрів деталі до 150...200°С. Ванадій пов'язує вуглець у важкорозчинні

дрібнодисперсні карбіди. Недолік електродів ЦЧ-4 - можливість виникнення тріщин у середині шва;

- зварювання електродами Ц4-3А (Св-08Н50) з фтористо-кальцієвим покриттям, що містить до 5,25% кремнію (рекомендується для деталей з модифікованого чавуну);

- при зварюванні електродами ОЗЧ-1 з мідного електродного дроту з фтористо-кальцієвим покриттям, що містить залізний порошок, метал шва являє собою залізо-мідний шар (89% Fe + 11% Cu) з високою пластичністю, щільністю і міцністю, але поганою оброблюваністю. Процес зварювання рекомендується вести при струмі 150 А зворотної полярності і напрузі 20 В, короткою дугою, невеликими ділянками довжиною 30...60 мм. Кожну ділянку шва слід проковувати і продовжувати зварювання лише після охолодження шва до 50...60°С. Щільність з'єднання може бути підвищена за рахунок застосування електрода ОЗЧ-1 у поєднанні з електродами МНЧ-1, якими наплавляють останній шар. Так як зона підвищеної твердості створюється по межі сплавлення, для поліпшення оброблюваності шва перші шари рекомендується наплавляти також електродами МНЧ-1;

- напівавтоматичне зварювання тонким електродним дротом Св-08Г2С ø1,0...1,2 мм в середовищі вуглекислого газу проводять на такому режимі: сила струму 80...100 А зворотної полярності, напруга 20...22 В, витрата газу 6...9 л/хв.

Особливості відновлення деталей зі сплавів алюмінію обумовлені такими причинами:

- утворенням тугоплавких оксидів $Al_2O_3$ з температурою плавлення 2050°С (у той час як температура плавлення сплавів алюмінію АЛ-5 і АЛ-9 відповідно 535 і 550 °С) і тонкої плівки оксидів (0,002 мм), що перешкоджає з'єднанню основного та наплавлюваного матеріалів, а також забруднюючої зварювальний шов окислами;

- великою теплопровідністю та високим коефіцієнтом лінійного розширення, що сприяє виникненню тріщин;

- інтенсивним поглинанням газів розплавленим металом;

- великою текучістю сплавів алюмінію при їх плавленні та труднощами визначення початку їх плавлення (при нагріванні не змінюють колір);

- низькою міцністю алюмінію та його сплавів при нагріванні до 400...500°С.

Як основні способи зварювання деталей зі сплавів алюмінію рекомендуються: зварювання на змінному струмі вольфрамовим електродом, що не плавиться, в середовищі аргону на установках типу УДАР або УДГ (найефективніший спосіб), а також електродугове зварювання спеціальними електродами ОЗА-2 для зварювання ливарних сплавів і ОЗА-1 для зварювання технічного алюмінію.

У всіх випадках для підвищення якості зварювання деталей, виготовлених із алюмінієвих сплавів, рекомендується:

- ретельне зачищення зварюваних поверхонь;

- обробка кромок та знежирення їх ацетоном;
- попередній підігрів відновлюваних деталей до температури 250...300 °С для запобігання короблення деталей через нагрівання при зварюванні, виникнення тріщин і забезпечення більш спокійної кристалізації рідкого металу;
- наступний низькотемпературний відпал при температурі 300…350 °С зняття внутрішніх напруг і поліпшенням структури зварювального шва.

Присадочний матеріал повинен бути однорідним зі зварюваним і може бути отриманий в результаті переплавлення відповідних вибракованих деталей, виготовлених із алюмінієвих сплавів з вмістом кремнію 5...6 %.

**Список використаних джерел**

1. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; За ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.

2. Ремонт дизельних двигунів. Довідник /Л.С. Єрмолов, О.А. Науменко, О.І. Сідашенко, І.Г. Шержуков; За ред. Л.С. Єрмолова. - К.: Урожай, 1991. – 248 с.

**УДК 621.432.3**

## ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ПОСТАНОВКОЮ СПЕЦІАЛЬНИХ ЧАВУННИХ ВСТАВОК, НАПЛАВЛЕННЯМ І ГАЛЬВАНОПОКРИТТЯМИ.

**О. І. МИЛАЦЬКИЙ,** студент магістратури
**В. А.СИВОЛАПОВ,** старший викладач
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

При ремонті деталей циліндропоршневої групи двигунів розточують зношені гільзи і хонінгують їх, ставлять поршні ремонтного розміру з комплектом кілець. У поршні ремонтного розміру встановлюють нові або відновлені поршневі пальці. Така технологія має істотні недоліки. По-перше, розточування гільз циліндрів викликає зниження їх зносостійкості через знімання найбільш твердого поверхневого шару, що сприяє зниженню довговічності двигуна в цілому. По-друге, застосовуваний метод ремонту пов'язані з великою витратою запасних частин, що економічно невигідно.

Істотного зниження витрат праці, витрати запасних частин і підвищення довговічності можна досягти використанням технології, заснованої на відновленні номінальних розмірів гільз і поршнів. Такий метод ремонту дає можливість компенсувати величину зазору у з’єднанні поршень-гільза за рахунок відновлених гільз.

В даний час є певний позитивний досвід відновлення гільз циліндрів постановкою спеціальних чавунних вставок, наплавленням і гальванопокриттями.

При використанні тонкостінних вставних гільз основну гільзу розточують під зовнішній діаметр вставки. Попередньо виготовлену з легованого чавуну вставку запресовують у гільзу з натягом 0,04...0,08 мм, потім механічно обробляють під зменшений ремонтний розмір.

Для вставок застосовують чавун, легований одним або декількома карбідоутворюючими елементами: хромом, молібденом, ванадієм, титаном, цирконієм. Наявність цих елементів створює чавуни аустенітно-мартенситної структури із включеннями вільних карбідів та графіту. Карбіди сприяють збереженню високих механічних властивостей чавунів при робочих температурах гільзи. Найбільш сильний карбідоутворюючий елемент - ванадій. Навіть при невеликому вмісті ванадію в чавуні зношування його суттєво знижується.

Дослідження працездатності гільз двигуна із вставками дозволили встановити, що зносостійкість їх збільшується в 1,8... 3,4 рази в порівнянні з суцільними гільзами із загартованого чавуну СЧ21-40. Як матеріал вставок рекомендується чавун із вмістом 6...8% марганцю і 1,8... 2% ванадію.

Для відновлення гільз двигунів ЯМЗ-238НБ під номінальний та ремонтний розмір застосовують вставки, виготовлені зі сталевої стрічки У8А, У10А, 65Г підвищеної точності за товщиною та шириною. Ширина заготовки для гільзування 70 мм, товщина 0,7 мм, довжина 411,5 мм при твердості HRC 50...55. На одну гільзу використовують чотири заготовки. Запресовують заготовки в гільзу на пресі з використанням спеціального пристосування для формування кілець. Експлуатаційні випробування гільз, відновлених цим способом, показали їхню високу надійність в експлуатації (3500…4000 мотогодин) при відносно низькій вартості відновлення.

Наплавлення гільз циліндрів замість використання нової чавунної вставки також дає позитивний ефект. Як матеріал для наплавлення застосовують порошковий дріт ПП-АН-124-0. Режим наплавлення: напруга 22...26 В, струм 110...130А, швидкість наплавлення 0,4...0,6 см/об, подача електрода 49,5...57,4 м/год, виліт електрода 20...25 мм, зміщення його з зеніту 8...10 мм. Чорнове розточування гільз проводиться на токарному верстаті, чистове - на розточувальному. Як ріжучий інструмент рекомендується застосовувати пластини з твердого сплаву ВК6М. Довговічність гільз після такого ремонту збільшується в 1,3...1,6 раза.

Запропоновано також відновлювати гільзи циліндрів індукційною відцентровою наплавкою порошковою шихтою. Для цього на внутрішній поверхні гільзи виконується проточка, в яку вводиться шихта. Гільзі надається обертальний рух. Розігрівають гільзу струмами високої частоти, застосовуючи внутрішній індуктор. Механічній обробці підлягає і зовнішня поверхня гільзи. Наплавлення проводиться порошком ПГ-ХН80СР4 із застосуванням флюсу: азотнокислий вісмут (основний) 10%, бура 45%, борний ангідрид 45%. Частота

обертання гільзи в межах 750...950 об/хв. Температура нагрівання гільзи 1027...1047°С, час нагрівання 80 с. Після наплавлення проводиться високотемпературний відпуск з нагріванням деталі до 550°С протягом чотирьох годин і охолодження разом з піччю. Твердість наплавленого шару в межах HRC 55... 58. Застосування цієї технології сприяє зменшенню коефіцієнта тертя в з'єднанні кілець з гільзою, підвищенню маслоємності поверхні за рахунок кращої адгезії оливи порівняно з серійними гільзами і як наслідок підвищення їх зносостійкості в 4,8...5,5 рази.

Один із шляхів підвищення довговічності гільз - хромування їхньої внутрішньої поверхні, що підвищує зносостійкість більш ніж на 50%. Однак використання цього способу стримується високою вартістю і відносно низькою адгезією товстих шарів хрому. Доцільніше відновлювати гільзи осталюванням. Це високопродуктивний процес, що дозволяє отримати досить товсті зносостійкі покриття великої твердості. Експлуатаційні випробування показали, що відновлені осталюванням гільзи забезпечують зносостійкість пари поршень - циліндр, рівним 80% від зносостійкості того ж сполучення з новою загартованою гільзою, і 140% незагартованою гільзою.

В даний час розроблено багато електролітів, що дозволяють отримати різні сплави з підвищеними фізико-механічними властивостями. Стосовно відновлення гільз циліндрів становлять інтерес сплави *Fe - P, Fe - Ni - P* та ін.

Наприклад, розроблений у Харківському інституті механізації та електрифікації сільського господарства (ХІМЕСГ) електроліт дозволяє отримувати залізо-фосфорні покриття завтовшки до 1 мм зі швидкістю осадження 0,25...0,35 мм/год. Зміст фосфору в металі становить 7...10%, а мікротвердість їх у вихідному стані 70... 80 МПа. Сплави заліза з фосфором представляють інтерес для відновлення гільз циліндрів тому, що при нагріванні їх до температури більше 250°С мікротвердість покриттів не знижується, а, навпаки, підвищується за рахунок утворення фосфідів заліза, в результаті чого різко збільшується зносостійкість , а також покращується адгезія з основним металом. Після термообробки таких покриттів при 400°С протягом 1 год їх мікротвердість досягає 160 Н/мм$^2$, а зносостійкість більш ніж в 2 рази перевищує зносостійкість загартованої сталі 45 і більш ніж в 10 разів зносостійкість звичайного електролітичного заліза.

## Список використаних джерел

1. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; За ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.

2. Новицький А. В., Карабиньош С. С., Ружило З.В. Організація сервісного виробництва. К.: НУБіП, 2017. 212 с.

**УДК 681.5.07**

# ПРИЛАДИ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

**П. С. ПОПИК,** к.т.н., доц.,
**Р. В. ПІНЧУК,** аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

Сучасна технологія ремонту та обслуговування машин вимагає широкого використання вимірювального обладнання [1].

Можливості технічного діагностування, які проявляються в забезпеченні безпеки і економічності роботи, в можливості більш ефективного використання тракторів і агрегатів, а також в боротьбі із забрудненням навколишнього середовища потребують проведення науково-дослідної роботи, постійного вдосконалення існуючих і розробки нових видів техніки, постійного збільшення кількості параметрів, що вимірюються в процесі діагностування [2].

Останні роки характеризуються дуже бурхливим розвитком виробництва та використанням діагностичного обладнання. Технічна діагностика дизельних автомобілів і тракторів поширюється не тільки на двигун, але і на ходову частину, рульове керування, гальмівну систему, електрообладнання [3].

Діапазон характеристик, що вимірюються при діагностуванні, дуже широкий, охоплюючи вимірювання тиску і переміщення, контроль електричних параметрів (напруги, струму, опору), аналіз складу відпрацьованих газів. З діагностичних випробувань дизельних автомобілів і тракторів широкого поширення набуває: комплексна перевірка системи подачі палива; визначення складу відпрацьованих газів; перевірка електрообладнання; перевірка герметичності.

Сімейство цифрових осцилографів забезпечує появу нових технологій вимірювань. За допомогою приладів типу «TiePie Handyscope HS4-DIFF-25» можна оцінити сигнал тиску на осцилографі (оцінюваний сигнал може бути прийнятий з будь-якого місця); універсальне вимірювання тиску (можна проводити будь-який діапазон вимірювань); випробування електрообладнання без демонтажу з місця (наприклад, випробування генератора).

Запропонований прилад дозволяє із значно вищою (до 15 разів) точністю, ніж існуючі аналоги, виконувати безперервні потокові вимірювання і, тим самим, із значно більшою достовірністю прогнозувати фактичний їх стан.

## Список використаних джерел

1. Ружило З. В., Мельник В. І., Новицький А. В., Ревенко Ю. І., Бистрий О. М., Мельник В. І., Попик П. С. Надійність машин та обладнання. Ремонтування машин та відновлення деталей. Том 2. Навчальний посібник: НУБіП України. Київ. 2023. 313 с.

2. Boiko A., Popyk P., Gerasymchuk I., Bannyi O., Gerasymchuk N. Application of the new structural solutions in the seeders for precision sowing as a

resource saving direction. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018, vol. 5, no. 1 (95). pp. 46-53.

3. Новицький А. В. (2014). Моніторинг тенденцій розвитку системи технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки. Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. Вип. 2. С. 41–48.

**УДК 620.178:539.62**

## ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ І ВУЗЛІВ ТРАКТОРІВ І АВТОМОБІЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТАЛОВМІСНИХ МАСТИЛ

**П. С. ПОПИК**, к.т.н., доц.,
**Р. В. ПІНЧУК,** аспірант
***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

У комплексі проблем підвищення технічного рівня, якості, надійності і довговічності машинно-тракторного парку важливе місце займають питання зносостійкості спряжень і вузлів машин, схильних до інтенсивного зносу в процесі експлуатації. Серед основних методів підвищення надійності таких вузлів тертя найбільш важливим є збереження мастильного середовища і контакту поверхонь тільки через пластично деформований захисний шар з м'якого металу, що знижує коефіцієнт тертя і підвищує зносостійкість пар, що труться. На жаль, тонкі захисні шари, нанесені на поверхні, що труться різними способами перед початком тертя, стираються в процесі роботи і не є постійним захистом. Набагато ефективніше виглядають захисні шари, що створюються в процесі тертя за допомогою активного мастильного середовища.

Одним із шляхів вирішення проблеми є створення різних композицій мастил з порошками м'яких металів на основі ефекту вибіркового перенесення. Новий м'який шар на поверхнях тертя виключає розвиток втомного руйнування і разом з взаємним перенесенням металу з однієї поверхні на іншу підвищує зносостійкість вузла тертя.

Вибіркове перенесення - це вид тертя, обумовлений самовільним утворенням в зоні контакту в результаті окислювально-відновлювальних реакцій тонкої металевої плівки, що не окислюється, яка має низький опір зсуву і не здатна накопичуватися при деформації дислокації. На металевій плівці, утворюючи з нею хімічний зв'язок, може відбуватися полімеризація продуктів механічного руйнування мастильних вуглеводнів, створюючи додатковий антифрикційний шар. Для досягнення такого явища необхідно, щоб порошки м'яких металів, що вводяться в стандартне консистентне мастило, легко відновлювалися з окислів і разом з тим міцно адсорбували мастило. Таким

металом є мідь, яка характеризується високою пластичністю, легким відновленням від окислів, активністю по відношенню до мастила.

При певній концентрації мідного порошку виникає ефект вибіркового перенесення вже в період обкатки вузла тертя, що призводить до утворення помітного шару мідно-червоного кольору на поверхнях тертя. Отриманий мідний шар залишається постійним і працездатним до граничного навантаження.

Результати, отримані в ході експлуатаційних випробувань розроблених мастил для вузлів тертя машин показали, що металовмісні мастила забезпечують надійну і довговічну роботу вузлів, мінімальні витрати матеріалів, засобів, робочої сили на технічне обслуговування та поточний ремонт тракторів та автомобілів.

**Список використаних джерел**

1. Мельник В.І. Ружило З.В., Мельник В.І., Новицький А.В., Ревенко Ю.І., Бистрий О.М., Попик П.С. Надійність машин та обладнання. Ремонтування машин та відновлення деталей. Том 2. Навчальний посібник: НУБіП України. Київ. 2023. 313 с.

2. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Solomka O.V., Popyk P.S., Shvidia V.O., Stepanenko S.P. Experimental studies on drying conditions of grain crops with high moisture content in low-pressure environment. INMATEH: Agricultural Engineering, 2019, vol. 57, pp. 141-146, Bucharest, Romania.

**УДК 631.363**

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕСУРСУ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ПРОСАПНИХ СІВАЛОК

**І. С. ХАРЬКОВСЬКИЙ,** к.т.н., доцент,
**А. Є. ЛОЗА,** студент магістратури
***Національний університет біоресурсів і природокористування України,***

Для посіву просапних культур застосовуються сівалки точного висіву різного конструктивного виконання [1, 2]. Найбільшого поширення для посіву просапних культур набули пневматичні просапні сівалки вітчизняного та імпортного виробництва з дисковим висівним апаратом, включаючи «John Deere» 1710, «Техніка-сервіс» ТС-М8000, «Лідагропроммаш» СТВ-12, «Mashio Gaspardo» ST-8R, «MaterMacc» 3 XL 800, «Monosem» NG Plus, «Kunh» Planter II та інші.

Сівалки оснащені змінними дозувальними диски забезпечують точний посів просапних культур: соняшнику, кукурудзи, цукрових буряків та інших. Висівні апарати нижнього розташування через відсутність насіннєпроводів

покращують рівномірність розподілу насіння в рядку, але при цьому працюють у зоні великої запиленості повітря зі збільшеною концентрацією пилоподібного абразиву, який потрапляє в зону тертя дозувальних дисків та ущільнювальних прокладок [3, 4].

Оскільки посів просапних культур проводиться в стислі агротехнічні терміни, необхідний високий рівень надійності посівних машин та їх вузлів. Разом з тим, для забезпечення коротких термінів посіву зустрічаються випадки, коли допускається робота агрегатів зі зношеними деталями, зокрема й дозувальними дисками. При цьому часто відбуваються випадки порушення технологічного процесу посіву і поява як зріджених, так і загущених сходів. Це призводить не тільки до зниження врожайності просапних культур, але й перевитрати дорогого насіннєвого матеріалу.

Попередніми дослідженнями встановлено, що передчасна заміна дозувальних дисків та ущільнювальних прокладок висівних апаратів сівалок призводить до неповного використання закладеного ресурсу та підвищення матеріальних витрат на експлуатацію, особливо, для сівалок імпортного виробництва [3, 4].

Попередніми дослідженнями встановлено, що критерії вибракування дозувальних дисків в багатьох інструкціях на експлуатації посівних машин не визначено [4, 5]. Аналіз показує, що в окремих наукових дослідженнях наводяться тільки орієнтовні дані щодо періодичності їх заміни, які отримані для конкретних конструкцій висівних апаратів, що експлуатуються в певних виробничо-кліматичних умовах і з різним річним навантаженням сівалок.

У зв’язку з цим, розроблення заходів, що забезпечують підвищення ресурсу висівного комплекту, що складається з дозувального диска і ущільнювальної прокладки, забезпечення їх безвідмовної роботи за відповідний період експлуатації становить науковий та практичний інтерес.

## Список використаних джерел

1. A. Boyko, P. Popyk, I. Gerasymchuk, O. Bannyi, N. Gerasymchuk (2018). Application of the new structural solutions in the seeders for precision sowing as a resource saving direction. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies,* vol. 5, no. 1 (95), pp. 46-53.

2. A. I. Boiko, O. O. Bannyi, “Development of Stochastic Functional Model of a Pneumatic-Mechanical Unit Equipped with an Alternate Meter”, *Bulletin of Luhansk National Agrarian University*, vol. 29, pp. 114-118, 2011.

3. Ружило З. В., Мельник В. І., Новицький А. В., Ревенко Ю. І., Бистрий О. М., Мельник В. І., Попик П. С. (2023). Надійність машин та обладнання. Ремонтування машин та відновлення деталей. Том 2. Навчальний посібник: НУБіП України. Київ. 313 с.

4. Новицький А. В., Харьковський І. С., Новицький Ю. А. (2021). Моніторинг технічного стану сільськогосподарської техніки за керівними матеріалами на її експлуатацію. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Vol. 12, No 4. P. 85–93.

5. Новицький А. В. (2014). Моніторинг тенденцій розвитку системи технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки. Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. Вип. 2. С. 41–48.

# ЗМІСТ

стор.

**Секція 1** ***«Надійність і ремонтування технічних систем»***

ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗБУДОВИ ІНФРАСТРУКТУРИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ АГРАРНОЇ ГАЛУЗІ
*Науменко О. А.* 10

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА ВІДТВОРЕННЯ КАПІТАЛУ АГРАРНОГО БІЗНЕСУ В УКРАЇНІ
*Захарчук О. В.* 15

ІСТОРІЯ ВИНАХОДУ, ЕВОЛЮЦІЯ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЛІТІЄВИХ БАТАРЕЙ
*Герук С. М.* 18

COMPREHENSIVE APPROACH TO PRODUCT DESIGN: HARMONY BETWEEN TECHNICAL CAPABILITIES AND ECONOMIC FEASIBILITY
*Melnyk V.* 25

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ «ЛМС» У ТВАРИННИЦТВІ: РЕМОНТОПРИДАТНІСТЬ МАШИН
*Новицький А. В.* 28

THE PRICE OF ENGINEERING PRODUCTS AS A TOOL FOR STRATEGIC DIFFERENTIATION
*Melnyk V.* 32

DETERMINING THE BALANCE BETWEEN COST AND QUALITY OF ENGINEERING PRODUCTS
*Melnyk V.* 34

ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРОІСКРОВОЮ ОБРОБКОЮ ЕЛЕКТРОДАМИ З РІЗНИМ ВМІСТОМ ХРОМУ
*Мартиненко О. Д., Автухов А. К., Лисенко С. В., Думіндяк С. Б.* 37

ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ SCANIA
*Барабаш Р. І., Шарибура А. О.* 41

МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ВИВЧЕННі ДИСЦИПЛІНИ «ВИЩА МАТЕМАТИКА» В РЕАЛІЯХ СЬОГОДЕННЯ
*Ружило М. Я.* 43

ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПЛУЖНИХ ЛЕМІШІВ
*Рибалко І. М., Тіхонов О. В., Мороз М. М.* 45

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ PM²-AGILE ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ У МАШИНОБУДУВАННІ УКРАЇНИ
*Мельник В., Мельник В.* 48

СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ НОСОВОЇ ЧАСТИНИ ПЛУЖНОГО ЛЕМЕША ЗІ СТЕРТЯМ І ПРОМЕНЕВИМ ЗНОШЕННЯМ
*Василенко М. О. , Буслаєв Д. О. , Калінін О. Є.* 51

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ САМОЗАГОСТРЮВАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН
*Куликівський В. Л., Прищепа А. В., Хоменко С. М.* 52

РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ГРУП СЕЛЕКЦІЇ ДЛЯ З'ЄДНАНЬ
*Іванов Г. О., Полянський П. М.* 55

ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПРОЄКТІВ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ГНУЧКИХ ФІНАНСОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ
*Мельник В., Мельник В.* 59

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МТП В АПК
*Борак К. В., Ткачук Б. М., Торгонський В. С.* 61

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ
*Куликівський В. Л., Ясінський В. О., Шевчук О. А.* 63

ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ТИПУ COMMON RAIL
*Грудовий Р. С., Гонгало А. Й., Шевчук О. А.* 65

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В КРАЇНАХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ
*Савченко В. М., Білецький В. Р., Малишев Ю. С., Розгон В. І., Шепель О. В.* 67

ДОСВІД ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В США
*Борак К. В., Шевчук О. А., Федорчук А. О., Вагнер А. Ю., Дубовий А. В., Хопяк В. М.* 70

АБРАЗИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА
*Умінський О. В.* 73

ФІРМОВИЙ ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ В УКРАЇНІ
*Міненко С. В., Шуляківський В. В., Герасимчук Д. В.* 75

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В КИТАЇ
*Міненко С. В., Суханюк Б. О., Сумма Д. Я., Шикера М. О., Бугаєнко Н. В.* 78

ОСОБЛИВОСТІ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ШАРНІРІВ СТРІЛИ ЕКСКАВАТОРА
*Сидорчук-Шмідт С. Д.* 79

ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ ЗМІШУВАЧІВ-КОРМОРОЗДАВАЧІВ В ГАРАНТІЙНИЙ ПЕРІОД ЕКСПЛУАТАЦІЇ
*А. В. Новицький* 82

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ФІЛЬТРІВ ДВЗ МЕЗ
*Новицький Ю. А.* 86

ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ
*Герук С. М.* 88

ІНВЕСТИЦІЙНО-ІННОВАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ
*Кондратюк В. В.* 91

ВІДНОВЛЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ АГРАРНОЇ ЛОГІСТИКИ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОСТІ
*Коваленко А. В.* 94

РОЛЬ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОБІЗНЕСІ
*Вишневецька О. В.* 97

РОЗВИТОК СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОСТІ
*Навроцький Я. Ф., Петров В. М.* 100

ANALYSIS OF FAILURE CAUSES OF THE CYLINDER-PISTON GROUP
*Vakulenko M. N., Revenko Y. I.* 103

ANALYSIS OF THE REASONS FOR THE DECREASE IN THE OPERATIONAL RELIABILITY OF THE FUEL SUPPLY SYSTEM
*Vakulenko M. N., Revenko Y. I.* 105

ОСНОВНІ МЕТОДИ РЕМОНТУ АВТОТРАКТОРНИХ ШИН
*Ружило А. З., Новицький А. В.* 107

ПРОФЕСІЙНА СПРЯМОВАНІСТЬ ВИКЛАДАННЯ КУРСУ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ
*Савчук С. Г., Світко Д. Д.* 110

АВТОТРАКТОРНІ ГЕНЕРАТОРИ: ПРИНЦИП РОБОТИ, ВИДИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
*Автухов А. К., Можейко В. С.* 112

TEACHING TECHNICAL DRAWING WITH BLENDER ANIMATIONS
*Prykhodko S.* 113

ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДВОШАРОВИХ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ З ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИ ОПОРНИХ ШИЙОК
*Автухов А. К., Ковалевський Є. В.* 114

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ РОТАЦІЙНИХ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕРОБНИХ ПРОЦЕСІВ
*Автухов А. К., Камардін О. В.* 116

ЕФЕКТИВНА АВТОМАТИЗАЦІЯ НА ФЕРМАХ ВРХ
*Корж Ю.* 117

АКТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ РОБОТИЗОВАНИМ БАШТОВИМ КРАНОМ
*Ромасевич Ю. О., Великоіваненко Д. І.* 119

ДОСЛІДЖЕННЯ НАКОПИЧЕННЯ ВТОМНОЇ ПОШКОДЖЕНОСТІ ЗА ДЕФОРМАЦІЙНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ІНЖЕНЕРНОЇ ПОВЕРХНІ
*Войналович О. В., Писаренко Г. Г., Майло А. М., Бялонович А. В.* 121

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ВЕДУЧИХ МОСТІВ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ ХТЗ
*Шевченко А. В., Стрілець Д. В., Сиволапов В. А.* 124

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ІНТЕГРОВАНОГО ГАЗОПОЛУМЕНЕВОГО НАПИЛЮВАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ
*Дерябкіна Є. С., Бантковський В. А.* 127

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ
*Сисоліна І. П.* 130

ПАРАМЕТРИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗБІРНО-СКЛАДАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА
*Рис В. І., Шарибура А. О.* 132

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ
*Бащук Р. В.* 135

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НОЖІВ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ДЕРЕВИНИ
*Сторож Р. О.* 138

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНИХ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
*Попик П.С., Кульпін Р.А.* 139

ІНЖЕНЕРІЯ НАДІЙНОСТІ: РОЛЬ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ДІАГНОСТИЦІ
*Кульпін Р. А.* 141

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СПЕЦІАЛЬНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ УДОСКОНАЛЕННЯМ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ
*Харченко С. В., Лисенко С. В., Ляшук О. Л., Гудь В. З.* 143

РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ ПРОЦЕСНОГО ПІДХОДУ
*Сергійчук А. А., Гриньків А. В., Аулін В. В.* 145

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОТРАНСПОРТНОЇ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ НА ОСНОВІ ДИЛЕРСЬКИХ ЦЕНТРІВ
*Тертиця О. М., Байцан В. Г., Аулін В. В., Гриньків А. В., Кузик О. В.* 148

МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯМ МОБІЛЬНИХ МАШИН ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ
*Магопець М. С., Дяченко Д. О., Аулін В. В., Гриньків А. В.* 151

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ВПРОВАДЖЕННЯМ ТЕЛЕМАТИЧНИХ СИСТЕМ
*Петленко В. П., Аулін В. В., Гриньків А. В.* 153

ФОРМУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЄКТНО-ОРІЄНТОВАНИХ КЛАСТЕРІВ У РЕГІОНАЛЬНИХ ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАНЬ ПРОДУКЦІЇ
*Аулін В. В., Голуб Д. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Цьонь О. П.* 155

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ЛІНІЙ МЕТОДОМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ОСНОВІ МОНІТОРИНГУ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ
*Ковальов С. Г., Гриньків А. В., Аулін В. В., Варваров В. В.* 157

РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ КІБЕРФІЗИЧНОГО ПІДХОДУ
*Надич Т. С., Гриньків А. В., Аулін В. В., Ляшук О. Л., Гудь В. З.* 159

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ УЗГОДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І СКЛАДСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ
*Тищенко С. Ю., Аулін В. В., Гриньків А. В., Гупка А. Б.* 165

**Секція 2** ***«Прикладна механіка»*** 168

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ: СУЧАСНА ВИМОГА ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
*Булгаков В. М.* 169

ДОСЛІДЖЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ПОЛЬОТУ ГИЧКИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ПРИ ЇЇ СКОШУВАННІ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОЮ МАШИНОЮ
*Головач І. В.* 171

АНАЛІЗ ІСТОРИЧНИХ ПОДІЙ ПРО ПОЧАТОК ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ГАЛУЗІ АГРОІНЖЕНЕРІЇ В КИЇВСЬКОМУ ПОЛІТЕХНІЧНОМУ ІНСТИТУТІ
*Булгакова О. В.* 173

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ВИМОГ ДО СУЧАСНОГО ЗМІСТУ ЛЕКЦІЙ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА
*Бондар М. М.* 176

ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМІ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПТАШНИКА
*Троханяк В. І.* 177

CRACK STATE DIAGNOSTICS BY THE SIZE OF ITS OPENING AT REINFORCED CONCRETE SLAB SURFACE
*Kutsenko A., Kutsenko O., Shevchenko T.* 180

ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНОГО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ
*Андросюк О. А.* 182

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНА ДЛЯ ЗЧИЩЕННЯ ПОШКОДЖЕНОГО ҐРУНТУ УСЕРЕДИНІ ВИРВ
*Троханяк О. М., Корнюшин В. М.* 184

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ЗНЯТОГО ЗАБРУДНЕНОГО ШАРУ ҐРУНТУ У ВИРВІ
*Троханяк О. М.* 187

МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
*Черниш О. М.* 190

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОЧИСНИКА ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛІДНИХ КУЛЬТУР ВІД РЕШТОК ГИЧКИ НА КОРЕНІ
*Будзанівський М. І.* 192

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВИКОПАНИХ З ҐРУНТУ КОРЕНЕПЛОДІВ МОРКВИ ВІД ҐРУНТОВИХ ДОМІШОК ТА РОСЛИННИХ РЕШТОК
*Мацуєв О. М.* 195

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ КОРЕНЕПЛОДУ СТОЛОВИХ БУРЯКІВ ПО ПОВЕРХНІ СПІРАЛЬНОГО СЕПАРАТОРА ВОРОХУ
*Мартинюк В. В.* 197

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ТА СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ГВИНТОВИХ ЗАВАНТАЖУВАЧІВ
*Клендій М. Б.* 200

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ КОЛІС ОДНООСЬОВОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ ПІД ВПЛИВОМ ПАРАМЕТРІВ РЕАКТИВНОГО С.-Г. ЗНАРЯДДЯ
*Кувачов В. П., Дружич В. М., Шевченко С. О., Зеленов К. О.* 203

**Секція 3** ***«Надійність технологічних систем у рослинництві»*** 206

КРАМАРОВ ВОЛОДИМИР САВОВИЧ – ГОРДІСТЬ «АЛЬМА-МАТЕР»
*Войтюк Д. Г., Гуменюк Ю. О.* 207

НАДІЙНІСТЬ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ПЛОДІВ SMART-ТЕХНОЛОГІЙ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ ПЛОДОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ САДІВНИЦТВА
*Деркач І. О.* 211

ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ
*Шатров Р. Р.* 216

PARAMETERS OF NAVIGATION SYSTEMS OF SELF - PROPELLED SPRAYERS IN SPRAYING CROPS
*Osadchiy I. O.* 218

OPERATIONAL FAILURE OF HARVESTING OF GRAINHARVERS COMBINES
*Karagutsa O. I.* 219

РОЗРАХУНОК ІНЕРЦІЙНИХ СТРУШУВАЧІВ ПЛОДОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН
*Деркач О. П.* 222

ТЕХНОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МАШИН МЕХАНІЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СОЇ
*Шатров Р. В.* 224

GRAPH-MODELING WHEN THE RESPONSE AND RECOVERY OF AGRICULTURAL MACHINERY
*Nadtochiy O. V.* 232

INVESTIGATION OF PASSING CAPACITY OF COMBINED COMBINES DEPENDING ON AGROBIOLOGICAL STATE
*Solomka O. V.* 239

ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ ДЛЯ РОБОТИ
ІЗ ВЕЛИКОГАБАРИТНИМИ ТЮКАМИ
*Іщенко В. В.* 242

НАДІЙНІСТЬ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ АГРОДРОНІВ
*Уманський М. О.* 244

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ
*Тицький О. Ю.* 247

ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСПОРТНО-ЗБИРАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗЕРНОВОГО ЗБІЖЖЯ
*Воронков О. А.* 251

СЕЗОННА БЕЗВІДМОВНІСТЬ САМОХІДНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ
*Любченко І. С.* 255

ВИРОБНИЧА ЕКСПЛУАТАЦІЯ В СИСТЕМІ ДІАГНОСТУВАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ
*Швидун О. В.* 258

РІВЕНЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АГРОТЕХНІКИ В СИСТЕМІ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА
*Сівак І. М.* 261

АНАЛІЗ РОБОТИ ПРОТРУЮВАЧІВ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР
*Ратушний В. В., Онищенко В. Б., Онищенко Б. В.* 263

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПНЕВМАТЧНОЇ ВИСІВНОЇ СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ
*Адамчук О. В., Онищенко В. Б., Онищенко Б. В.* 265

РАЦІОНАЛЬНЕ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ – ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ
*Мельник В. І., Романашенко О. А.* 268

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ОБПРИСКУВАЧА ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ
*Онищенко Б. В., Онищенко В. Б.* 271

АНАЛІЗ РОБОТИ САМОХІДНОЇ КОСАРКИ
*Кузьменко В. Ф., Онищенко В. Б.* 272

УДОСКОНАРЕННЯ РОТАЦІЙНИХ РІЗАЛЬНИХ АПАРАТІВ КОРМОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН
*Кузьменко В. Ф., Онищенко В. Б.* 274

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ НАВІСНОГО МОДУЛЯ ДО РОЗКИДАЧА ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ
*Онищенко В. Б., Онищенко Б. В.* 275

УДОСКОНАЛЕННЯ СЕПАРУЮЧОГО ПРИСТРОЮ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН
*Герук С. М, Міненко С. В., Онищенко В. Б., Онищенко Б. В.* 277

РОЗРОБКА ДИСКО-ЧИЗЕЛЬНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ОДНОЧАСНИМ ВНЕСЕННЯМ ДОБРИВ ДЧ-4,5
*Пономар Ю. В., Насонов В. А ., Онищенко В. Б.* 278

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ
*Волик Д. А.* 280

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВИХ СЕПАРАТОРІВ
*Степаненко С. П., Мельник В. А., Котов Б. І.* 282

ПІДБИРАЧ ВАЛКІВ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО
*Бодак М. В., Дідух В. Ф.* 284

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗОРУ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА
*Степаненко С. П., Кузьмич А. Я., Волик Д. А.* 286

ВИКОРИСТАННЯ БУНКЕРІВ-ПЕРЕВАНТАЖУВАЧІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ
*Анеляк М. М., Кузьмич А. Я.* 288

ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СУШАРОК ДЛЯ ФРУКТІВ ТА ОВОЧІВ
*Степаненко С. П., Котов Б. І., Калініченко Р. А.* 290

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ СИСТЕМНИХ ТРАКТОРІВ NEXAT
*Комаров А. С.* 292

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ
*Вечера О. М., Теслюк Б. В.* 295

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АПК
*Вечера О. М., Теслюк Б. В.* 297

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРИЙОМІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ
*Долінський Я. М., Мартишко В. М.* 300

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОДРІБНЮВАЧІВ РОСЛИННИ РЕШТОК
*Лівандовський Р. Б., Мартишко В. М.* 303

АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ ВІДЦЕНТРОВОГО РАДІАЛЬНОГО ВЕНТИЛЯТОРА
*Мельник В. І., Зеленський А. П.* 304

КОМБІНОВАНИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ДОГЛЯДУ ЗА ҐРУНТОМ В САДАХ
*Мартишко В. М.* 306

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ
*Чащовий Д. В., Мартишко В. М.* 308

ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ
*Голіков Р. А., Горовий М. В., Калнагуз О. М.* 309

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ С.Г. КУЛЬТУР З МОДИФІКОВАНИМ ВІБРАЦІЙНИМ БУНКЕРОМ
*Вечера О. М., Теслюк Б. В., Куянов В. В.* 311

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР
*Гетьман М. А., Сіренко Ю. В., Калнагуз О. М.* 314

ОСНОВНІ ЕТАПИ ТА МЕТОДИ ВЕСНЯНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ
*Груць О. А., Горовий М. В., Калнагуз О. М., Сіренко Ю. В.* 316

МЕТОДИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОВІТРЯННОГО ПОТОКУ ПНЕВМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ
*Мельник В. І., Зеленський О. П.* 319

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧІВ НА ЕНЕРГЕТИКУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ
*Лещенко С. М.* 322

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ І ПАРАМЕТРІВ ОРГАНУ ЛЕМІШНОГО ПЛУГА
*Теслюк В. В. , Марценюк І. П., Ікальчик М. І.* 325

АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ
*Теслюк В. В., Шам В. П., Ікальчик М. І.* 326

ОБҐРУНТУВАННЯ ПНЕВМАТИЧНОГО АПАРАТУ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР
*Теслюк В. В. , Тарбєєв Н. Н., Ікальчик М. І.* 328

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ І ПАРАМЕТРІВ ОРГАНУ ЛЕМІШНОГО ПЛУГА
*Теслюк В. В. , Марценюк І. П., Ікальчик М. І.* 331

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДООБРІЗЧИКА ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ
*Барановський В. М., Теслюк В. В., Шам В. П.* 332

АНАЛІЗ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД СІВБУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ
*Теслюк В. В., Шам В. П., М. І. Ікальчик* 335

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЛОСКИХ ДИСКІВ, ЩО ВІЛЬНО ОБЕРТАЮТЬСЯ
*Храмов М. С.* 336

ANALYSIS OF DESIGN FEATURES OF AGRICULTURAL ROBOTS FOR INTER-ROW CULTIVATION
*Vasylkovska K., Vasylkovska M.* 339

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРАНУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ
*Жук Д. Г., Дейкун В. А., Москальченко Р. В.* 343

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО РІШЕННЯ МАШИНИ ДЛЯ ЛУЩЕННЯ ЗЕРНА
*Горбенко О. А., Храмов М. С.* 349

ОЦІНКА ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИСКА ДОЗАТОРА НА ПРОДУКТИВНІСТЬ
*Артьомов М. П., Калюжний О. Д.* 352

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛІСНИХ МАШИН В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
*Пушкаренко О. Ю., Артьомов М. П.* 356

ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА МОБІЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ МЕЗ-115 ТИПУ «АВТОТРАКТОР» НА ҐРУНТООБРОБНИХ ОПЕРАЦІЯХ
*Мірний В. Ю., Погорілий С. П.* 358

**Секція 4** ***«Надійність технологічних систем у тваринництві»*** 361

REGULATORY AND TECHNOLOGICAL PREREQUISITES FOR THE USE OF SEWAGE SLUDGE FOR ORGANIC FERTILISER PRODUCTION
*Bratishko V. V., Khmelovskyi V. S., Achkevych O. M.* 362

ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ МОБІЛЬНОГО ЗМІШУВАЧА-РОЗДАВАЧА КОРМІВ В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА
*Хмельовський В. С.* 365

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВІДЦЕНТРОВОЮ ВОСКОТОПКОЮ
*Харченко О. М., Белих О. В.* 367

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИТОПКИ ВОСКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДРОВ'ЯНОГО ПАРОГЕНЕРАТОРА
*Сиромятніков П. С., Гавриленко О. В., Машталь В. В., Мальцева О. В.* 370

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИТОПЛЕННЯ ВОСКУ З ОБҐРУНТУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ ЦЕНТРИФУЖНОГО АГРЕГАТУ
*Сиромятников Ю. М., Сиромятніков П. С., Харченко О. М., Белих О. В.* 373

АНАЛІЗ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПНЕВМО-МЕХАНІЧНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ДОБУВАННЯ САПРОПЕЛЮ
*Цизь І. Є., Дідух В. Ф., Хомич С. М.* 376

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВАКУУМУ ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ ЕФІРООЛІЙНИХ КУЛЬТУР
*Швидя В. О., Анеляк М. М.* 379

ДИНАМІКА ШВИДКОСТІ ВИХОДУ БІОГАЗУ ПРИ СУМІСНОМУ МЕТАНОВОМУ ЗБРОДЖУВАННІ ГНОЮ ВРХ І ГРАНУЛ СОЛОМИ З ДОДАВАННЯМ СИРОГО ГЛІЦЕРИНУ
*Поліщук В. М., Валієв Т. О.* 381

ALGORITHM OF PROCESS OPTIMIZATION USING THE METHOD OF DYNAMIC SURFACE PLASTIC DEFORMATION
*Baranova O.* 385

ШУМ, ЯК ФАКТОР КОМФОРТУ КОНЕЙ
*Заболотько О. О., Бурлака Н. В.* 388

ВИМ'Я КОРОВИ – СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНА СИСТЕМА
*Заболотько О. О.* 390

АНАЛІТИЧНИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ БРИКЕТІВ З БІОМАСИ УДАРНИМ СПОСОБОМ
*Єременко О. І. , Фомін С. І.* 392

ДОСЛІДЖЕННЯ ОКРЕМИХ РИЗИКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ТА БЕЗПЕКИ ПРАЦІВНИКІВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
*Марчишина Є. І., Івченко А. С.* 396

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НА ФЕРМАХ
*Ребенко В. І.* 398

**Секція 5 *«Конструювання машин і обладнання»*** 402

РОЗРОБКА НОВИХ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ
*Ромасевич Ю. О.* 403

ОПТИМІЗАЦІЯ СУМІСНОГО ПУСКУ МЕХАНІЗМІВ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ ТА СТРІЛИ СТРІЛОВОГО КРАНА
*Ловейкін В. С., Кадикало І. О.* 404

ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНО-РЕЄСТРУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
*Сподоба М.О., Сподоба О.О.* 406

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ НА РОБОТУ МЕХАНІЧНИХ ПЕРЕМІШУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ
*Сподоба М.О., Сподоба О.О.* 408

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАЛОГАБАРИТНИХ БІОГАЗОВИХ РЕАКТОРІВ
*Сподоба М.О., Сподоба О.О.* 410

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПАРАМЕТРИЧНОГО 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАНІ РОБОТІВ
*Сподоба О. О, Сподоба М. О.* 411

ОПТИМІЗАЦІЯ ФОРМИ ЗА ДОПОМОГОЮ CAD ПРОГРАМ 3D – МОДЕЛЮВАННЯ
*Сподоба О. О, Сподоба М. О.* 412

РОЗРАХУНОК ДЕМФЕРА КІНЦЕВОГО ПОЛОЖЕННЯ ЛАНОК МЕХАНІЗМУ
*Сподоба О. О, Сподоба М. О.* 414

ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОПТИМАЛЬНОГО ЗА ШВИДКОДІЄЮ РУХУ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ БАШТОВОГО КРАНА
*Ромасевич Ю. О., Губар Я. С.* 416

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ В РЕЖИМІ СТАБІЛІЗАЦІЇ СВОГО ПОЛОЖЕННЯ
*Ромасевич Ю. О., Зарівний О. Ю.* 417

ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ
*Ловейкін В. С., Ляшко А. П., Стельмах Н. С.* 420

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СУМІСНОГО РУХУ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕСУВАННЯ ВІЗКА ТА ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ КОЗЛОВОГО КРАНА ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ДОВГОМІРНИХ ДЕРЕВНИХ МАТЕРІАЛІВ
*Ловейкін В. С., Ляшко А. П., Коробко М. М., Лишень С. С.* 422

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ВИЛЬОТУ СИСТЕМИ «ВІЗОК-ВАНТАЖ» ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПІДВІСУ ВАНТАЖУ ОДИНАРНИМ ТА ПОДВІЙНИМ МАТЕМАТИЧНИМИ МАЯТНИКАМИ
*Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О., Стехно О.* 424

МОДИФІКАЦІЯ КОМПЛЕКСНОГО ОПТИМАЛЬНОГО ЗАКОНУ РУХУ СИСТЕМИ «ВІЗОК-ВАНТАЖ» БАШТОВОГО КРАНА
*Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О., Стехно О.* 428

ГОМОГЕНІЗАЦІЯ У ТОПОЛОГІЧНІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ: ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИНОБУДІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЧЕРЕЗ МІКРОСТРУКТУРНІ МОДИФІКАЦІЇ
*Пишка Р. Р., Бакай Б. Я.* 431

ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ КОМБІНОВАНОГО ТРЕЛЮВАЛЬНОГО УСТАТКОВАННЯ З ВРАХУВАННЯМ РОБОТИ У СКЛАДНИХ ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ
*Радяк І. В., Бакай Б. Я.* 433

ПОБУДОВА ЗАДАНИХ КРИВИХ ЛІНІЙ НА ПОВЕРХНЯХ НА ПРИКЛАДІ ГВИНТОВОГО КОНОЇДА ДЛЯ ЙОГО АПРОКСИМАЦІЇ РОЗГОРТНИМИ ВІДСІКАМИ
*Несвідомін А. В., Пилипака С. Ф.* 435

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ПРИВОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
*Куликівський В. Л.* 437

ОЦІНЮВАННЯ ВИТКА ШНЕКА НА СТУПІНЬ ЙОГО ВІДХИЛЕННЯ ВІД РОЗГОРТНОЇ ПОВЕРХНІ
*Несвідомін А. В.* 439

ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ВІЗКА З ГАСІННЯМ КОЛИВАНЬ ВПРОДОВЖ РОЗГОНУ
*Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О., Стрижак В. В.* 440

**Секція 6** ***«Новітні матеріали і технології в сільськогосподарському машинобудуванні»*** 443

АНАЛІЗ 3D-ДРУКУ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИБОРУ ПЛАСТИКА, ЩО ГАЗИФІКУЄТЬСЯ
*Афтанділянц Є., Квасницька К.* 444

ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНОЇ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ, ВИГОТОВЛЕНИХ З ПОЛІМЕРНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ МОДИФІКУВАННЯМ ФУЛЕРЕНОВИМИ МАТЕРІАЛАМИ
*Аулін В. В., Тихий А. А., Лисенко С. В., Деркач О. Д., Макаренко Д. О.* 445

ОТРИМАННЯ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ (AG, CU) ФУНГІЦИДНОЇ ДІЇ
*Винарчук К.* 447

ВЛАСТИВОСТІ КЕРАМІЧНИХ ЛИВАРНИХ ФОРМ НА ОСНОВІ ВОДНИХ В'ЯЖУЧИХ КОМПОНЕНТІВ
*Семеновський О., Квасницька К.* 448

ЗАЕВТЕКТОЇДНІ СТАЛІ: ВЛАСТИВОСТІ, ОБРОБКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ
*Автухов А. К., Борисенко О. С.* 449

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ЛИВАРНИХ ФОРМ СКЛАДНО-ПРОФІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ
*Семеновський О., Квасницька К.* 450

НОВІТНІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ МОДИФІКУВАННЯ ПОВЕРХНІ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ
*Денисенко М. І.* 451

ОСОБЛИВОСТІ УТВОРЕННЯ РЕЛЬЄФУ НА ПОВЕРХНІ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ ПІСЛЯ ЛАЗЕРНОЇ НАПЛАВКИ
*Денисенко М. І., Дев'ятко О. С.* 454

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ
*Семеновський О., Якубовський В.* 457

ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ГАЛУЗІ
*Семеновський О., Квасницька К.* 458

ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ
*Автухов А. К., Корнєв О. С.* 459

ГІДРАВЛІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРИСТИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЗМІНЕНИХ УМОВАХ ФІЛЬТРАЦІЇ ГАЗУ
*Калюжний О. Б., Брик І. І., Платков В. Я.* 460

ОСНОВНІ СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ЗУБЧАСТОГО ЗЧЕПЛЕННЯ
*Похиленко Г. М., Король Р. Р.* 463

ЛЕГОВАНІ БОРОМ СТАЛІ З СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ
*Похиленко Г. М.* 464

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ НА ТВЕРДОСПЛАВНІ ПЛАСТИНИ
*Похиленко Г. М.* 465

МЕХАНІЗМИ ЗМІЦНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТА РОЗРОБКА КОМБІНОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ОСНОВІ ЛАЗЕРНОГО ЛЕГУВАННЯ
*Манько Є. В., Чумак В. М., Аулін В. В., Тихий А. А.* 467

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА НА ПРИКЛАДІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ
*Бойко Р. Ю., Коваль О. П., Аулін В. В., Тихий А. А.* 470

**Секція 7** ***«Надійність будівель, споруд і технічних систем у будівництві»*** 472

ENVIRONMENTAL ASPECTS IN THE TECHNICAL OPERATION OF THE "ARCELORMITTAL KRYVYI RIH" PLANT
*Bakulina V. M., Kartashov O. V.* 473

ANALYSIS OF MODERN TRENDS IN CREATING THE IMAGE OF ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION OBJECTS
*Bakulin Ye. A., Manuilov D.V.* 475

MONITORING OF THE STRUCTURAL CONDITION OF CONSTRUCTION OBJECTS
*Bakulin Ye. A., Kliuiev V. V.* 478

STRESS STATE OF STEEL-REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OF THE ELEVATOR WORKING TOWER FLOOR STRUCTURES
*Kostyra N. O., Ponomarov P. Ya.* 480

UNIQUE BUILDING MATERIALS: TRANSPARENT WOOD
*Bakulina V. M., Fedorenko I. V.* 483

OPTIMIZATION OF CRANE BEAM REINFORCEMENT WITH 12 M SPAN, ACCORDING TOTHE ANALYTICAL AND COMPUTER CALCULATIONS RESULTS
*Bakulin Ye. A., Halaiev A. O.* 485

INNOVATIONS IN CONSTRUCTION: TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AND MODERN TRENDS
*Bakulina V. M., Pryntsypal O. Ye.* 488

INNOVATIVE BUILDING CONSTRUCTION METHODS: 3D PRINTING
*Bakulina V. M., Suddia O. M.* 490

THE ROLE OF LADIZHYN TPP IN UKRAINE'S ENERGY SECURITY AND THE NEED FOR ITS RESTORATION
*Bakulina V. M., Branitska O. V.* 492

PAINTING AND DECORATION OF BUILDING FACADES
*Bakulina V. M., Orlov M. E.* 494

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ ВПЛИВІВ НА ЖИТЕЛІВ МЕГАПОЛІСІВ
*Мар'єнков М. Г., Головко І. Ю.* 497

FEATURES OF COMPOSITE REINFORCEMENT IN CONSTRUCTION
*Bakulina V. M., Baidak U. M.* 500

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА НАДІЙНУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ
*Усенко М. В., Столбунов М. В.* 503

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАХИСНОЇ СПОРУДИ СТІНИ ІЗ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ
*Бакулін Є. А., Булатецький А. В.* 506

ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА УТВОРЕННЯ НОРМАЛЬНИХ ТРІЩИН У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД АПК
*Яковенко І. А., Рибалко С. О.* 509

ВИСОКОМІЦНІ БЕТОНИ: РОЗРОБКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ
*Усенко М. В., Демидюк Ю. Ю.* 512

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВІБРОІЗОЛЯЦІЇ БУДІВЕЛЬ ПРИ ВПЛИВАХ РЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ
*Мар'єнков М. Г., Фрідліб Є. В.* 514

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КАРКАСНОЇ ЗАХИСНОЇ СПОРУДИ ІЗ БАГАТОШАРОВИМ ПОКРИТТЯМ ПРИ ВПЛИВАХ НАЗЕМНИХ ВИБУХІВ
*Мар'єнков М. Г., Бабік К. М., Фрідліб Є. В., Жемелінський І. В.* 517

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТНИХ УМОВ У ЖИТЛОВИХ ТА ОФІСНИХ ПРИМІЩЕННЯХ БУДИНКІВ ПРИ ВІБРАЦІЙНИХ ВПЛИВАХ ЛІФТІВ
*Мар`єнков М. Г., Акуленко В. В.* 521

ЗАЛЕЖНОСТІ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ ПРИ РІЗНИХ ВИДАХ РУЙНУВАННЯ ЗОНИ ЇХ КОНТАКТУ
*Дмитренко Є. А., Бакай Т. В.* 524

ЗМІНА ПАРАМЕТРІВ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ ПРИ ДІЇ ДОВГОТРИВАЛИХ НАВАНТАЖЕНЬ
*Дмитренко Є. А., Денисенко Д. О.* 527

ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ: ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ
*Усенко М. В., Мартинюк А. В.* 531

КЛАСИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ПОШУК АНАЛІТИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД
*Яковенко І. А., Дмитренко Є. А.* 533

ЗАХИСТ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД КОРОЗІЇ
*Бакулін Є. А., Охріменко Ю. В.* 536

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСМІСІЙНИХ ТЕПЛОВТРАТ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗЕЛЕНИХ БУДІВЕЛЬ ПРИ ЗМІНІ ЇХ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ
*Мартинов В. Л., Мартинюк О. Л., Стаднійчук Д. М., Банний Т. А.* 539

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ДІЙСНОЇ РОБОТИ ПЛОСКОНАПРУЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ У БУДІВЛЯХ ТА СПОРУДАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ
*Яковенко І. А., Сало М. С.* 541

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛІ
*Бакулін Є. А., Подолянко Д. С.* 544

ОСНОВНІ ПРИЧИНИ ПОЯВИ ТА ПОДАЛЬШОГО РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТРІЩИН У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ
*Усенко М. В., Гуляс А. І.* 547

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ 3D-ДРУКУ В БУДІВНИЦТВІ: СУЧАСНІ КЕЙСИ ТА ВИКЛИКИ
*Усенко М. В., Колодій Д. М.* 549

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ
*Обіход С. П., Яковенко І. А.* 552

ПОШУК ЕФЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ АНТИКОРОЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ
*Повтарь О. В., Яковенко І. А.* 556

ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ВИДИ МЕТАЛУ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ МЕТАЛЕВИХ БАЛОК
*Бакулін Є. А., Комаров А. О.* 558

ПОШУК РАЦІОНАЛЬНИХ МЕТОДІВ ПОСИЛЕННЯ ЗОНИ РОЗТЯГУ ЗГИНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННІ БУДІВЕЛЬ
*Яковенко І. А., Мельничук І. М., Андросюк О. А.* 562

**Секція 8** ***«Оцінювання довговічності та моніторинг стану технічних систем»*** 567

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
*Макарець В. В., Сахипзадін М. Р.* 568

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОХИБОК ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ВАРІАТОРІВ ЗЕРНОУБІРКОВИХ КОМБАЙНІВ ТА ЇХ ВПЛИВУ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ
*Лисенко С. В., Мартиненко О. Д.* 570

СУЧАСНИЙ РОЙОВИЙ ІНТЕЛЕКТ В ІНЖЕНЕРНИХ ПРИКЛАДНИХ ЗАВДАННЯХ
*Цюпій Т. І.* 573

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ
*Кириченко О. М.* 576

**Секція 9** ***«Надійність транспортних систем АПК»*** 580

МЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ СТРУКТУРНОЇ НАДІЙНОСТІ ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАНЬ
*Загурський О. М.* 581

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ БЛОЧНО-МОДУЛЬНИХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ
*Макаренко М. Г.* 583

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ РИНКУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ В УКРАЇНІ
*Бащук Л. В.* 586

ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАНЬ
*Грабовський Д. Є., Загурський О. М.* 588

НАДАННЯ ДОПОМОГИ ПОСТРАЖДАЛИМ В ДТП У КОНТЕКСТІ ПІДХОДУ «БЕЗПЕЧНА СИСТЕМА»
*Заярний С. О., Колосок І. О.* 591

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ КАРТОПЛІ З ЕЛАСТИЧНИМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ
*Бучко І. О., Добранський С. С.* 593

ЦІЛІ І ПРИНЦИПИ СТРАТЕГІЇ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ КАНАДИ 2025
*Кривенко О. О., Колосок І. О.* 595

КЕРІВНА ПАРАДИГМА ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ДОРОГАХ США
*Володкевич А. В., Колосок І. О.* 597

СТРАТЕГІЇ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ КАНАДИ
*Кондратюк Р. О., Колосок І. О.* 599

КЛЮЧОВІ ФАКТОРИ, ЩО СПРИЯЮТЬ ДТП У КАНАДІ
Река Д. С., Колосок І. О. 601

ПЕРЕВАГИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ
*Дьомін О. А., Бугай Д. В.* 603

ЗНАЧЕННЯ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ВРОЖАЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР
*Дьомін О. А., Шкаранда Д. І.* 604

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ВПРОВАДЖЕННЯМ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
*Косякевич Д. П., Лисенко С. В., Гевко І. Б.* 605

КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ВЕЛИКОВАГОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНИХ І БЕЗПЕЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
*Аулін В. В., Тертиця О. М., Надич Т. М.* 607

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ
*Зайцев А. М., Аулін В. В., Лисенко С. В., Лівіцький О. М.* 609

СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ НЕСХОРОННИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НАФТОПРОДУКТІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ
*Кульова Д. О., Лисенко С. В., Лівіцький О. М., Голуб Д. В.* 613

***Секція 10 «Надійність техніки і технологічного обладнання (постійно діюча секція для здобувачів вищої освіти)»*** 617

ЕКОНОМІЧНІ НАСЛІДКИ ЗМІН КЛІМАТУ ТА АДАПТАЦІЙНІ СТРАТЕГІЇ ДЛЯ АГРАРНОГО БУДІВНИЦТВА
*Мельник В., Комаров А.* 618

СУЧАСНІ ФІНАНСОВІ ІНСТРУМЕНТИ ОНОВЛЕННЯ ОСНОВНИХ ЗАСОБІВ ПІДПРИЄМСТВА
*Радіола Д. С., Мельник В. І.* 620

ОЦІНКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
*Новицький А. В., Плаксій Д. В.* 621

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ: ВПЛИВ НА ВИТРАТИ ТА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ
*Охріменко Ю. В., Мельник В. І.* 623

ФОРМУВАННЯ АМОРТИЗАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА ПІД ЧАС ВІЙНИ
*Онищенко Д. О., Мельник В. І.* 625

ВІДНОВЛЕННЯ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ ЗВАРЮВАННЯМ
*Коновал В. В., Кузьменко Я. А., Сиволапов В. А.* 626

ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ПОСТАНОВКОЮ СПЕЦІАЛЬНИХ ЧАВУННИХ ВСТАВОК, НАПЛАВЛЕННЯМ І ГАЛЬВАНОПОКРИТТЯМИ.
*Милацький О. І., Сиволапов В. А.* 629

ПРИЛАДИ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ
*Попик П. С. , Пінчук Р. В.* 632

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ І ВУЗЛІВ ТРАКТОРІВ І АВТОМОБІЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТАЛОВМІСНИХ МАСТИЛ
*Попик П. С., Пінчук Р. В.* 633

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕСУРСУ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ПРОСАПНИХ СІВАЛОК
*Харьковський І. С., Лоза А. Є.* 635

ІНФОРМАЦІЙНЕ ВИДАННЯ

# ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

# XII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО -ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

# «КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»
з нагоди 118-ї річниці від дня народження

доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН

КРАМАРОВА Володимира Савовича

(1906-1987)

(20-21 лютого 2025 року)

*Відповідальна за випуск: В. І. Мельник,* доцент кафедри надійності техніки НУБіП України.

*Дизайн і верстка: Ю. І. Ревенко*.

*Адреса редакційної колегії – 03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 16, НУБіП України, навч. корп. 5, кімн. 17.*

**Редакційна колегія не несе відповідальності за зміст представлених матеріалів, поданих в авторській редакції**

Підписано до друку 7.03.2025. Формат 60x84 1/16
Папір Maestro Print. Гарнітура Times New Roman.
Друк. арк.. 18,1. Ум.-друк.арк. 27,2. Наклад 100 прим.
Зам. №
Редакційно-видавничий відділ НУБіП України
03041, Київ, вул. Героїв оборони, 15. Т. 527-80-49, к 117

**© НУБіП України, 2025**