

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



***ЗБІРНИК  
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***X Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди  
116-ї річниці від дня народження  
доктора технічних наук, професора,  
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,  
віцепрезидента УАСГН  
КРАМАРОВА  
Володимира Савовича  
(1906-1987)***

**«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»**

***23-24 лютого 2023 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***

*X International Scientific and Technical Conference dedicated  
to the 116th anniversary of the birth of  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Corresponding Member of VASKhNIL,  
Vice President of the UAAS  
**KRAMAROV**  
Volodymyr Savovych  
(1906-1987)*

**«KRAMAROV'S READINGS»**

*February 23-24, 2023  
Kyiv*

ББК40.7  
УДК 631.17+62-52-631.3

LBC40.7  
UDC 631.17+62-52-631.3

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, віцепрезидента 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. 610 с.

Proceedings of the X International Scientific and Technical Conference dedicated to the 116th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of VASKhNIL, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 23–24, 2023, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2023. 610 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:**

- Ніколаєнко С. М.** – ректор НУБіП України, академік НАПН України, голова організаційного комітету;
- Адамчук В. В.** – директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН, співголова організаційного комітету;
- Кондратюк В. М.** – 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;
- Аулін В. В.** – професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;
- Арак М.** – директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);
- Афтанділянц Є. Г.** – завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;
- Бакулін Є. А.** – завідувач кафедри будівництва НУБіП України;
- Банний О. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
- Бєлоєв Х.** – ректор 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.** – професор кафедри сільськогосподарського машинобудування ЦНТУ;
- Войтюк Д. Г.** – радник ректора НУБіП України, член-кореспондент НААН;
- Герук С. М.** – завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;
- Домейка Р.** – декан відділення Агроінженірингу, Університету Вітаутаса Великого, (Литовська Республіка);
- Захарчук О. В.** – завідувач відділу ННЦ «ІАЕ»;
- Іванишин В. В.** – ректор ЗВО «Подільський ДУ»;
- Івановс С.** – директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій, (Латвійська Республіка);
- Кангалов П.** – проректор Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе (Республіка



Болгарія);

**Ковалишин С. Й.** – декан факультету механіки та енергетики ЛНАУ;

**Коренко М.** – професор Інституту проектування та інженерних технологій  
Словацького аграрного університету в Нітрі, (Словацька Республіка);

**Кузьмінський Р. Д.** – професор кафедри експлуатації та технічного сервісу  
машин ім. О. Д. Семковича ЛНАУ;

**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;

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

**Марус О. А.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну  
НУБіП України;

**Мельник В. І.** – начальник 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);

**Паскуці С.** – професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук  
(DISAAT), університет Альдо Моро 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;

**Продеус О. В.** – керівник відділу ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі  
Україна»;

**Роговський І. Л.** – завідувач кафедри ТС 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;

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

**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»;

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



**КРАМАРОВ Володимир Савович  
(1906-1987)**

**доктор технічних наук, професор, член-кореспондент ВАСГНІЛ,  
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 проектування.

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.

Джерело: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Крамаров,\\_Владимир\\_Саввич](https://ru.wikipedia.org/wiki/Крамаров,_Владимир_Саввич)

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



УДК 621.833: 621.891

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ МЕХАНОЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ ПРИПРАЦЮВАННЯМ

**В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф.,

**А. Є. ЧЕРНАЙ**, здоб.,

**А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., старший дослідник,

**С. В. ЛИСЕНКО**, к.т.н., доц.

*Центральноукраїнський національний технічний університет,*

*м. Кропивницький*

*E-mail: AulinVV@gmail.com*

Працездатність зубчатих передач, їх надійність визначаються механічними властивостями матеріалу зубів, способом остаточної, фінішної оброблювання, що забезпечує досягнення необхідної точності геометричної форми зубів і якості оброблюваної поверхні. Залежно від твердості або термооброблювання сталеві зубчасті колеса поділяють на дві основні групи: твердістю <350 НВ – зубчасті колеса, нормалізовані або поліпшені; твердістю > 350 НВ – з об'ємним загартуванням, загартуванням струмами високої частоти (СВЧ), цементациєю, азотуванням і ін. Ці групи різні за технологією, здатністю навантаження і здатністю до припрацювання.

Твердість матеріалу до 350 НВ дозволяє робити чистову обробку зубів після термооброблювання без застосування малопродуктивних оздоблювальних операцій. При цьому можливе отримання високої точності (без застосування шліфування, притирання і т.п.). Зубчасті колеса цієї групи добре припрацьовуються і не схильні до крихкого руйнування при динамічних навантаженнях.

Після термооброблювання твердість зубців може становити 50 ... 60 HRC, при цьому допустимі контактні напруження збільшуються в 2-2,5 рази, а здатність навантаження зубчастої передачі зростає до 4 разів у порівнянні з зубчастими колесами, не підданими термообробці.

Застосування матеріалів з підвищеною твердістю істотно збільшує навантажувальну здатність зубчатих передач і обумовлює необхідність вирішення низки завдань:

- формоутворення бічних поверхонь зубів після термооброблювання ускладнене, тому термообробку виконують після нарізування зубів, що супроводжується значним викривленням функціональних поверхонь зубчастого колеса. Для виправлення форми зубів потрібні додаткові операції: шліфування, притирання, обкатування і т.д.;

- високотверді матеріали погано припрацьовуються, що вимагає підвищеної точності виготовлення, підвищеної жорсткості валів і опор.

З проведеного аналізу відомих методів фінішної оброблювання зубчатих коліс випливає:

– заготовки зубчатих коліс із зубами високої твердості і великими похибками після термічної або хіміко-термічної обробок по радіальному биттю, коливань довжини загальної нормалі, вимірювального міжосьової відстані на одному зубі, відхилення кроку вимагають застосування високоефективного методу оброблювання, що забезпечує хорошу оброблюваність і високу виправну здатність;

– механічні методи оброблювання, забезпечуючи хорошу виправність вихідного контуру зуба, мають недостатню продуктивність через важку оброблюваність;

– раніше розроблені технологічні схеми на основі електрохімічного методу оброблювання, забезпечуючи хорошу оброблюваність при малій залежності від твердості поверхні зубів, не створюють умов для достатньої локалізації процесу і, як наслідок, не завжди забезпечують необхідну точність оброблювання.

Запропоновано високоефективний метод фінішного оброблювання високотвердих зубів зубчатих коліс механоелектрохімічним припрацюванням.

Механоелектрохімічне фінішне припрацювання зубів шестерень, цементованих і загартованих до HRC 60...62, є комбінованим процесом, що забезпечує високу ефективність в отриманні зубчатих коліс з підвищеною зносостійкістю і здатністю навантаження.

Даний спосіб забезпечує підвищення продуктивності і точності оброблювання за рахунок поліпшення геометричних параметрів зачеплення інструменту і деталі і кінематичних параметрів оброблювання. Поліпшення технологічних показників досягається способом електроалмазного оброблювання зубів зубчатих коліс, що полягає в безперервному прокачуванні обмеженої кількості електроліту через міжелектродний зазор між зубчастою заготівкою (анод) і інструментальним зубчастим колесом (катод), утворення на оброблюваних поверхнях зубів заготовки зубчастого колеса поверхневої плівки і подальшого зняття його інструментальним зубчастим колесом.

В роботі побудована математична модель механоелектрохімічної обробки зубчатих коліс, що дозволить визначати якісні характеристики обробленої поверхні в залежності від таких параметрів, як товщина зміцненого шару, товщина шару розчину електролітів відхилення по кроку і радіальне биття. Встановлено, що найкраще уточнення евольвентного профілю відбувається при рівномірному розподілі припуску по бічній поверхні зубів, товщині алмазного шару 0,1 мм і товщині шару розчину електроліту 0,15 мм.

Вивчено вплив характеру розподілу припуску по поверхні зуба на процес уточнення. Найкраще уточнення профілю зуба досягається при рівномірному розподілі припуску на обробку (в 1,45 рази). Найгірші результати за відносним уточненням досягаються при максимальному значенні припуску у вершини зуба заготовки практично незалежно від умов подачі електроліту в міжелектродний зазор (в 1,2 раза).

Показано, що усунення відхилення по кроку під час обробки не відбувається. Вплив величини кута відхилення бічної поверхні зуба на точність

обробки бічних поверхонь сусідніх зубів практично не проявляється. Радіальне биття при заданих числових параметрах не здійснює істотного впливу на уточнення евольвентного профілю.

Для виконання експериментальних досліджень створена експериментальна установка для здійснення процесу механоелектрохімічної обробки в умовах вільного припрацювання з додаванням притискної сили. Установка дозволяє здійснювати обробку при частоті обертання катода-інструменту від 200 до 1000 об/хв. при максимальному струмі до 600 А. Дослідження показали, що збільшення частоти обертання з 300 до 1000  $\text{хв}^{-1}$  призводить до збільшення продуктивності в 1,5-2,0 рази.

Виконано експериментальні дослідження точності параметрів зубчатих коліс, шорсткості поверхні евольвентних профілів, зносу алмазного шару катода-інструменту, а також продуктивності процесу. Встановлено, що шорсткість бічних поверхонь зуба знижується в 3-10 разів при тривалості припрацювання 8...10 хв.

Для визначення періоду стійкості катода-інструменту з алмазним шаром виконано експериментальне дослідження зносу алмазного шару в процесі обробки. Встановлено, що переважає знос у вигляді випадання алмазних зерен з зв'язки без утворення майданчиків зносу на алмазних зернах. Це пояснюється малими швидкостями різання (до 7 м/хв.) і малою дугою контакту евольвентної поверхні зуба з катодом-інструментом. Величина зносу для алмазів 125/100 становить 0,1мкм/деталь. Період "стійкості" катода-інструменту становить 500-1000 деталей.

Досліджено динаміка і характер зносу катода-інструменту. Встановлено, що знос носить характер випадання зерен алмазу з зв'язки без утворення майданчиків зносу. Це пояснюється малими швидкостями різання і малою дугою контакту евольвентної поверхні зуба з катодом-інструментом.

У процесі дослідження мікротвердості поверхонь зубів після механоелектрохімічної обробки встановлено, що має місце деяке знеміцнення бічної поверхні зуба в межах 9...17%. Тому рекомендується на завершення циклу припрацювання здійснювати вигладжування без накладення струму.

Досліджено вплив виду зачеплення (без зміщення, передполюсне, позаполюсне) на величину швидкості ковзання як фактора, що визначає процес різання алмазним зерном. Встановлено, що вид зачеплення несуттєво впливає на процес уточнення профілю зуба. При зміні частоти обертання колеса і катода-інструменту з 250 до 1000 об/хв. швидкість ковзання змінюється з 0,2 до 5,76 м/хв. Більш істотний вплив на процес обробки надає зміна напрямку ковзання як фактор видалення стружки із зони обробки. При передполюсному зачепленні вектор швидкості ковзання спрямований в бік ніжки зуба, що ускладнює процес видалення стружки.

Експериментально досліджено процес уточнення зубчатого колеса після механоелектрохімічної обробки. Встановлено, що за радіальним биттям має місце уточнення в 1,41 рази, по довжині загальної нормалі – в 1,22 рази, по відхиленню кроку – в 1,23 рази, по коливанню вимірювальної відстані за один

оберт – в 1,34 рази, по відхиленню вимірjuвальної міжосьової відстані на одному зубі – в 1,84 рази.

Таким чином, проведені дослідження показали ефективність механоелектрохімічного способу припрацювання зубчатих передач і підвищення їх ресурсу, а отже і надійності.

УДК:621.771

## ОКРЕМІ ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧОГО ШАРУ ЧАВУННИХ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ

**А. К. АВТУХОВ**, доктор технічних наук, професор  
**Є. В. КОВАЛЕВСЬКИЙ**, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
**М. О. СТІЛЯНИЙ**, здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

При прокатуванні металу в поверхневому шарі чавунних хромонікелевих формуючих інструментів, відбувається складний комплекс механічних, теплових і хімічних процесів. Нагрівання і охолодження, що багато разів повторюються, сприяють накопиченню розмірних і об'ємних змін у робочому шарі [2]. До причин таких явищ відносяться зміна розширення, в результаті графітизації цементиту, окислення, тріщиноутворення, пороутворення, газонасиченість, поліморфні перетворення, напруги і деформації, які призводять до прискорених змін його структури та властивостей, що спричиняє знос валків. Зношування може бути природним, прискореним або передчасним.

Природне зношування - використання валка до граничного діаметра за відсутності проміжного пошкодження бочки. Прискорене зношування валків виникає внаслідок непродуктивної витрати (сошліфування, обточування) частини робочого шару для видалення неглибоких дефектів (тріщин, включаючи розпал, викришки, зони підвищеного вироблення). Передчасне зношування виникає внаслідок зниження твердості бочки нижче рівня вимог, відповідних нормативно-технічної документації по діаметру бочки, недостатньому для продовження експлуатації валка [1].

Вітчизняні та зарубіжні публікації, що стосуються зниження швидкості зношування валків з хромонікелевого чавуну показують, що виконано велику кількість досліджень з розробки нових та оптимізації застосовуваних складів валкових сплавів їх модифікації, удосконалення технології виливки та термообробки [3]. Проте, до сьогодні питання створення чавунів з оптимальними зносостійкими властивостями потребує подальших рішень.

### Список використаних джерел

1. Скобло Т. С. Автухов А. К., Климанчук В. В. Причины и характеристика

отказов листопрокатных валков станов горячей прокатки. *Металлургия машиностроения*. 2014. №3. С. 14-17.

2. Скобло Т. С., Автухов А. К., Климанчук В. В. Характеристика процессов, влияющих на интенсивность разрушения рабочей поверхности прокатных валков. *Сталь*. 2014. №11. С. 82-85.

3. Автухов А.К. Обобщение разработок по использованию и производству хромоникелевого чугуна для изготовления прокатных валков. *Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві: Вісник ХНТУСГ Х.*: ХНТУСГ, 2017. Вип.183. С. 64-76.

**УДК 621.791**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКЦІЇ СІРКИ ТА ФОСФОРУ ПІД ЧАС ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ**

**І. М. РИБАЛКО**, доктор технічних наук

**А. В. ЗАХАРОВ**, аспірант

*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

**О.В. САЙЧУК** доктор технічних наук, професор

*Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж  
імені В.І. Вернадського*

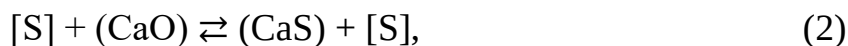
Сірка – одна з найбільш шкідливих домішок у сталі. Сірка потрапляє в наплавлений метал з основного металу та наплавочних матеріалів. Найбільша її кількість міститься в кремнемарганцевих (кислих) флюсах до 0,15%, найменше у фтористо-кальцієвих (основних) до 0,05%. Перевага електрошлакової технології заключається у рівномірному розподілі сірки по всьому об'єму наплавленого металу незалежно від складу застосовуваного флюсу. Ступінь десульфурації залежить від вихідного вмісту сірки в металі, хімічного складу шлаку та режиму наплавлення, а також від вмісту легуючих елементів, що впливають на активність сірки в сталі. В цілому процес десульфурації при ЕШН можна представити у вигляді двох стадій: перехід сірки з металу в шлак і потім із шлаку в атмосферу. З металу в шлак сірка переходить за реакцією:



За ступенем зменшення десульфуруючої здатності шлакові системи можна розмістити в наступний ряд:  $CaF_2-CaO$ ,  $CaF_2-MgO$ ,  $CaF_2-Al_2O_3$ . Збільшення вмісту вапна в шлаку підвищує його десульфуруючу здатність. Збільшення вмісту  $SiO_2$  та  $TiO_2$ , що підвищують кислотність шлаків, навпаки, її знижують. Так, добавка 6%  $SiO_2$  в шлак системи  $CaF_2-Al_2O_3-CaO$  знижує його десульфуруючу здатність на 70% [1]. Введення в шлак  $Al_2O_3$  не дає суттєвого

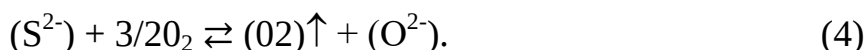


зростання його десульфуруюча здатність. Крім реакції (1) процес десульфурації металу може йти при взаємодії сірки з оксидами кальцію або заліза:



Частина сірки видаляється в атмосферу. Причому із шлаків із підвищеною основністю сірка видаляється слабше, ніж із фторидних.

Відповідно до роботи [2] видалення сірки зі шлаку може відбуватися за реакцією:



В результаті шлак окислюється, проте сірка видаляється в атмосферу в вигляді оксиду  $SO_2$ . Розподіл сірки між шлаком і металом значною мірою залежить від коефіцієнта її активності в металі чим він менший, тим більший вміст сірки в металі. У свою чергу коефіцієнт активності залежить від вмісту в сталі легуючих елементів [3]. За інших рівних умов вміст сірки в металі буде більшим, якщо він легований Ni, V, Cr, Cu, No і Mn, і менше, якщо він містить Al, C, Si і P.

Рід та полярність струму впливають на десульфурацію металу. Сірка може переходити в шлак в результаті простої катодної реакції [4], аналогічної хімічної реакції (1):



Десульфурація найповніше протікає при електрошлаковому процесі на змінному струмі і найменшою мірою на постійному струмі прямої полярності. Кінцевий ефект десульфурації залежить від швидкості дифузії сірки. Щоб її збільшити, необхідно підвищувати температуру та зменшувати в'язкість шлаку.

Фосфор також шкідлива домішка у металі. У наплавлений метал фосфор потрапляє з основним металом та наплавними матеріалами. Сучасні марганцеві флюси містять фосфор, внесений марганцевою рудою. Тому найбільший перехід фосфору з флюсу в наплавлений метал спостерігається при електрошлаковому процесі під флюсом АНФ-29 і значно менший при використанні флюсу АН-22 (рис. 1) [5].

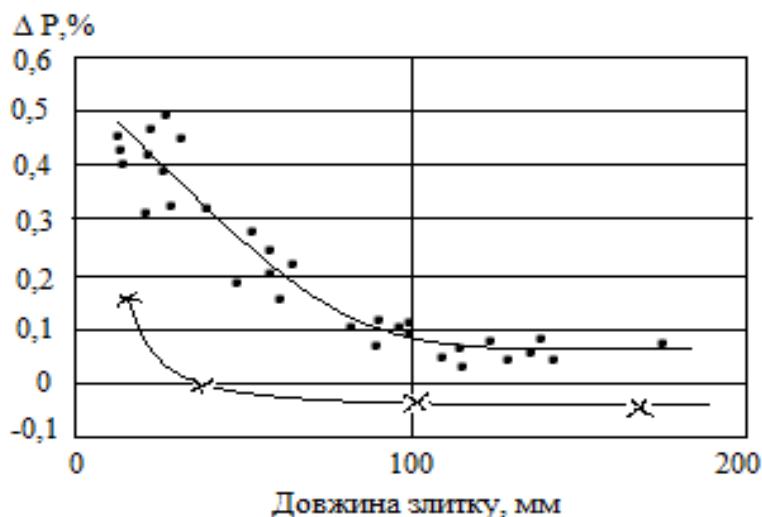


Рисунок 1 – Перехід фосфору з проте сірка видаляється в атмосферу шлаку в наплавлений метал:  
• – флюс АНФ-29;  
х – флюс АН-22



Як показує досвід, видалити фосфор із наплавленого металу під час використання сучасних флюсів практично не вдається. Тому основний метал та наплавні матеріали повинні бути достатньо чистими за фосфором.

### **Список використаних джерел**

1. Латаш Ю.В. Електрошлаковий переплав. / Ю.В. Латаш, Б.І. Медовар – М.: Металургія, 1970. – 237 с.
2. Дакуорт У. Електрошлаковий переплав. / У. Дакуорт, Д. Хойл – М.: Металургія, 1973. – 197 с.
3. Кусков Ю.М. Електрошлакова наплавка в струмопідвідному кристалізаторі: - Ефективний спосіб виготовлення та відновлення деталей / Ю.М. Кусков, І.А. Рябцев // Зварювальник. – 2006. – №3. – С. 18-20.
4. Патон Б.Є. Нові електрошлакові технології та матеріали / Б.Є. Патон, Л. Б. Медовар // Автоматичне зварювання. – 2003. – № 10. -С. 188-193.
5. Удосконалення способу електрошлакового наплавлення із забезпеченням високої твердості наплавленого шару / Я.Ю. Компан, А.Н. Сафонніков, А.Н. Петров, Е.А. Свірський // Зварювальне виробництво. – 1994. – № 4. – С. 17-19.

**УДК 62-192**

### **ЙМОВІРНІСНЕ ОБГРУНТОВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПАСУ ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА РАПТОВИМИ МЕХАНІЧНИМИ ВІДМОВАМИ**

**О. І. АЛФЬОРОВ**, д.т.н., доцент  
*Сумський національний аграрний університет, м. Суми,*  
**В. Б. САВЧЕНКО**, к.т.н., доцент  
*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*  
*E-mail: alfogor0204@gmail.com,svit-v@ukr.net*

Відомі моделі прогнозування ймовірності безвідмовної роботи елементів при багаторазовому екстремальному навантаженні припускають, що випадкові величини несучої здатності кожного з елементів за період експлуатації не змінюються, зберігаючи початкові значення, тобто. "фіксовані у часі" [1-3]. Таке припущення може бути виправдане, якщо режим використання елемента за призначенням є відносно стабільним, а температурний та інші супутні фактори знаходяться в допустимих межах і практично не впливають на несучу здатність. За наявності випадкового розсіювання фіксованої в часі несучої здатності найбільша ймовірність раптової відмови має місце при першому екстремальному навантаженні, а з кожним наступним навантаженням умовна ймовірність відмови зменшується. Враховуючи цю обставину в якості

нормованих та прогнозованих показників безвідмовності елементів за раптовими механічними відмовами доцільно використовувати дві величини:

$R_1$ - ймовірність безвідмовної роботи за першого екстремального навантаження;

$R_m$  - ймовірність безвідмовної роботи при заданій кількості  $m > 1$  екстремальних навантажень.

Кожен із цих показників має самостійне значення, оскільки величиною  $R_1$  визначається рівень безвідмовності у початковий (гарантійний) період експлуатації, що особливо важливо з метою забезпечення надійності техніки сезонного використання. Показник  $R_m$  характеризує безвідмовність об'єкта за тривалий період експлуатації (термін служби) та дозволяє заздалегідь прогнозувати можливі витрати, зумовлені раптовими відмовами.

Якщо відповідні нормативні значення кожного з показників безвідмовності, що задовольняють споживача, задані:  $[R_1]$  та  $[R_m]$ , то при проектуванні вибір коефіцієнта запасу  $K^*$  повинен забезпечувати одночасне виконання двох умов:

$$\begin{aligned} R_1(K^*) &\geq [R_1]; \\ R_m(K^*) &\geq [R_m]. \end{aligned}$$

Аналіз даних про ймовірно обґрунтованих коефіцієнтах запасу [1, 4, 5] свідчить про наявність залежності величини необхідного запасу від виду передбачуваних законів розподілу екстремального навантаження та несучої здатності. Тому в умовах невизначеності щодо виду розподілів навантаження та несучої здатності при практичних розрахунках доцільно використовувати такі значення верхніх меж для коефіцієнта запасу, які у реальному діапазоні можливої зміни коефіцієнтів варіації несучої здатності  $V_n$  та навантажуваності  $V_n$  давали гарантії забезпечення заданої ймовірності безвідмовної роботи.

### Список використаних джерел

1. Grynchenko O., Alfeyorov O. (2020) Mechanical Reliability. Prediction and Management Under Extreme Load Conditions. Springer Nature Switzerland AG,. 125 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-41564-8>
2. Гринченко А.С., Алферов А.И. (2017) Основы прогнозирования и управления надежностью в условиях экстремальных нагрузок. Харьков ТОВ «Планета - Принт» 136 с.
3. Wan L, Chen H, Ouyang L, Chen Y (2020) A new ensemble modeling approach for reliability-based design optimization of flexure-based bridge-type amplification mechanisms. Int J. Adv. Manuf. Technol. 106 (1–2):47–63. DOI [10.1007/s00170-019-04506-3](https://doi.org/10.1007/s00170-019-04506-3)
4. Alfeyorov O, Grynchenko O, Ponomarenko V, Shchur T, Tomporowski A, Kruszelnicka W, Walichnowska P. (2022) Agricultural Equipment Design Optimization Based on the Inversion Method. Agriculture. 12(9):1410. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091410>

5. Гринченко А.С., Алферов А.И. (2017) Прогнозирование надежности элементов машин при случайном пуассоновском потоке экстремальных нагружений. Научный журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». 7, 141-148

УДК 631.431

## АБРАЗИВНІ ВЛАСТИВОСТІ СЕРЕДОВИЩА ҐРУНТУ

**К. В. БОРАК** д.т.н., доцент  
*Житомирський агротехнічний фаховий коледж*  
**Д. І. РУДНІК** магістрант  
*Поліський національний університет*

За класифікацією дисперсних систем по агрегатному стану ґрунт відноситься до капілярних систем.

Для об'єктивної оцінки абразивних властивостей ґрунту необхідно розглянути його фазовий склад рис. 1.

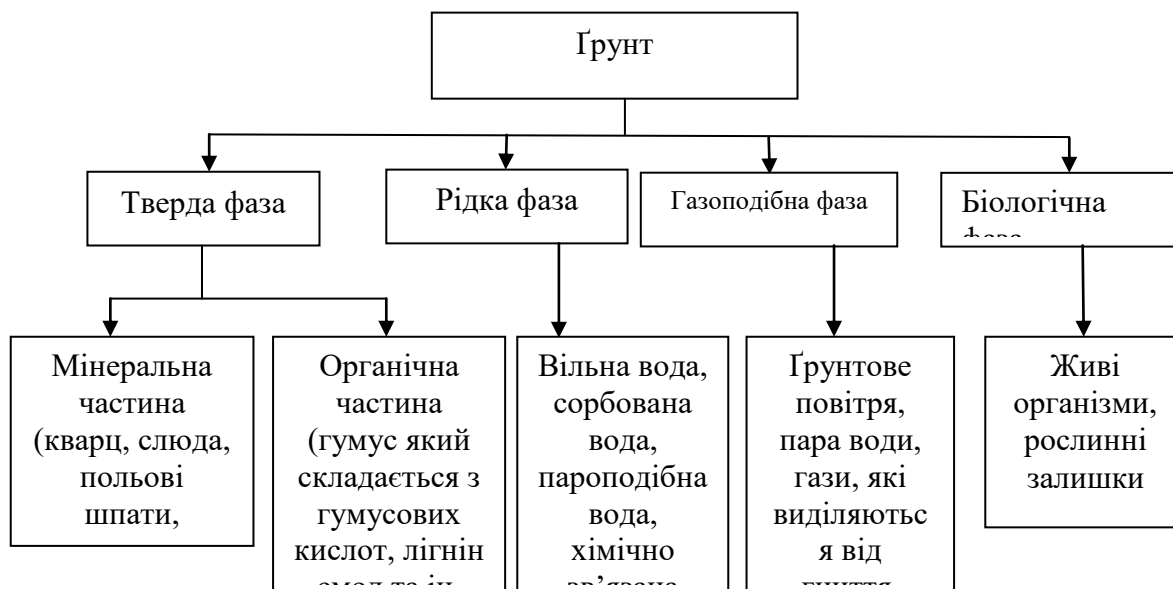


Рис. 1. Фазовий склад ґрунту

Зношувальна здатність ґрунту залежить від його фазового складу. В загальному вигляді її можна описати рівнянням:

$$Z_{\text{ґрунт}} = \omega_1 Z_1 + \omega_2 Z_2 + \dots + \omega_n Z_n \quad (1)$$

де  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$  – об'ємна частка 1, 2 ... n-го елемента системи ( $\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n = 1$ );  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  – зношувальна здатність фаз ґрунту.

Як видно з рис. 1 ґрунт складається з чотирьох фаз: тверда ( $Z_1$ ), рідка ( $Z_2$ ), газоподібна ( $Z_3$ ), біологічна фаза ( $Z_4$ ).

Зношувальна здатність твердої фази ґрунту залежить від вмісту твердих мінеральних частинок, твердість яких рівна або більша за твердість матеріалу робочого органу, їх розміру, форми та ступеню закріплення абразивних частинок:

$$f(Z_1) = (K_{\phi}, T_a, P_a, C_z, B_a) \quad (2)$$

де  $K_{\phi}$  – коефіцієнт форми абразивних частинок;  $T_a$  – твердість абразивних частинок;  $P_a$  – розмір абразивних частинок;  $C_z$  – ступінь закріплення абразивної частинки в ґрунті;  $B_a$  – вміст твердих мінеральних частинок, твердість яких рівна або більша за твердість матеріалу робочого органу.

Тверда фаза визначає, в основному, абразивні властивості ґрунту, але інші фази ґрунту також можуть суттєво впливати на механізм та інтенсивність абразивного зношування поверхні робочих органів ґрунтообробних машин.

Розглянемо ґрунт як неоднорідне сипуче тіло зі здатністю до утворення монолітних складових. Висунемо ряд припущень:

1. Дане «тіло» здатне до самоорганізації (переходити з одного стану в інший протягом часу);
2. Перехід, при самоорганізації, з одного стану в інший відбувається поступово;
3. Ґрунт є відкритою системою;
4. Ґрунт складається з чотирьох підсистем (фаз) (рис. 2).

Враховуючи, що ґрунт складна нелінійна нерівноважна дисипативна відкрита система, яка здатна до самоорганізації: процес спонтанного росту порядку і організованості в системі. Таку систему слід розглядати за допомогою синергетичного підходу.

Абразивні властивості ґрунту змінюються в часі тому необхідно провести дослідження ймовірного стану даного об'єкту на фіксованому інтервалі часу. В загальному випадку зміну абразивних властивостей ґрунту можна представити схемою (рис. 2).

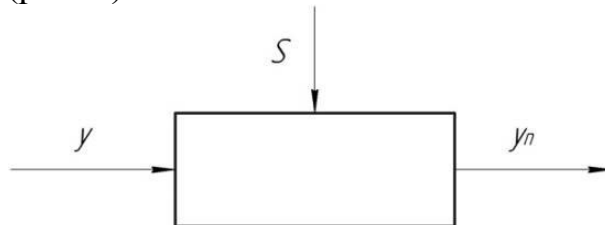


Рис. 2. Схема зміни абразивних властивостей середовища ґрунту:

$y$  – початкова величина абразивних властивостей ґрунту;  $y_n$  – прогнозована величина абразивних властивостей ґрунту;  $S$  – перешкоди (погодні умови, механічний вплив на систему)

Прогнозована величина  $y_n$  в загальному випадку представлена як змінна стану системи (ґрунту), на вхід якої подаються величина  $y$  і яка знаходиться під

дією відповідних перешкод  $S$ . В результаті спостереження отримуємо вибірку реалізацій  $y_{nt}$ ,  $t \in N$  і  $y_t \in N$ .

Для побудови математичної моделі, яка б дозволила прогнозувати зміну абразивних властивостей ґрунту необхідна апріорна інформація. Оскільки, при прогнозуванні будемо використовувати синергетичний підхід, то об'єм інформації буде мінімальний і будувати моделі будемо без врахування деяких факторів.

Один з основних факторів, який впливає на абразивність ґрунту це ступінь закріплення абразивної частинки. Для оцінки ступеня закріплення абразивної частинки в ґрунті використовували показник  $c$  – питоме зчеплення, кПа.

Прогнозування зміни абразивних властивостей ґрунтів проводилися на основі експериментального методу. Лабораторні дослідження проводили в закритому приміщенні з постійною температурою. Імітацію опадів та дії рушіїв сільськогосподарських машин проводили через 24 години від початку дослідження.

Перед проведенням лабораторних досліджень по вивченню зміни абразивних властивостей ґрунту протягом певного часу, були проведенні дослідження в експлуатаційних умовах. В результаті чого отриманні данні по величині питомого зчеплення для різних типів ґрунтів (табл. 1.).

Таблиця 1

Результати експлуатаційних досліджень

| № | Місце проведення    | Тип ґрунту (за механічним складом) | Вологість, % | Наявність кореневої системи        | Глибина від поверхні, мм | Питомого зчеплення $c$ , Па |
|---|---------------------|------------------------------------|--------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1 | Овруцький район     | Піщаний                            | 10,06        | Без кореневої системи              | 100                      | 6784,5                      |
| 2 | Коростенський район | Супіщаний                          | 7,3          | Коренева система багаторічна трава | 100                      | 5134,68                     |
| 3 | Житомирський район  | Глинистий                          | 16,8         | Коренева система озимої пшениці    | 100                      | 6407,1                      |

В результаті досліджень встановлено, що збільшення вологості призводить до зростання ступеня закріплення абразивних частинок. Виявлено, що закономірність притаманна всім типам ґрунтів і зберігається до насичення ґрунту вологою.

Ґрунт є складною системою, яка здатною до самоорганізації, що в свою чергу призводить до зміни абразивних властивостей в процесі функціонування. Для визначення впливу тривалості самоорганізації та наявності перешкод були проведенні дослідження. За результатами проведених досліджень побудовані графічні залежності прогнозування зміни абразивних властивостей ґрунтів (рис. 1). В загальному випадку математичну модель, яка описує зміну величини питомого зчеплення, можна представити у вигляді поліноміальної функції другого порядку:

$$y = ax^2 + bx + c \quad (3)$$

де  $a$ ,  $b$  і  $c$  – експериментально визначенні коефіцієнти.

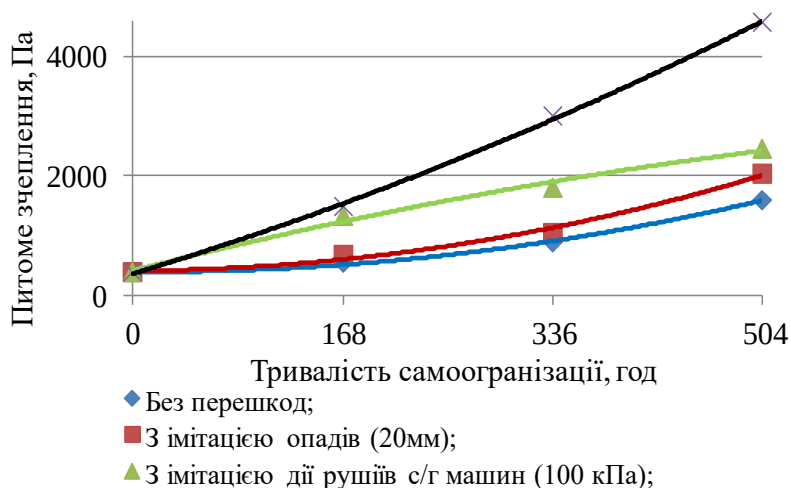


Рис. 1. Зміна питомого зчеплення для піщаних ґрунтів в результаті самоорганізації ґрунтового середовища

УДК 631.312.021.3

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ЛЕМЕШІВ ПЛУГІВ

**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

**Ю. А. КОНОНОВ**, провідний інженер

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва*

*Національної академії аграрних наук*

*E-mail: nnc-imesg.0930@ukr.net*

Лемеші плугів працюють в жорстких умовах абразивного зношування і потребують відновлення та зміцнення.

Підвищенню ресурсу лемешів плугів при їх відновленні та зміцненні присвячена велика кількість сучасних досліджень, основною концепцією яких є підвищення їх зносостійкості та міцності матеріально-виробничими, конструкційними та технологічними методами.

Підвищення ресурсу матеріально-виробничими методами полягає в підборі більш зносостійких матеріалів, хоч це в певній мірі збільшує вартість деталей.

Матеріально-виробничі методи підвищення ресурсу лемешів плугів наведено в табл. 1 [1, 2].



Табл. 1 Матеріально-виробничі методи підвищення ресурсу лемешів плугів

| Характеристика матеріалу                                                              | Техніко-економічні показники                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                       | Позитивні                                                                                                                                                                 | Негативні                                                                                                                                                            |
| Середньо-вуглецеві сталі низьколеговані Si і Mn з технологічними до-бавками B, Ti, Al | Підвищення зносостійкості завдяки зміцненню фериту при розчиненні в ньому Mn (до 1,5 %) і (чи) Si (до 2 %). Мікролегування B, Ti, Al покращує дрібнозернистість структури | Наявність в загартованій сталі залишків нерозчиненого при нагріві фериту знижує зносостійкість. При підвищеному вмісті бору відбувається зниження ударної в'язкості. |
| Високовуглецеві сталі, леговані Cr і W                                                | Підвищення твердості металічної матриці                                                                                                                                   | Збільшення вартості. Викришування карбідів при надмірній концентрації. Затуплення леза при незначному зношенні його за шириною (10-15 мм)                            |
| Сірі, високоміцні та леговані чавуни                                                  | Підвищення зносостійкості в 2-3 рази                                                                                                                                      | Низька пластичність і ударна в'язкість через наявність в структурі вільного графіту чи цементиту                                                                     |

Підвищення ресурсу конструкційними методами полягає у встановленні змінних зносостійких елементів в місцях найбільшого зношування лемешів плугів, але це збільшує вартість деталей.

Конструкційні методи підвищення ресурсу лемешів плугів наведено на рис [2, 3].



Рис. Конструкційні методи підвищення ресурсу лемешів плугів

Залежно від виду обробки технологічні методи підвищення ресурсу лемешів плугів можна поділити на групи [4]:

- термомеханічні методи (спільний вплив теплової і кінетичної енергії для отримання зносостійких шарів: газотермічне напilenня, плакування поверхні, зміцнення металу чи сплаву ударною хвилею);

- термічні методи (вплив теплової енергії на матеріали з метою зміни структури металевих матеріалів у твердому стані (загартування, відпуск, відпал) чи зміни стану металу (перехід із твердого стану в рідкий і назад в твердий), що піддається поверхневому переплавленню чи наварюванню, наплавленню);

- хіміко-термічні методи (спільний вплив теплової енергії і хімічно активного середовища на метал, що обробляється, з метою насичення його іншою речовиною для одержання необхідних властивостей поверхневого шару зі зміненим хімічним складом і структурою (боридування, азотування, цементация та ін.).

Серед технологічних методів підвищення ресурсу найбільшого поширення набули термічні методи (дугове, індукційне та ін., окрім лазерного та електронно-променевого, що потребують складного дорогого обладнання), що надають можливість отримувати зносостійкі поверхневі шари товщиною до кількох міліметрів.

Термічні методи підвищення ресурсу лемешів плугів наведено в табл. 2 [4].

**Табл. 2. Термічні методи підвищення ресурсу лемешів плугів**

| <b>Назва способу (товщина відновленого шару)</b>                                             | <b>Техніко-економічні показники</b>                                                                          |                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                              | <b>Позитивні</b>                                                                                             | <b>Негативні</b>                                                                                                      |
| Дугове ручне та напівавтоматичне наплавлення порошковими дротами та електродами (2,0–6,0 мм) | Універсальність, велика продуктивність, можливість отримання заданого легованого металу при наплавленні      | Велике проплавлення основного металу, особливо при наплавленні дротом                                                 |
| Плазмове наплавлення (0,3–6,0 мм)                                                            | Висока якість наплавленого металу; мала глибина проплавлення основного металу за високої міцності зчеплення  | Невелика продуктивність, необхідність у складному обладнанні                                                          |
| Індукційне наплавлення (0,4–3,0 мм)                                                          | Мала глибина проплавлення основного металу; висока ефективність в умовах серійного виробництва               | Необхідність використання матеріалів, які мають температуру плавлення нижчу за температуру плавлення основного металу |
| Газополуменеве наплавлення (0,3–3,0 мм)                                                      | Мале проплавлення основного металу, універсальність методу, підвищення зносостійкості в 1,5–2 рази           | Низька продуктивність, наявність зварювальних деформацій та дорогі витратні матеріали                                 |
| Ремонтними елементами з додатковим точковим зміцненням (> 6,0 мм)                            | Простота і доступність обладнання та методу, можливість отримання заданого легованого металу при наплавленні | Значне проплавлення основного металу                                                                                  |

За результатами аналізу методів підвищення ресурсу лемешів плугів з урахуванням умов технічної можливості та економічної доцільності встановлено, що одним із найперспективніших є метод відновлення лемешів плугів ремонтними елементами з додатковим точковим їх зміцненням зносостійкими матеріалами.

### **Список використаних джерел**

1. Волощенко С. М. Створення наукових засад структуроутворення у високоміцному чавуні для підвищення зносостійкості змінних деталей

сільгосптехніки та транспорту : дис. ... докт. техн. наук : 05.02.01. Київ, 2018. 249 с.

2. Бернштейн Д. Б., Лискин И. В. Лемехи плугов. Анализ конструкций, условий изнашивания и применяемых материалов. *Сельскохозяйственные машины и орудия*: обзорн. информ. Серия 2. Вып. 3. Москва, 1992. 35 с.

3. Василенко М. О., Буслаєв Д. О., Калінін О. Є., Кононогов Ю. А. Обґрунтування способів та матеріалів для кріплення змінних зносостійких елементів до поверхонь ґрунтообробних робочих органів для підвищення їхньої довговічності. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: міжвідом. темат. наук. зб. Глеваха, 2018. Вип. № 8 (107). С. 190-197.

4. Ющенко К. А., Борисов Ю. С., Кузнецов В. Д., Корж В. М. Інженерія поверхні: підручник. Київ: Наукова думка, 2007. 559 с.

**УДК 621.793**

## **ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЛАЗЕРНИМ ТЕРМОЗМІЩЕННЯМ**

**О. Д. МАРТИНЕНКО**, к.т.н., доцент;

**А. К. АВТУХОВ**, д.т.н., доцент;

**С. В. ЛИСЕНКО**, ст.викладач;

**М. Л. ТИМОШЕНКО, Р. В. НОВІКОВ**, магістранти

*Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.*

*E-mail: martynenko\_dm@ukr.net*

При експлуатації дискових ґрунтообробних знарядь як правило зменшується швидкість самого ґрунтообробного машинотракторного агрегату внаслідок затуплення робочої кромки. Оскільки процес експлуатації дискових ґрунтообробних знарядь проходить в умовах абразивного зношування - це призводить до збільшення енерговитрат агрегатів і погіршення якості обробки ґрунту. На сьогодні вже доведено ефективність застосування лазерної термічної обробки як при виготовленні дискового робочого органу, так і при його реновації або ремонту.

Особливістю термічного циклу лазерної обробки є відсутність довгої витримки при постійній температурі металу, а також те, що за безпосереднім підйомом температури спостерігається миттєве охолодження. При лазерному загартуванні, як і при інших способах обробки конструкційних матеріалів, на етапі нагрівання проходить формування аустенітної структури, а потім на етапі охолодження спостерігається перетворення її в мартенсит.

Процес перетворення перлітної структури в аустенітну при лазерному загартуванні відбувається з великими швидкостями нагрівання металу. Практично це перетворення реалізується при нагріванні вище за температуру

аустенізації. Зауважимо, що при підвищенні швидкості нагрівання матеріалу температура аустенізації підвищується. Крім цього, для різних швидкостей нагрівання характерні різні температури початку та кінця процесу аустенізації.

При виборі раціональних режимів лазерної обробки робочих органів грантообробної техніки виходили з того, що характеристики отриманих зміцнених шарів на поверхнях ріжучих кромek дискового робочого органу повинні бути наближені до тих, які необхідні для реалізації ефекту самозагострення при його русі в абразивному середовищі.

Для реалізації умов самозаточування кромки робочого органу важливим параметром є товщина зміцненого шару. У роботі досліджували взаємозв'язок швидкості переміщення лазерного променя  $V$  при обробці, глибини зміцненого шару  $h$  і щільності потужності лазерного випромінювання  $q$ . Обробку проводили на лазерній установці «Комета 2» у комплексі з технологічним модулем ЛТК «Клімат».

Величина і швидкість зношування досліджуваного матеріалу - сталі 65Г, яка піддавалася об'ємному гартуванню на 36% більше від сталі 65Г, яка піддавалася лазерному термозміцненню. Кут загострення ріжучих кромek дисккових знарядь знаходиться в межах 18...25°, при цьому ріжучі кромки зміцнені лазернотермічною обробкою складали ширину 15...20мм (3-4 кола обертів) при діаметрі лазерної плями  $d=4-5$ мм, глибина зміцнення  $h$  складала 0,5...1,5мм.

Запропонований метод зміцнення при виготовленні реалізує ряд позитивних моментів: - ефект самозагострення ріжучих кромek дискового робочого органу та збільшення його терміну служби у процесі експлуатації; - зменшення тягового опору та підвищення швидкості самого дискового ґрунтообробного агрегату; - підвищення якості подрібнення ґрунту.

### **Список використаних джерел**

1. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Слоновский Н.В. Способ восстановления и упрочнения деталей лазерным лучом. //Сб. науч. тр.: Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. Вып. 4: - Харьков: ХГТУСХ, 1997. – С.82-87
2. Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С., Мартиненко О.Д., та ін.. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1. / За ред. О.І. Сідашенко О.І., О.В.Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт». – 2018. - 416с.
3. Аулін В.В. Визначення технологічних параметрів лазерної обробки деталей з урахуванням специфіки впливу променя на конструкційні матеріали / В.В. Аулін, О.Й. Мажейка, Є.К. Солових // Вісник інженерної академії України. –2002. –№ 2. –С.30–41.
4. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Науменко А.А., Слоновский Н.В. Метод восстановления длинномерных деталей, предварительно подвергнутых химико-термической обработке // Труды 5<sup>ой</sup>

Международ. науч.- прак. конф. “Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве”. – Харьков: ХНПК “ФЭД”. 2002. – С. 367-371.

5. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Слоновский Н.В. Математическое обоснование режима лазерной обработки деталей, предварительно подвергнутых химико-термической обработке для повышения прочности восстанавливаемых покрытий // Вестник Национального технического университета “ХПИ”. Сб. науч. тр. тем. вып. “Динамика и прочность машин”. Вып. 10. Т.2. – Харьков: НТУ “ХПИ”. 2002. - С. 138-160.

**УДК 658.27:339.13:631.12**

**JEL Classification Q 01; D 24; P 42**

## **КАПІТАЛІЗАЦІЯ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА ЇХ ІНВЕСТИЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

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

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.

Динаміка основних показників капіталізації сільського господарства показує, що первісна (переоцінена) вартість основних засобів сільського господарства, мисливства та надання пов'язаних із ними послуг, за нашими оцінками та на підставі розрахунків державної служби статистики, на початок 2022 р. становила близько 600,0 млрд грн. (21,7 млрд дол), або майже 6% загальної вартості основних засобів національної економіки України. Порівняно з відповідним показником 2021 р. вартість капіталізації збільшилася на 70 млрд грн, або на 15%, що є позитивним результатом зростання інвестицій (2,3 млрд. дол) у згадану галузь.

За перше півріччя 2022 року за нашими оцінками з урахуванням втрат, пов'язаних із військовими діями росії на території України було пошкоджено та втрачено основних виробничих засобів сільськогосподарських підприємств (будівлі, техніка, сільськогосподарські машини та інвентар) на 90-100 млрд. грн, що становить 15,0-17,0 % від їх загальної вартості. У 2022 році рівень



капіталізації сільського господарства зменшиться майже на половину до 12,0-12,5 млрд дол. Основні причини: інфляція, відтік інвестицій через війну, знищене та втрачене майно на окупованих територіях.

Із визначенням реальної ринкової вартості капіталізації складається тяж парадоксальна ситуація. Якщо протягом 2020 р. було введено в дію нових основних засобів на 44,9 млрд грн, то вибуло – всього лише на 21,3 млрд грн., або вдвічі менше. Але причиною цього «позитивного» явища стало те, що обліковування основних засобів аграрного виробництва, які списуються, в цінах їх придбання 15-20-річної давнини, за купівлі таких уже в сьогоденні, значно вищих цінах.

Недооцінка капіталізації аграрного сектору призводить до штучного завищення результативності сільськогосподарської діяльності. Розрахунок нормативної потреби в основних виробничих засобах сільськогосподарського вказує на їх нестачу та недооцінку. Обсяг розрахункової нормативної потреби майже вдвічі перевищує фактичний на 1 січня 2021 р. – 940,5 та 530,7 млрд грн. Розрахунок свідчить, що на 1 січня 2021 р. нормативна вартість капіталізації на вироблену сільськогосподарську продукцію повинна б становити 1734,4 млрд грн, що у 3,8 раза більше від фактичного показника на 1 січня 2021 р., а у 2025 р. – 2224,4 млрд грн, або у 4,8 раза більше.

Інвестиційні процеси у сільському господарстві України останній час вирізнялися нестабільним характером та періодичними кризами (2013–2014 і 2019–2020 рр.). У 2010–2020 рр. – середньорічний темп проросту інвестицій склав лише 11,5%. У 2021 р. інвестиційно-інноваційна діяльність агровиробників активізувалася і вийшла на результат більше 2,3 млрд дол. США, що є одним з найкращих результатів за роки незалежності України.

Протягом 2016–2021 рр. загальні розміри капітальних інвестицій на гектар угідь становили від 70 до 100 дол. США. А лише за умов капіталовкладень від 150 дол. США/га можна говорити, що країна розвивається у напрямку інноваційно-інвестиційної модернізації. У 2022 році прогнозується зменшення інвестицій до 1,2 млрд. дол.

Сучасною особливістю інвестиційного процесу в сільському господарстві є зменшення участі в ньому малого агробізнесу. Якщо його частка у загальному обсязі капітальних інвестицій в 2017 р. становила 42,9%, то в 2018 – 37,6, 2019 р. – 32,5, а в 2020 р. – 31,5%, у 2021 р. – менше 30,0%. Що ж стосується їх частки в основних виробничих засобах сільського господарства, то, починаючи з 2017 року вона стрімко зменшувалася і в 2021 році становила лише 10,6% від вартості основного капіталу.

Свою продукцію малі підприємства реалізують переважно ринковим посередникам за нижчими цінами. До того ж вони мають порівняно вищі ризики втрати продукції й майна внаслідок рейдерських захоплень, менші можливості кредитування й отримання державної підтримки тощо. Понад 90,8% усіх інвестицій – це власні кошти підприємств та організацій, 8,5% кредити банків та позики, частка держави становить 0,4%. Підтримка і



стимулювання інвестиційної діяльності суб'єктів малого агробізнесу має бути одним з найважливіших завдань сільськогосподарської політики держави.

Вплив великого агробізнесу на прийняття рішень щодо використання бюджетних коштів та непрозорість розподілу фінансів посилюють монополізм в галузі та стримують процеси інвестування розвитку малих та середніх сільськогосподарських підприємств. Нарощування аграрного сировинного експорту, який забезпечує достатньо високий рівень прибутковості, негативно позначається на розвитку як окремих компаній, які втрачають стимули вкладати додаткові інвестиції, у тому числі в інновації, так і всієї галузі, а також гальмує розвиток переробної промисловості.

У 2022 р., в умовах широкомасштабної війни Російської Федерації проти України, слід очікувати на чергову найбільш глибоку інвестиційну кризу в сільському господарстві. На підконтрольних територіях товаровиробники будуть спрямовувати свої інвестиційні ресурси переважно на просте відтворення основного капіталу, збереження наявних виробничих потужностей і в приріст оборотного капіталу. 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 посилює процес декапіталізації сільського господарства.

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.

Непередбачуваність нинішніх умов економічного середовища, зростання конкурентних ризиків та специфіка розвитку аграрного сектору вимагають покращення капіталізації аграрних підприємств та їхнього інвестиційного забезпечення, тому для покращення ситуації доцільно:

- запровадити практику оцінки та переоцінки капіталізації сільського господарства у воєнний і післявоєнний час;
- визначити інвестиційну підтримку малого і середнього бізнесу, особливо на депресивних та постраждалих від війни територіях.
- створити сприятливий інвестиційний клімат для продукування спільних підприємств з провідними виробниками техніки, або будівництвом ними власних виробничих потужностей на території України;
- розробити заходи щодо стимулювання оновлення основних засобів через державну підтримку капіталооснащення аграрного виробництва;
- розробити положення щодо державної підтримки сільськогосподарського машинобудування та виробництва міні-техніки;

- здійснювати виважену протекціоністську політику для мінімізації імпорту тих видів техніки, виробництво яких налагоджене в Україні в достатніх обсягах;
- створити умови для приватних інвестицій, зокрема й іноземних, для відбудови сільськогосподарських підприємств в післявоєнний період.

### Список використаних джерел

1. Tripti Singh. 3 Important Capital Assets Required in a Farm. URL : <https://www.businessmanagementideas.com/farms/3-important-capital-assets-required-in-a-farm/5685>.
2. Матеріально-технічне забезпечення сільського господарства України : посіб. / [Лупенко Ю. О., Захарчук О. В., Вишневецька О. В. та ін.] ; за ред. Ю. О. Лупенка та О. В. Захарчука. Київ : ННЦ ІАЕ, 2015. 144 с.
3. Модернізація матеріально-технічної бази аграрних підприємств : монографія / [Захарчук О. В., Войтюк В. Д., Могилова М. М. та ін.] ; за ред. О. В. Захарчука та В. Д. Войтюка. Київ–Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2019. 305 с.
4. Захарчук О. В., Вишневецька О. В., Нечитайло В. В., Іоніцой Є. Ю. Методичні та практичні аспекти підвищення капіталізації агробізнесу. Економіка АПК. 2021. № 9. С. 41–51.

УДК 621.705

## ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

С. М. ГЕРУК, к.т.н., доц., с.н.с.

*Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м.Житомир*

*E-mail: mega\_sgeruk@ukr.net*

Підвищення опору деталі руйнуванню при різних видах експлуатаційного навантаження може бути досягнуто *технологічними методами* об'ємного або поверхневого зміцнення. *Об'ємне зміцнення* підвищує статичну міцність деталей, у яких робочі напруги розподілені по перетину більш-менш рівномірно. Для таких деталей використовують високоміцні сталі і сплави, композиційні матеріали. Однак більшість деталей працює в умовах, при яких експлуатаційне навантаження (тиск, нагрівання, дія навколишнього середовища і т. п.) сприймається головним чином їх поверхневим шаром. Тому зносостійкість, зародження і розвиток втомної тріщини, виникнення вогнищ корозії залежить від опору поверхневого шару руйнуванню. Для деталей, руйнування яких починається з поверхні, розроблено велику кількість методів

поверхневого зміцнення, заснованих не нанесенню покриттів або зміни стану (модифікації) поверхні.

При нанесенні покриттів зміцнення деталей досягається шляхом осадження на її поверхню матеріалів, які за своїми властивостями відрізняються від основного металу, але найбільш повно відповідають умовам експлуатації (знос, корозія, хімічний вплив і т. п.).

При зміні стану (модифікації) поверхневого шару відбувається фізико-хімічне зношування в металі, що підвищує його опір руйнуванню. Модифікування поверхневого шару може здійснюватися деформаційним зміцненням (ППД), поверхневою термообробкою, дифузійним нанесенням легуючих елементів.

У виробництві і техніці відомі та використовуються багаточисельні технологічні способи для підвищення зносостійкості деталей. Основні технологічні заходи, що підвищують зносостійкість і довговічність машин, можна розділити на наступні групи:

1. Застосування сучасних методів для створення матеріалів необхідної міцності для різних умов експлуатації машин і отримання з них заготовок високої якості, близьких за формою і розмірами до готових деталей;

2. Застосування сучасних технологічних прийомів, що забезпечують виготовлення деталей заданої точності і стабільності, як за розмірами так і за фізико-механічними властивостями;

3. Застосування сучасних методів контролю якості матеріалів, заготовок і готових виробів за відповідними показниками надійності;

4. Застосування процесів зміцнюючої обробки (технології) для отримання необхідної якості робочих поверхонь деталей машин з високим опором зношуванню і відмовам у різних умовах експлуатації.

Методи зміцнюючих технологій для підвищення зносостійкості деталей машин накопичували на протязі багатьох десятиріч розвитку машинобудування. Серед найбільш розповсюджених необхідно назвати наступні:

- хіміко-термічна обробка: цементация, азотування, хромування;
- ціанування, силіціювання, алітування, сульфоціанування і сульфідкування та ін.;
- термічна обробка: поверхневе гартування полум'ям, високочастотне гартування, поверхневе гартування з нагрівом в електроліті, лазерне зміцнення;
- хімічна обробка: глибоке анодування, оксидування, фосфатування;
- поверхневе пластичне деформування: обкатка кульками і твердосплавними роликками, шротоструменева обробка, алмазне виглажування, зміцнення чеканкою, гідрополірування, обробка поверхні вибуховим навантаженням;
- гальванічні покриття: хромування, нікелювання, залізнення, борування, радіювання, посрібнення, луження, свинцювання і покриття сплавами;
- хімічні покриття: нікелювання, хромування, покриття кобальтом і сплавами нікель-кобальт;

- способи придання поверхні антифрикційних властивостей: графітування, накатування (заглиблення канавки), нанесення покриттів у вакуумі, нанесення дисульфиду молібдену, фрикційне латунювання і бронзування - ФАБО (фінішна антифрикційна безабразивна обробка), покриття пластмасами (вихровий і газополуменевий методи), металізація напиленням;

- наплавка: електродугова, електрошлакова, вібродугова;

- електроіскрове зміцнення тощо.

Технологічні способи зниження інтенсивності зношування спрямовані на досягнення оптимальної топографії поверхні тертя, забезпечення низького опору зсуву на межі розділу тіл, що труться і поліпшенню структури поверхневого шару зношуваного тіла.

**Формування раціональної топографії.** Для кожного вузла тертя і певних режимів його експлуатації характерна своя оптимальна топографія поверхонь, що сполучаються, при якій спостерігається мінімальна інтенсивність зношування. Вона встановлюється в процесі опрацювання незалежно від вихідної мікрогеометрії.

Тому розроблено ряд технологічних прийомів створення на поверхні тертя кишень змащення:

- За допомогою абразивного інструменту створюється сітка рідко розташованих глибоких канавок;

- Обкатка деталей роликами, кульками або алмазним інструментом.

У період переходу від тертя спокою до тертя ковзання мастильний матеріал видавлюється з канавок і частково заповнює його недолік у зоні тертя.

**Нанесення захисних покриттів.** Найбільш перспективним методом підвищення зносостійкості є нанесення захисних покриттів на поверхню тертя деталей. Для цього використовують матеріали, що мають високу адгезійну здатність до деталі, низький опір зсуву і здатність витримувати без руйнування багаторазові деформації.

До них відносять: м'які метали (мідь, олово, свинець тощо), тверді мастильні матеріали (графіт, диселеніди та дисульфід металів) та композити на основі полімерів. Особливу увагу заслуговують покриття, що являють собою пористий каркас, наприклад з міді, пори якого заповнюються сухим мастилом.

Для важко навантажених вузлів тертя використовують деталі, на поверхні яких сформована плівка із твердих матеріалів типу нітрид титану, оксид алюмінію, карбіди та борида, покриття на основі металів або полімерів, що містять ультраалмази (частинки синтетичних алмазів розміром 4-8 нм).

Покриття наносять електролітичним осадженням, напиленням, зануренням, припіканням, електромагнітною напавкою та ін.

**Опромінення потоками енергії високої густини.** Для підвищення зносостійкості деталей використовують лазерне легування тонких поверхневих шарів металів і сплавів, локальне поверхнєве загартування сталей, лазерне зміцнення титанових сплавів шляхом оксидування поверхневого шару та зниження їх нанодоронування в процесі тертя.

**Хіміко-термічна обробка поверхні.** Цей метод дозволяє змінювати структуру та властивості поверхневого шару металів шляхом насичення його атомами легуючих елементів у процесі теплової обробки в хімічно активному середовищі.

Залежно від виду легуючого елемента розрізняють: цементацію, азотування, сульфоціанування, силікування, оксидування, фосфатування, сульфидування, хромування та ін.

**Як термообробка** застосовується поверхнєве загартування:

- полум'яна - нагрівання поверхні деталі газовими пальниками (газове середовище - суміш кисню з ацетиленом) або за допомогою плазмотрона (пристрій, що генерує плазму);
- Поверхнєве загартування з контактним нагріванням струму від понижуючого трансформатора (зварювального).
- СВЧ-загартування - індуктор з охолодженням;
- Загартування з нагріванням в електроліті.

Тобто підвищення опору деталі руйнуванню при різних видах експлуатаційного навантаження може бути досягнуто різними *технологічними методами*.

**УДК 621.9.048**

## **УСТАНОВКА ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ФЕРОПОРОШКОМ**

**В. Г. РУДЕНКО**, викладач

**І. О. БУЧКО**, викладач

**С. С. ДОБРАНСЬКИЙ**, викладач

**М. О. КІРИЄНКО**, викладач

***Житомирський агротехнічний фаховий коледж м. Житомир***

Найбільш поширеним явищем є знос посадкових місць під підшипники кочення обертових деталей сільськогосподарських машин різного призначення.

Режими відновлення призначаються з урахуванням діаметра поверхні, що відновлюється, величини її зносу, матеріалу деталі, матеріалу порошку і його грануляції. Пристосування для відновлення валів феророшками в магнітному полі змонтовано на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1К62.

Установка складається з наступних основних вузлів:

- а) приставка до токарно-гвинторізного верстата;
- б) пульт контролю та регулювання електричних параметрів;
- в) джерело технологічного струму.

На підставі літературного огляду патентованих досліджень розроблено принципову електричну схему відновлення та зміцнення валів електричними розрядами в магнітному полі (рис. 1.)

Електромагнітна котушка 1 встановлена в латунному корпусі листового металу закритому зверху кришкою. До корпусу кріпиться щиток 5, в якому змонтовані тумблер і електричний роз'єм. У ланцюзі «корпус – кришка – щиток» є електроізолюючі прокладки, для розмикання контуру вихрових струмів. У каркас котушки вкесаний набірний сердечник 2. Для збільшення жорсткості корпусу до нього приклепаний уголок. У полюсному наконечнику 3, виконаному із цільного шматка металу, є змінний вкладиш. Полюсний наконечник приварений до пластинчастої пружини, що кріпиться на прокладки. Напруга від зварювального трансформатора через клему подається на пластинчасту пружину. Внутрішній дозуючий пристрій через гумову прокладку закріплено на основі, яка у свою чергу гумовими опорами встановлена на кришці.

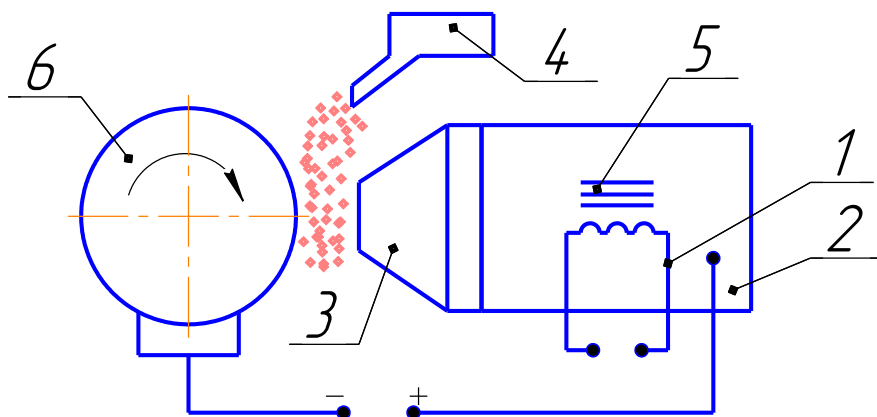


Рис. 1. Принципова схема відновлення та зміцнення валів електричними розрядами у магнітному полі

1 – електромагнітна котушка; 2 – набірний сердечник; 3 – полюсний наконечник; 4 – бункер для порошку; 5 – щиток; 6-деталь

Приставка кріпиться в різцетримачі токарно-гвинторізного верстата моделі 1К62. Деталь закріплюється в трикулачковому патроні і підтискається центром задньої бабки (для випадку, коли деталь є катодом). Якщо деталь входить у зварювальний ланцюг як анод, необхідно її ізолювати від корпусу з допомогою діелектричних втулок. Далі підключаються зварювальні дроти ланцюга управління.

Технологічний процес відновлення зношеної поверхні виконується в наступній послідовності:

- деталь необхідно промити, знежирити, висушити;
- виміряти величину зносу (не більше одного міліметра на діаметр);
- закріпити деталь у патроні, піджати центрами чи встановити у центрах;
- засипати феропорошок у бункер;
- встановити режими відновлення (силу струму, частоту обертання заготовки, зазор між наконечником та деталлю);
- увімкнути верстат, а потім зварювальний струм та ланцюги управління;
- включити поздовжню подачу (коли відновлювана поверхня більша за ширину наконечника);



- при отриманні необхідної товщини нанесеного шару феропорошка вимкнути зварювальний струм та ланцюги живлення, зупинити верстат.

**УДК 331.5:004.896:631.1(477)**

## **РОБОТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК АСПЕКТ ФОРМУВАННЯ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ**

**В. І. МЕЛЬНИК**, к. е. н., доцент кафедри надійності техніки

**Р. Ф. АХМЕДОВ**, студент магістратури

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Статистичні дані за останні десятиліття свідчили про зниження загальної кількості зайнятих в аграрному секторі економіки України. Це стосувалось як кількості найманих працівників підприємств, установ та організацій, так і власників присадибних господарств. Так, на початку 2000-х років середньостатистичне аграрне підприємство України мало у штаті до 200 працівників, а після 2015 року – в середньому не більше 50. До переліку згаданих підприємств не включено аграрні холдинги, оскільки їх чисельність загалом знаходилась на рівні 5%, а із розмірами понад 10 000 га – близько 0,3% від кількості підприємств. Водночас відбулось зростання обсягу сільськогосподарських угідь в обробітку з розрахунку на одного зайнятого в аграрному виробництві працівника загалом від 10 – 15 до майже 50 – 100 га і більше, якщо зважати на великі агрохолдинги. Прогнозується, що проблема забезпеченості кадрами аграрного сектору поглиблюватиметься війною в Україні.

На нашу думку, роботизація здатна знівелювати негативні аспекти цього процесу, адже власник зможе управляти та забезпечувати функціонування технологічних процесів роботизованого виробництва значно ефективніше та з істотно меншими витратами праці й часу. Сама ж праця при цьому набуває більш привабливого характеру, що може мотивувати молодь до роботи в агросекторі. Інтелектуалізація, що є основою роботизації аграрного виробництва дозволить в цілому суттєво зменшити не лише економічні втрати внаслідок нераціонального використання обмежених трудових ресурсів, але може дати поштовх розвитку нових професій, пов'язаних з обслуговуванням вказаних інноваційних технологій, що матиме компенсувальний характер для одночасного вивільнення працівників.

Також в цьому може полягати сенс відродження сільських територій на інноваційних засадах концепції їх розвитку.

Роботизація праці в агрокомплексі – це шлях для оптимізації процесів, витрат, залучення молоді в галузь. Уже сьогодні можна спостерігати, як

вітчизняний агробізнес залучає робітників у землеробстві, молочному скотарстві, прогнозуванні обсягів та продажів аграрної продукції.

#### Список використаних джерел

1. Автоматизація та роботизація – перспективи розвитку сільського господарства. *Technology*. URL: <https://kas32.com/ua/post/view?id=282>
2. Кернесюк Ю. Роботизація молочного агробізнесу. *Агробізнес сьогодні*. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichniy-hektar/item/10147-robotyzatsiia-molochnoho-agrobiznesu.html>
3. Мороз О. В., Семцов В. М., Острий І. Ф. Холдинги в сучасному сільському господарстві України: наслідки, масштаби та перспективи діяльності. *Ефективна економіка*. 2017. № 6. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5627>

УДК 338.5:621

### ВПЛИВ СИРОВИННОЇ СКЛАДОВОЇ НА ФОРМУВАННЯ РИНКУ АВТОМОБІЛІВ (НА ПРИКЛАДІ КРЕМНІЄВОГО ДЕФІЦИТУ)

**М. ЛІСЕЦЬКИЙ**, студент медичного факультету  
*Гданський медичний університет, м. Гданськ, Республіка Польща*  
**Б. БАЛЮК**, студент магістратури механіко-технологічного факультету  
**В. МЕЛЬНИК**, кандидат економічних наук, доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Загальновідомо, що кремній становить 27,6 % в масі земної кори, але продукція з його використанням відрізняється широким спектром. Поширене його використовують у виробництві комп'ютерних чипів, автомобільних запчастин, скла, бетону тощо. В очищеному вигляді він є складником сонячних батарей, процесорів, сировиною для виробництва герметиків, дезодорантів, а також силікону, який широко застосовується в медицині.

Бувши другим за поширеністю елементом на Землі, кремній виявився в дефіциті, що створило загрозу стабільності для безлічі промислових галузей, які зосереджені на продукуванні від автомобільних запчастин до комп'ютерних компонентів. Загалом склалась несприятлива ситуація для всієї світової економіки. Не став винятком навіть такий специфічний і останнім часом привабливий напрям, як майнінг криптовалют, що потребує процесорів з великою кількістю напівпровідникових елементів. Через вищевказані причини ця сфера також стає менш рентабельною, оскільки виробники комп'ютерних процесорів вимушені підіймати ціну на свій товар.

За даними геологічної служби США USGS у 2016 р. найбільший обсяг видобутку кремнію очолювали такі країни: Китайська народна республіка (4,6 млн т); Сполучені Штати Америки (396 тис. т); Норвегія (380 тис. т), Франція (121 тис. т). Як бачимо, головним виробником металевого кремнію є Китай, тому саме від нього залежить ситуація з виробництвом цього матеріалу, а значить і виробів з нього. Феросиліцій, залізо-кремнієвий сплав, який містить різні співвідношення елементарного кремнію та заліза, становить близько 80% від світового виробництва елементарного кремнію, а Китай, станом на 2016 рік визначався провідним постачальником елементарного кремнію, що забезпечував 23% від світового видобутку, більша частина якого є у вигляді феросиліцію.

Нестача металевого кремнію на початку 2020-х рр. була викликана скороченням виробництва в Китаї. Протягом більшої частини минулого століття ціна на металевий кремній коливалася в межах \$ 1200-2600 за тону. Тепер ціна виросла до \$ 10 500. З початку червня 2020 до жовтня 2021 року цей матеріал подорожчав на 400%.

Масштабне скорочення випуску кремнію в Китаї тепер позначається у вигляді дефіциту цього металу по всьому світу. А з огляду на залежність різних галузей від кремнію, ситуація може значно погіршитися найближчим часом. В машинобудуванні, а саме в автомобільній промисловості кремній активно використовується під час виготовлення блоків циліндрів сучасних двигунів та інших деталей. До того ж автомобільна промисловість, яка у нових автомобілях на основі електродвигунів передбачає велике різноманіття електронної техніки, що будується на базі напівпровідникових елементів, і так перебуває під ударом дефіциту чипів. Так, наприклад, в Tesla повідомили, що виробництво було загальмовано дефіцитом і підвищенням ціни на чіпи. Volkswagen також заявили, що очікують на негативні наслідки дефіциту мікросхем. Раніше Toyota Motor приблизно на 100 тис. одиниць скоротила плановий обсяг виробництва на цей рік в наслідок недостатнього постачання напівпровідників.

За даними дослідження Alix Partners у 2021 році індустрія могла б продати на 7,7 млн автомобілів більше. Однак їх просто не змогли виробити через дефіцит чипів.

Зараз продажі легкових автомобілів на п'яти найбільших ринках Європи на 40% нижчі, ніж до пандемії у 2019 році. Це означає, що криза напівпровідників залишається невирішеною. Також негативну роль у дефіциті зіграло і вторгнення РФ в Україну. Через бойові дії посилились проблеми з ланцюгом постачання і зменшило продажі автомобілів у Європі у 2022 році.

У лютому цього року американська компанія Intel купила виробника чипів Tower Semiconductor за \$5,4 млрд. Це дозволить наростити виробництво чипів, а також відкриває для компанії нові ринки: TS працює з клієнтами, доступу до яких в Intel через обмежену лінійку пропозиції чипів не було.

### Список використаних джерел

1. Ward L. Кремній: історія, властивості, структура, отримання, використання. *WARBLETONCOUNCIL*. URL: <https://uk.warbletoncouncil.org/silicio-3368>
2. Грицина М. До кінця 2021 року техніка значно подорожчає через масштабний дефіцит кремнію. URL: <https://pingvin.pro/gadgets/news-gadgets/dokinczya-2021-roku-tehnika-znachno-podorozhchaye-cherez-masshtabnyj-deficyt-kremniyu.html>
3. Дмитрук В. В. Дефіцит кремнієвих матеріалів для виробництва радіоелементів та вторинних джерел енергії. *Матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій»*. – Тернопіль 24-25 листопада 2021. URL: року: [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/36558/2/MNPK\\_2021v2\\_Dmytruk\\_V\\_V-Deficiency\\_of\\_silicon\\_materials\\_25-26.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/36558/2/MNPK_2021v2_Dmytruk_V_V-Deficiency_of_silicon_materials_25-26.pdf)
4. Шкіль Л. Промислові компанії дістають кремній із пральних машин — через дефіцит чіпів. URL: <https://ain.ua/2022/04/24/kremnij-iz-pralnih-mashin/>

## МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ САМОСТІЙНОЇ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТА ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ «ВИЩА МАТЕМАТИКА» В РЕАЛІЯХ СЬОГОДЕННЯ

**М. Я. РУЖИЛО** старший викладач, *НУБіП України*

Реформування сучасного українського суспільства супроводжується загостренням соціальних проблем. В нинішніх умовах ринку праці та особливостях працевлаштування значно зростають вимоги до професійної компетентності випускників закладів вищої освіти, що обумовлює якісно нові форми та методи вищої освіти, які спрямовані на створення цілісної системи безперервної освіти, на розширення сфери самостійної навчально-пізнавальної діяльності студента, що формують і розвивають навички самоорганізації та самовдосконалення.

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.

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 вміння 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 “самостійна робота”, що означає самостійну навчально-пізнавальну діяльність студента, потрібно вкласти широкий зміст – це і самостійне вивчення теоретичного матеріалу, і самостійне доведення формул чи теорем, і самостійне розв’язування задач чи реферування наукової літератури, участь у проведенні студентських наукових гуртків, наукових конференцій, підготовка тез доповідей, статей, виконання різних завдань.

Основна мета самостійної роботи студентів – це отримання додаткових знань, перевірка отриманих знань на практиці. Працюючи самостійно, студенти, як правило, глибше замислюються над змістом опрацьованого матеріалу. Краще зосереджують свою увагу на матеріалі, ніж це зазвичай буває при поясненні викладача. Тому знання, вміння та навички, набуті студентами в результаті добре організованої самостійної навчально-пізнавальної роботи, бувають міцнішими і ґрунтовнішими, ніж ті, що отримані в аудиторії під час безпосереднього заняття цілої групи студентів з викладачем, особливо, якщо в групі велика кількість студентів. Крім того, в процесі самоосвіти у студентів виховується наполегливість, увага, витримка та інші корисні якості характеру [1].

Зміст самостійної роботи студентів для конкретної дисципліни визначається робочою навчальною програмою цієї дисципліни, методичними матеріалами по цій дисципліні, а також завданнями та вказівками викладача, відповідального за викладання даної дисципліни. Самостійна навчально-пізнавальна діяльність студентів повинна забезпечуватись навчально-методичними засобами, що передбачені для вивчення конкретної дисципліни, а саме – підручниками, навчально-методичними посібниками, електронними варіантами лекцій викладача, методичними вказівками для самостійної роботи студентів, тощо. Доцільно, щоб методичні матеріали для самоосвіти студентів містили питання для самооцінювання та самоконтролю знань. Також для самостійної роботи можна пропонувати студентам додаткову наукову літературу, фахову монографічну літературу чи періодичну [2].

Одним із видів самостійної роботи студентів є самостійне вивчення теоретичного матеріалу за заданими темами. Основна мета таких завдань – навчити студентів читати математичний текст (наприклад, з елементами економіки, чи іншими фаховими вкладеннями), інакше кажучи, навчити їх вчитись.

Не менш важливим видом самостійної науково-пізнавальної роботи є самостійне розв’язування прикладів і задач – це може бути виконання задач по новій темі – так звані домашні завдання, або виконання задач по пройдених темах – так звані індивідуальні завдання. У будь-якому випадку виконання цих



завдань сприяє закріпленню і поглибленню вивченого матеріалу, допомагає виробити навички самоосвіти, дисциплінує і привчає працювати систематично і самостійно [3].

Ще одним із видів самоосвіти студентів є реферування наукової літератури. Суть цієї роботи полягає в тому, що викладач пропонує студентам для самостійного опрацювання певні теми, чи певні наукові роботи, а студенти в процесі вивчення даного матеріалу складають звіт у вигляді реферату, в якому стисло висвітлюють основні моменти опрацьованого матеріалу.

Не менш важливим за перевірку самоосвіти студентів є її оцінювання.

Оцінювання знань, вмінь, навиків студентів у вивченні дисципліни є важливою складовою навчального процесу. Особливо у розрізі модульно-рейтингової системи навчання, що використовується в НУБіП України, оцінки чи бали для студентів є важливим стимулом до навчання, що змушує їх до систематичної роботи, до прагнення якнайкращого виконання завдань, з метою отримання вищих балів. Тому оцінювання виконаної студентом самостійної науково-пізнавальної роботи обов'язково повинно бути включеним в модульно-рейтингову систему навчання. 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.

Організація самостійної навчально-пізнавальної роботи студентів 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.

Тлумачення сутності самостійної навчально-пізнавальної роботи, її мети залежить від загальної концепції навчального процесу. Самостійну роботу можна вважати засобом закріплення та тренування, вироблення вмінь та навичок до самоосвіти. Разом з тим вона являється і способом розвитку творчих здібностей та професійного мислення.

Самостійна навчально-пізнавальна робота сприяє формуванню у студентів інтелектуальних якостей, що так необхідні майбутньому фахівцю. Вона виховує у студентів стійкі навички самоосвіти, постійну потребу поповнення своїх знань, сприяє розвитку працелюбності, організованості, ініціативності, випробовує його сили, дисциплінованість.

Виховання у студентів навиків самостійної роботи з навчальним матеріалом, науковою і навчально-методичною літературою належить до першочергових завдань вищої школи. Адже разом з тим вони виховуватимуть у собі такі якості як системність, діловитість, зосередженість на проблемі чи питанні, без чого не обійтись їм в майбутній професійній діяльності.

### **Список використаних джерел**

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



2. Брадiс В.М. Методика викладання математики: - К. : Вища школа., 1954. – 288 с.
3. Власенко О.І. Методика викладання математики: - К. : Вища школа.,

УДК 351.823.1(100+477)

## ДЕРЖАВНА ПІДТРИМКА АПК. СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА УКРАЇНСЬКІ РЕАЛІЇ

**Б. ІВАНОВ**, студенти магістратури

**В. СОСНОВ**, студенти магістратури

**В. МЕЛЬНИК**, кандидат економічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Необхідність розвитку агропромислового комплексу в Україні обумовлена не лише географічними та кліматичними умовами, а й потребою забезпечення продовольчої безпеки країни та досягнення цілей сталого розвитку. Оскільки сільське господарство має важливе значення для структури ВВП країни, його розвиток є пріоритетним. Навіть до повномасштабного вторгнення РФ на територію України, підприємства агропромислового комплексу не мали достатньої кількості фінансових ресурсів для повного задоволення власних потреб, тому значення державної фінансової підтримки є важливим для їхнього функціонування.

За статистичними даними 2021 року, агропромисловий сектор становив близько 15 % у структурі ВВП України. І хоча відрізнявся істотними темпами зростання, але повністю не використовував свій потенціал. За результатами опитування виробників, головними обмежувальними факторами були погодні умови, недостатній попит на продукцію, нестача робочої сили, матеріалів та устаткування, а також фінансові обмеження. Також особливістю агровиробництва є уповільнений оборот капіталу, що заважає йому повністю реалізувати наявний ресурсний біокліматичний потенціал. Тому задля ефективного розвитку аграрної сфери в Україні необхідна додаткова державна підтримка, а особливо з огляду на те, що цей сектор є вагомим у структурі експорту країни. Так, станом на початок 2022 року аграрне виробництво забезпечувало 41 % валютних надходжень України.

В сучасній науковій літературі є багато різних визначень терміну «державна підтримка». На нашу думку, найбільш повне і точне визначення щодо аграрного сектору сформульовано О.Є. Гудзем, який зазначає, що «державна підтримка аграрного сектору економіки як основний механізм реалізації державної аграрної політики є свідомим створенням сприятливих економічних, правових, організаційних та інших умов розвитку сільськогосподарського виробництва, забезпеченого матеріальними та

фінансовими ресурсами». Іншими словами, очікування сільськогосподарських виробників від держави не обмежуються лише необхідністю фінансової підтримки виробництва. Аграрний виробник потребує також фінансування заходів, що сприяють адаптації виробництва до змін клімату, впровадженню нових стандартів якості та екологічної безпеки продукції, збереженню навколишнього середовища, сталому розвитку сільських територій. Опираючись на дані Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD), можна стверджувати, що Україна у порівнянні з іншими країнами світу виділяла недостатньо коштів на підтримку сільського господарства (рис. 1).

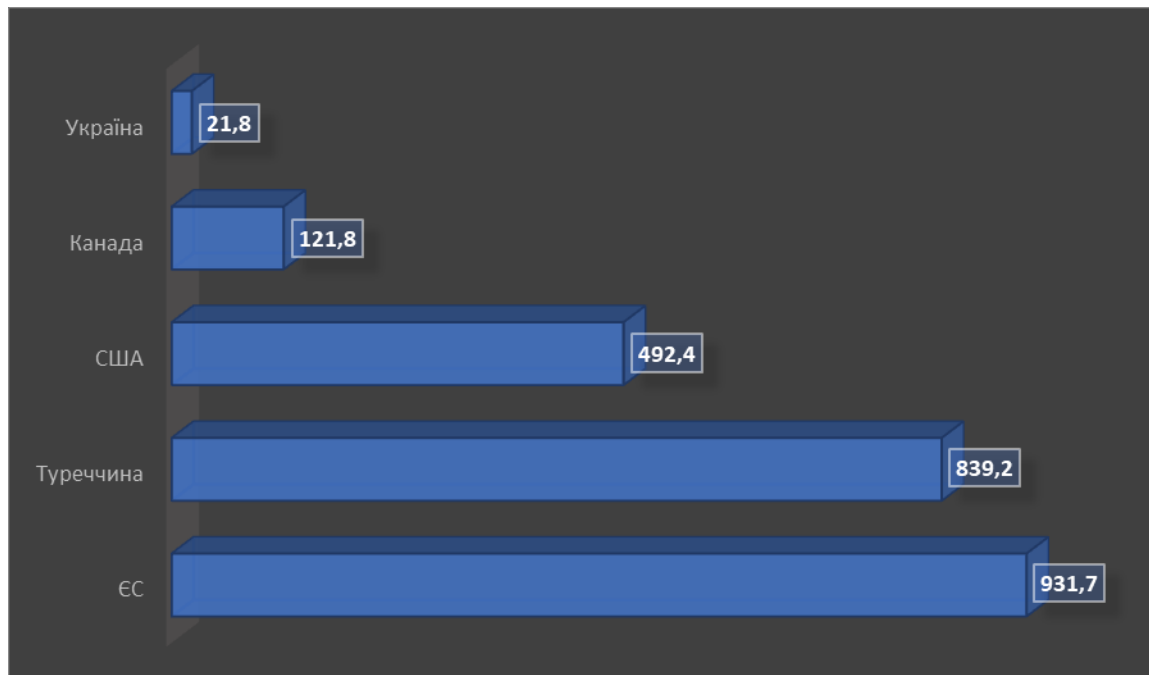


Рис. 1. Державна підтримка сільського господарства в окремих країнах світу (2018 р.), дол. США на 1 га ріллі

Для оцінювання ефективності державної підтримки агропромислового комплексу важливим є не лише обсяг виділених коштів, але й те, як розподіляються ці кошти та наскільки раціонально вони використовуються. Україна стикається з проблемою невідповідності обсягів державного фінансування потребам та напрямам розвитку сільського господарства.

Пряма бюджетна підтримка передбачає надання субсидій підприємствам АПК у сфері інвестиційного та короткострокового кредитування; субсидування матеріального-технічних ресурсів і в цілому сільськогосподарського виробництва; надання субсидій на лізинг, для здійснення витрат капітального характеру тощо; надання коштів на компенсацію певної частки витрат виробників сільськогосподарської продукції, а також на страхування врожаю сільськогосподарських культур; субсидії на витрати капітального характеру, лізинг тощо. За непрямої бюджетної підтримки здійснюється закупівля продукції сільського господарства і продовольства для потреб держави; регулювання ринку виробництва шляхом проведення товарних або

закупівельних інтервенцій із зерном; захист економічних інтересів виробників сільськогосподарської продукції за здійснення агропромислової зовнішньоекономічної діяльності; надання коштів з метою розвитку сільських територій та підтримки аграрної науки. Форма умовно прямої підтримки державою здійснюється шляхом забезпечення організаційно-економічних умов розвитку агропромислового сектору для зміцнення позицій на споживчому ринку, а також виробничого потенціалу. Такими умовами може бути митно-тарифне регулювання, підтримка, державні закупівлі за допомогою Аграрного фонду України, забезпечення умов реалізації державних програм і проєктів.

Управління розподілом бюджетних коштів на підтримку сільського господарства в Україні здійснює Міністерство аграрної політики та продовольства. Кожного року воно розробляє програми для надання підтримки малим та середнім виробникам сільськогосподарської продукції, включаючи фермерів, кооперативи, агровиробників та селян.

У 2022 році держава також намагалася надати підтримку малим та середнім сільгоспвиробникам. Підтримка надавалася за бюджетною програмою КПКВК 2801500 «Підтримка фермерських господарств та інших виробників сільськогосподарської продукції» через Український державний фонд підтримки фермерських господарств шляхом надання:

- бюджетної субсидії на одиницю оброблюваних угідь сільськогосподарського призначення (1 гектар) для провадження сільськогосподарської діяльності – у розмірі 3100 гривень на 1 га, але не більше 372 000 гривень для одного отримувача;

- спеціальної бюджетної дотації за утримання великої рогатої худоби (корів) усіх напрямів продуктивності – у розмірі 5 300 гривень на одну корову, але не більше 530 000 гривень для одного отримувача.

За рахунок зазначених коштів було надано бюджетної субсидії (га) 21 467 отримувачам на 424 631,9 га; спеціальної бюджетної дотації за утримання корів – 10247 отримувачам на 62 090 корів.

Однак, найбільшою проблемою сільгоспвиробників станом на зараз є реалізація своєї продукції за адекватними цінами.

За офіційними даними на 24 лютого 2023 року, майже за два місяці 2023 року 2 185 аграріїв уже залучили 9 млрд 654 млн грн кредитів. За програмою «Доступні кредити 5-7-9» – 4 млрд 260 млн грн. За програмою державних гарантій у розмірі 80% було отримано 17,2 млн грн. Найбільший обсяг кредитів отримали аграрії таких регіонів: Київщини (5,2 млрд грн); Дніпропетровщини (597 млн грн); Кіровоградщини (542 млн грн); Вінниччини (512 млн грн); Одещини (487 млн грн).

Найбільше кредитів аграріям видали «Креді Агріколь Банк», «ПриватБанк», «Ощадбанк», «Прокредит Банк», «Укрексімбанк», «Кредобанк», «Південний», «Укргазбанк».

На сьогодні за Державною програмою «Доступні кредити 5-7-9%» Фонд розвитку підприємництва (ФРП) уклав угоди про співробітництво з 42 банками.

Окрім збільшення державної фінансової підтримки, перспективними напрямами розв'язання зазначених проблем є підвищення контролю за використанням фінансування, перерозподіл коштів на користь перспективних напрямів сільського господарства та реалізація програм, що стимулюють розвиток усіх категорій виробників сільськогосподарської продукції.

### **Список використаних джерел**

1. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Офіційний сайт. URL: [https://minagro.gov.ua/timeline?&type=posts&category\\_id=6](https://minagro.gov.ua/timeline?&type=posts&category_id=6)
2. Конєва І. І. Державна підтримка підприємств АПК: стан та стратегія розвитку. Глобальні та національні проблеми економіки. 2016. Випуск 14. URL: <http://global-national.in.ua/archive/14-2016/160.pdf>
3. Кернасюк Ю. Державна підтримка АПК. Агробізнес сьогодні. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/14260-derzhavna-pidtrymka-apk.html>
4. Офіційний сайт Міністерства аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/ua>
5. Марина, А. і Рябчикова, Д. (2019). Державне фінансування агропромислового комплексу України: сучасний стан та перспективи. Молодий вчений, 11 (75), с. 546-551.

**УДК 636.083.45:62-192**

### **НАДІЙНІСТЬ СКЛАДНИХ СИСТЕМ**

**А. В. НОВИЦЬКИЙ**, к.т.н., доц.,  
**Я. В. ПОГОРІЛИЙ**, студент магістратури  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
**Ю. А. НОВИЦЬКИЙ**, інженер,  
*ТОВ «ВіДі - Скай», м. Київ,*  
E-mail: Novytskyu@nubip.edu.ua, yarpogor123@gmail.com  
novickii\_yurka@ukr.net

Одним із основних параметрів оцінки ефективності функціонування людино-машинних систем є надійність і продуктивність. Теоретичні положення щодо надійності окремих сільськогосподарських машин, що розроблені вітчизняними та зарубіжними вченими, загальноприйнятні для складних технічних систем у цілому.

Основними документами для дослідження надійності складних технічних систем є ДСТУ [1, 2]. В ДСТУ відображені всі основні поняття теорії

і практики надійності технологічних систем, організація спостережень, збирання, формування та обробки отриманого матеріалу.

Відповідно до ДСТУ 2860-94 [1] під надійністю розуміється властивість об'єкта зберігати в часі і в установлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах експлуатації, технічного обслуговування, ремонту, зберігання та транспортування. Згідно ДСТУ 2470-94 [2], технологічною системою називається сукупність функціонально взаємопов'язаних засобів технологічного оснащення, предметів виробництва та виконавців для здійснення в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів чи операцій.

Опис та дослідження надійності складних технічних систем «Людина-Машина» (СТС «ЛМ») відображено в багатьох наукових роботах [3, 4], де ймовірнісні характеристики щодо стану людини-оператора, отримані з використанням методів експертних оцінок. Слід зазначити, що функціонування систем за участі людини-оператора має свої особливості, формалізувати їх роботу надзвичайно складно, а інколи неможливо. Разом з тим, існують наближені ймовірнісні моделі, які передбачають можливість визначення надійності як людини-оператора та машини, так і системи в цілому [3, 4].

Існує ряд методів визначення надійності системи «людина-машина». Надійність функціонування системи «людина-машина» в цілому і частково оператором оцінюється точністю зчитування показань, швидкістю обробки інформації та інших [6]. З математичної точки зору показники ефективності системи є складними функціями багатьох змінних. В роботі [6] автори запропонували визначати надійність людини-оператора як відношення вірно вирішених завдань до загальної кількості. Надійність людини-оператора визначається надійністю всієї системи, а остання – є добутком ймовірностей безвідмовної роботи всіх її складових. Іншим показником діяльності оператора може виступати також його напруженість, що визначається різними методами (вимірювання динаміки змін фізіологічних показників, опосередковано через зовнішні фактори умов праці, енерговитрат, ритм серцевої діяльності та ін.).

В науковій статті [7] зазначено, що ефективність людини-оператора можна оцінити за його надійністю та часовими характеристиками, та розглядати їх як рівень виконання операцій контролю та управління залежно від ймовірності збереження функціонального стану під час діяльності.

Слід зазначити, що через різноманітність факторів, що виникають в процесі використання машин та обладнання, стандартизувати діяльність людини при функціонуванні СТС «ЛМС» практично неможливо. Разом з тим, досвід показує, що окремі фактори СТС «ЛМ» цілком піддаються кількісній оцінці і можуть бути використані для вивчення відповідних закономірностей, оцінки та забезпечення надійності машин та обладнання.

У багатьох джерелах, наприклад, є дані про вплив рівня кваліфікації та досвіду роботи слюсарів на продуктивність агрегату, витрату палива, ефективне використання робочого часу, собівартість продукції, своєчасність і якість



виконання роботи та інші [3, 5, 6].

Як зазначається в монографії [8], комплекс професійно-важливих якостей (ПВЯ) працівників, як правило, визначається на підставі аналізу професіограм або змісту професійної діяльності, відображеного у кваліфікаційній характеристиці відповідної професії. Дослідження ПВЯ важливі і просто необхідні для робітників професій типу «людина-техніка», що найбільше поширені у високотехнологічних виробництвах машинобудівної галузі. В монографії [8] для фахівців високотехнологічного виробництва запропоновані ПВЯ працівників, які включають тринадцять якостей та мають найбільший вплив на розвиток їх професіоналізму: врівноваженість і стресостійкість, які характеризують нервово-психологічну та емоційну стійкість; тривожність та спостережливість, які зумовлюють працездатність.

Слід зазначити, що проблемам функціонування та забезпечення надійності СТС «ЛМ» вченими приділяється значна увага. Це сучасний і перспективний науковий напрям, а впровадження результатів досліджень безпосередньо впливає на науково-технічний прогрес у всіх сферах життя людини. Проте слід зазначити, що проблема функціонування людино-машинних систем у сільськогосподарському виробництві є значно складнішою, ніж в інших галузях виробництва через специфіку останніх [3]. Це, насамперед, стосується проблем використання мобільної сільськогосподарської техніки, особливо зернозбиральних та кормозбиральних комбайнів, посівних комплексів, обприскувачів. Для визначення показників надійності СТС «ЛМ» можна використовувати метод ймовірнісного моделювання, теорію графів [3, 9]. Приведені аналітичні залежності дозволяють проводити розрахунки показників надійності систем.

Таким чином, професійна підготовка персоналу, який проектує, експлуатує та обслуговує СТС «ЛМ», повинна проводитись на основі випереджаючого, широко профільного і безперервного навчання. Інтелектуальні здібності, накопичені знання та навички формують основу інтелектуального розвитку персоналу.

### **Список використаних джерел**

1. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення.
2. ДСТУ 2470-94. Надійність техніки. Системи технологічні. Терміни та визначення
3. Новицький А. В. Інноваційність надійного функціонування операторів складних технічних систем «людина-машина» в рослинництві. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2018. Вип. 282. С. 236–244.
4. Novitskiy Andrey. Professional Reliability of Personnel in System of Development of Innovative Processes. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. 2018. Vol. 18. No 2, P. 93-102.
5. Демко О.А. Вплив кваліфікації операторів на ефективність



використання машин / О.А. Демко // Науковий вісник НУБіП України. – К., 2019. – Вип. 134.ч.2. – С. 159-169.

6. Основы инженерной психологии : уч. Пособие / Б.А. Дашков, Б.Ф. Ломов, В.Ф. Рубахин, Б.А. Смирнов/ М.: Высшая школа,1977. 335 с.

7. Губинский А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. Л., 1982. 269 с.

8. Професійне навчання кваліфікованих робітників в умовах високотехнологічного виробництва: теорія і практика [монографія] / авт. кол.: В. О. Радкевич, В. М. Аніщенко, Н. В. Кулалаєва, Г. І. Лук'яненко, А. М. Михайличенко, В. Є. Скульська; за наук. ред. В. О. Радкевич. К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс». 2014. 251 с.

9. Бойко А. І., Новицький А. В. Математичне моделювання системи «людина – машина» при накопиченні відмов. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. Вип. 134, 2013. С. 75–80.

## УДК 636.36

### ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗЕРНОВИХ КОРМОДРОБАРОК РОТОРНОГО ТИПУ

**А. В. НОВИЦЬКИЙ**, к.т.н., доц.,

**І. С. ХАРЬКОВСЬКИЙ**, к.т.н.,

**Я. В. БОВКУН**, студент магістратури

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: Novytskyy@nubip.edu.ua,*

Для подрібненні зернових кормів для тваринництва можуть використовуватись роторні кормодробарки. Аналіз літературних джерел показує, що їх використання для кормоприготування обмежене через низьку ефективність використання, обмеженість інформації про особливості експлуатації та зношування робочих органів.

Питанням розвитку теорії розробки конструкцій та практичних досліджень зношування робочих органів кормодробарок присвятили свої роботи видатні вчені Горячків В. П., Василенко П. М.[1-3]. В удосконалення конструкцій робочих органів подрібнювачів та кормодробарок значний вклад внесли: Ревенко І. І., Сироватка А. А., Шмат С. І., Моїсеев А. А., Тимановський А. В., Карпенко М.І., Рожківський М. Ф та інші [3-5].

Опубліковано ряд патентів і статей в яких доведена ефективність використання горизонтальних роторних кормодробарок при подрібненні фуражного зерна. Запропоновані в патентах рекомендації щодо внесення змін в конструкцію машини дозволили знизити кількість пилоподібних фракцій в

готовому продукті до 5%. Разом з тим, не досліджено зношування робочих органів, довговічність яких впливає на надійність і ефективність подрібнення зерна в роторній дробарці.

За кінематикою робочого процесу роторна кормодробарка подібна до молоткової, але зерно в ній подрібнюється на частинки при кожній взаємодії з робочими органами. Одна із схем подрібнення зернового матеріалу – «заклинювання - удар – вихід» дозволяє досягти хороших показників ефективності процесу кормоприготування. Для роботи у виробничих умовах фермерських господарств необхідно провести дослідження, що пов'язані з удосконаленням робочих органів роторних дробарок, обґрунтування критеріїв їх граничного зносу.

У роторній дробарці 1 (рис. 1) подрібнення матеріалу на частини відбувається за допомогою дотичної напруги зсуву, методом «сколювання-зрізу». Зерно із завантажувального бункера 2 через завантажувальне вікно наповнює подрібнювальну камеру і далі потрапляє в канавки 4 ротора 3. Далі зерно рухається до зрізаючих елементів (протирізів з рифами) 6 статора 5, де й проходить їх руйнування на частинки. Простір між ротором і статором заповнюється як вихідним продуктом, так і вже зрізаними частинами зерен. Таким чином, частинки, які отримані за один або кілька розрізів, вивидяться через вивантажувальне вікно.

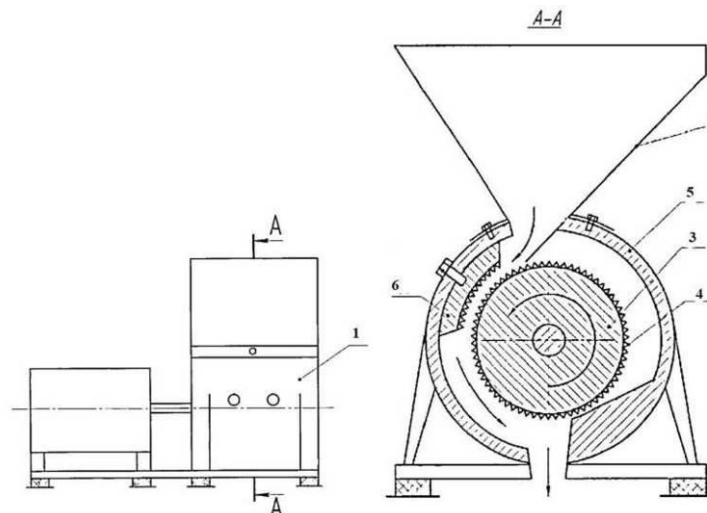


Рис. 1 Схема роторної кормодробарки

Основними конструктивно - експлуатаційними характеристиками роторної кормодробарки є діаметр ротора, виконання рифів ротора і статора. Також важливо знати значення факторів, що впливають на роботу кормодробарки. Це лінійна швидкість та робочі зазори між ротором і статором.

До найбільш ефективних способів підвищення зносостійкості робочих органів роторної дробарки можна віднести: обґрунтування геометрії (товщини і форми) робочих елементів; вибір оптимальної кількості робочих елементів; вибір оптимального матеріалу для виготовлення робочих органів; обґрунтування граничного стану та прогнозування ресурсів деталей.

### Список використаних джерел

1. Горячкин, В. П. Собрание сочинений в трёх томах [Текст]. М.: Колос, 1968. Т. I. 508 с.
2. Василенко, П. М. Элементы методики математической обработки результатов экспериментальных исследований. М.: ВИМ, 1958.
3. Машины та обладнання переробних виробництв: Навчальний посібник / Дацишин О. В., Ткачук А. І., Чубов Д. С. та ін. ; за ред. О. В. Дацишин. К. : Вища освіта, 2005. 159 с.
4. Ялпачик Г. С., Ялпачик Ф. Е. Кормоизмельчающие молотковые аппараты с режущими элементами. Совершенствование машин и механизмов при производстве продуктов растениеводства. – К. : УСХА, 1985. – С. 134 – 142.
5. Бойко А. І., Новицький А. В. Підвищення надійності кормодробарок та подрібнювачів. Механізація сільськогосподарського виробництва. К.: НАУ, 1997. Т. III. С. 6–8.

УДК 636.083.45:62-192

### АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ НАДІЙНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ У ТВАРИННИЦТВІ

**А. В. НОВИЦЬКИЙ**, к.т.н., доц.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: NovitskiyAV@ukr.net*

Основними системами аграрного виробництва є складні технічні системи. В останні десятиріччя особливої гостроти набула проблема удосконалення складової «людина - оператор» в структурі складних технічних систем (СТС) «Людина-Машина» («ЛМ»), «Людина - Машина - Тварина - Середовище» («ЛМТС») та «Людина - Машина - Рослина - Середовище» («ЛМРС»).

Від функціонування складової «людина-оператор» залежить подальше підвищення ефективності не лише машин та обладнання для тваринництва, але й виробничо-технологічних комплексів машин і обладнання. Керуючись положеннями ДСТУ 2863-94. [1] нами проведено формування Програми забезпечення надійності (ПЗН) засобів для приготування і роздавання кормів (ЗПРК) як складних технічних систем на всіх стадіях життєвого циклу [1, 2, 3]. Програма забезпечення надійності ЗПРК включає основні заходи на стадіях проєктування та виробництва, монтажу та експлуатації, технічного обслуговування і ремонту, списання та утилізації. З аналізу літературних джерел можна відмітити, що саме «людина-оператор» як складова таких СТС приймає найбільш відповідальні рішення, саме від правильності дій, вміння

своєчасно знайти і усунути відмову, залежить ефективність поставлених перед нею завдань, цілісність об'єкта дослідження, безпека людей і тварин.

Питанням дослідження складних біотехнічних і біотехнологічних систем у тваринництві присвячені наукові роботи, в яких вирішувались окремі задачі для підсистем різного рівня [4]. Підсистемами першого рівня у тваринництві, які найбільш досліджувались є наступні [4]: доїльний апарат - корова; стригальна машинка - шерстотвірні тварини (вівця, верблюд і т.п.); гребінь машини для вичісування пуху - коза. Підсистемою другого рівня є підсистема типу машина - людина, яку можна віднести до ергономічної, тому що вона вирішує питання раціонального, в окремих випадках оптимального, опису конструктивних параметрів обладнання і робочих місць з антропометричними, а також функціональними можливостями виконавця: оператора машинного доїння, стригальника овець, слюсара заточувальника ріжучих пар, молодшого ветеринарного працівника, оператора з чесання пуху. Як показує аналіз літературних джерел до статті [4], в наукових роботах недостатньо уваги приділено особливостям роботи наступних категорій працівників на тваринницьких фермах: операторів машин з приготування кормів; операторів систем водопостачання; слюсарів з технічного обслуговування і ремонту обладнання [4]. Але як показує аналіз літературних джерел та керівних матеріалів на використання машин [5], з розвитком технічних засобів, їх ускладненням і перетворенням з простих пристроїв в СТС «ЛМ» та «ЛМТ», все більш проявляється недосконалість «людини-оператора» при їх використанні.

Вирішенню питань функціонування біотехнічних систем присвячено наукову статтю [6], в якій автори акцентують увагу на тому, що перспективний розвиток тваринницьких ферм з виробництва молока потребує не тільки сучасних техніко-технологічних і будівельних рішень, але й науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, які б гармонійно поєднували всі критерії біотехнічної системи «Людина-Машина-Тварина-Комфорт» («ЛМТК»).

Автори статті [7] розглядають процес виробництва продукції тваринництва з позицій системного аналізу, а виробничий процес у тваринництві як складну систему, яка містить у собі ряд підсистем, що розташовані на різних рівнях. Зазначена система функціонує в умовах виробництва продуктів тваринництва і включає складові «Оператор-Машина-Тварина» («О-М-Т») та являє собою складну біотехнічну систему. Крім представленої системи «О-М-Т» автори статті розглядають виробничий процес як складну багаторівневу систему «О-М-Т-Мт», що містить в своєму складі підсистеми: О – оператор; М – машина; Т – тварина; С – середовище; Мт – Матеріал. В статті також описано системи другого, третього та четвертого рівнів, але їх опис та характеристики носить інформативний характер.

Ефективне функціонування біотехнічної системи тваринництва, як зазначено в [8], здійснюється на основі технологій раціонального використання земельних та кормових ресурсів, за рахунок підвищення родючості ґрунту шляхом внесення органічних добрив та підвищення врожайності кормових культур, застосування змішаних посівів та балансування по поживності, енергії

та структурі раціонів годівлі. Основним критерієм оптимізації параметрів біотехнічної системи згідно [8], є зростаюча ефективність забезпечення максимальної реалізації природних функцій та генетичного потенціалу біологічних об'єктів. Також в статті представлена оцінка роботи персоналу, як складової біотехнічної системи. Але якість функціонування працівника, що забезпечує функціонування технологічного обладнання в біотехнічній системі, автори статті [8] пропонують оцінювати такими показниками, як енергоозброєність; показник якості праці.

Необхідно зазначити, що інформація про вплив людського фактору відіграє важливе значення для забезпечення надійності ЗПРК не лише при втраті працездатності та старінні складових «машина» та «людина-оператор», але потребують подальшого дослідження. Науковий і практичний інтерес представляє модель, коли складова «машина» перебуває в стані старіння, а складова «людина-оператор» удосконалюється та відновлює свій працездатний стан. В цьому аспекті актуальними є дослідження, що представлені в роботах [9, 10, 11]. Результати представлених досліджень можуть бути використані при забезпеченні працездатності машин та обладнання для тваринництва.

### Список використаних джерел

1. ДСТУ 2863-94. Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги.
2. Новицький А. В. Методичні підходи до формування програми забезпечення надійності сільськогосподарської техніки. Центральнотураїнський науковий вісник. Технічні науки, Кропивницький. Україна. 2022. Вип. 6(37), ч. I. С. 134–143
3. 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.
4. Новицький А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування складних технічних систем у тваринництві. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 254. Ч. 3. С. 221–335.
5. Новицький А. В. Моніторинг технічного стану ЗПРК за керівними матеріалами на їх експлуатацію. Центральнотураїнський науковий вісник. Технічні науки, Кропивницький. Україна. 2022. Вип. 5(36), ч. II. С. 73–85.
6. Фененко А. І., Ткач В. В. Техніко-технологічні аспекти розвитку біотехнічних систем виробництва молока. Механізація та електрифікація сільського господарства, 99 (1), Глеваха, 2014. С. 476 – 485.
7. Хмельовський В. С., Ребенко В. І. Обґрунтування елементів біотехнічної системи при виробництві тваринницької продукції. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2018. Вип. 298. С. 79–84.



8. Шацкий В. В. Методология совершенствования технологического обеспечения животноводства. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 254. Ч. 3. С. 334–344.

9. Novitskiy, A. V. Metodichni pidhodi otsinki nadllynosti lyudini-operatora, yak skladovoyi sistem «lyudina–mashina–seredovische». *Visnik HNTUSG Im. Petra Vasilenka.–Harkiv, HNTUSG.–Vip*, 2013, 133: 243-248.

10. Zinoviy Ruzhylo, Andriy Novitskii, Dmytro Milko, Volodymyr Bulgakov, Ivan Beloev, Adolfs Rucins. Mathematical model for reliability assessment of device for preparation and distribution of animal feed as “Man-Machine”. Engineering for rural development. 25-27.05.2022 Jelgava, 2022. pp. 911-917.

11. Pylypaka S. F., Klendii M. B., Trokhaniak V. I., Pastushenko A. S., Novitskiy A. V. Movement of a material particle on an inclined plane all the points of which describe circles in oscillatory motion in the same plane. Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. №1 (97) / 2020. Karaganda, 2020. pp. 122–131.

**УДК 615:631.11:633.88**

### **АГРОФАРМАЦЕВТИЧНІ КЛАСТЕРИ. НОВІТНІ ПІДХОДИ У ФОРМУВАННІ ЯКІСНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

**С. САГАТОВИЧ**, студентка магістратури фармакологічного факультету

**М. ГРЕМБЕЦЬКА**, доктор наук фармакологічних,  
завідувачка кафедри броматології

*Гданський медичний університет, м. Гданськ, Республіка Польща*

**В. МЕЛЬНИК**, кандидат економічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Стійкою світовою тенденцією у нинішніх умовах є збільшення вживання ліків рослинного походження. Так, за словами академіка НААН О. І. Фурдичко, частка препаратів рослинного походження як європейського, так і світового фармацевтичного ринку становить 30–50 %, а український фармацевтичний ринок останніми роками характеризувався стабільним щорічним зростанням обсягів реалізації фітопрепаратів на рівні 15-20 %. Загалом, за даними міжнародних експертів, потенціал фармацевтичного ринку України сягає близько двох мільярдів доларів США на рік. Водночас доступність і ефективність вітчизняних ліків забезпечує їх обсяг в реалізаційних потоках на рівні 65-70 %. Збільшення цієї складової в умовах розроблення українськими виробниками аналогів імпорتنих препаратів та повне задоволення ринку за



рахунок вітчизняної продукції можливе лише за формування стабільного ринку сировини та подальшої популяризації тренду «екологічності та натуральності», який торкається без винятку всіх сфер життя, також і лікарських засобів.

Основним постачальником сировини для фітопрепаратів є аграрне виробництво, яке і повинно забезпечити її високі якісні показники. В Україні відбувається гармонізація вітчизняного законодавства відповідно до європейських і світових вимог щодо забезпечення якості рослинної сировини фармацевтичного призначення. Настановою МОЗУ СТ-Н МОЗУ 42-4.5:2012 визначено правила (вимоги та рекомендації) належної практики культивування та збирання вихідної сировини рослинного походження (лікарських рослин, рослинної сировини). Даний документ є основою для створення належної системи забезпечення якості у цій сфері. Цю настанову мають застосовувати виробники рослинної сировини, гуртові торговці та підприємства з оброблення, незалежно від відомчого підпорядкування та форми власності, а також відповідні підприємства, продукція яких імпортується в Україну. Ця настанова поширюється на специфічні питання вирощування, збирання та первинного оброблення лікарських рослин, рослинної сировини, призначених для застосування у медицині. В цій настанові викладено конкретні правила, пов'язані із сільськогосподарським виробництвом лікарських рослин, рослинної сировини, а також їх збиранням у дикій природі.

Також адаптоване до міжнародних норм українське законодавство щодо якості лікарських засобів, а саме Настанова Міністерства охорони здоров'я України СТ-Н МОЗУ 42-4.3:2011(ICH Q10) «ЛІКАРСЬКІ ЗАСОБИ ФАРМАЦЕВТИЧНА СИСТЕМА ЯКОСТІ» дає визначення поняття життєвого циклу лікарського засобу, як сукупність всіх фаз життя лікарського засобу від початкової розробки, знаходження на ринку і до припинення виробництва і медичного його застосування. Саме тому у всьому світі посилюється контроль якості сировини не лише на стадії виробництва кінцевого продукту, а й під час її вирощування та збору в природних умовах. Натомість вітчизняна практика засвідчує, що сировина, яка надходить на перероблення до фармацевтичних підприємств, має значні відмінності за якісними показниками, що негативно впливає на забезпечення стабільного функціонування фармацевтичної промисловості та зміцнення експортного потенціалу України на світовому ринку фітопрепаратів.

Присутня господарська практика визначає ринок лікарської рослинної сировини як системи економічних відносин в аграрній, переробній та фармацевтичній галузях економіки, що формуються в процесі збору, вирощування, перероблення та обігу лікарської рослинної сировини з метою задоволення потреб суспільства в безпечних лікарських препаратах. Вітчизняний ринок лікарської рослинної сировини має чіткі сегменти: сировинний сектор, перероблення і виробництво лікарських препаратів, сектор реалізації. Сучасний стан ринку лікарської рослинної сировини передбачає необхідність його трансформування у складаний комплекс взаємопов'язаних секторів аграрного й промислового виробництва, заготівлі й реалізації.

Кластер, як організаційна форма, що забезпечує підвищення рівня взаємодії між учасниками ринку, завдяки своїй організаційно-економічній структурі дозволяє оптимізувати відносини, які виникають у процесі функціонування згаданих секторів формування ринку лікарської рослинної сировини. Актуальність оптимізації його в Україні на підставі формування кластерів визначається аграрним виробничим пріоритетом країни. Позитивний вплив кластерної політики на розвиток зазначеного ринку можна розглядати через поліпшення виробничої організації та підвищення деяких аспектів конкурентоздатності: збільшення продуктивності виробництва в межах показників, які входять у кластер; посилення інноваційного розвитку, що забезпечує підвищення продуктивності в майбутньому; економічне стимулювання до створення нових суб'єктів господарювання, діяльність яких посилює весь кластер.

Отже, забезпечити розвиток виробництва безпечних лікарських препаратів з рослинної сировини можливо на базі створення виробничих, наукових та інноваційних формувань у вигляді кластерів. Така виробнича форма дає можливість об'єднати в один цикл всі процеси, пов'язані з виробництвом і реалізацією лікарської рослинної сировини, де головною ланкою є підприємства, що займаються заготівлею дикоростучих лікарських рослин, аграрним культивуванням, переробленням і збутом. До того ж кластери забезпечують не тільки ефективну організацію роботи всередині, а також можуть стати основою економічного, екологічного й соціального розвитку регіону через зростання зайнятості населення, раціоналізує процесу використання земельних ресурсів.

#### Список використаних джерел

1. F.A.Q. про агрокластери. *Агробізнес сьогодні*. 2017 р. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/kermo-kerivnyka/item/2641-faq-pro-ahroklastery.html>
2. СТ-Н МОЗУ 42-4.3:2011 Лікарські засоби. Фармацевтична система якості (ICH Q10). Настанова. Міністерство охорони здоров'я України. 2011. URL: <https://www.dls.gov.ua/wp-content>
3. Никитюк Ю. А. Кластерний підхід до функціонування ринку лікарської рослинної сировини. *Агросвіт*. 2016. № 24. URL: [http://www.agrosvit.info/pdf/24\\_2016/11.pdf](http://www.agrosvit.info/pdf/24_2016/11.pdf)
4. Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень. URL: <http://naas.gov.ua/news>
5. СТ-Н МОЗУ 42-4.5:2012 Лікарські засоби. Належна практика культивування та збирання вихідної сировини рослинного походження. Настанова. Міністерство охорони здоров'я України. 2012. URL: <https://www.dls.gov.ua/wp-content/uploads/2020/12/18>

УДК 621.886.6

## АНАЛІЗ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА НАДІЙНОСТІ ШПОНКОВИХ З'ЄДНАНЬ ДОТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

**В. Л. КУЛИКІВСЬКИЙ**, кандидат технічних наук, доцент  
*Поліський національний університет, м. Житомир*  
E-mail: kylikovskiyy@ukr.net

В даний складний час все більшого значення для країни набуває необхідність розвитку техніки та технологій. Головним завданням за такого вектора розвитку є постійне вдосконалення і оновлення матеріально-технічної бази промислового та сільськогосподарського виробництва, підтримання техніки у працездатному стані, створення новітніх технологій з виготовлення, технічного обслуговування, ремонту машин АПК. Якість і продуктивність виготовлення, відновлення деталей у машинобудуванні нерозривно пов'язані із забезпеченням норм точності та взаємозамінності [1]. Удосконалення методик розрахунку посадок відповідальних з'єднань з метою збільшення їх ресурсу, розробка нових технологій зниження рівня браку є одним із наукових завдань на сучасному етапі розвитку.

Режим роботи циліндричних з'єднань зі шпонкою в сільськогосподарських машинах характеризується видом і величиною навантаження на поверхні деталей, частотою обертання, коливаннями, переміщенням елементів відносно один одного, впливом зовнішнього (виробничого) середовища та іншими параметрами [2]. Зношування в даних умовах найчастіше носить абразивний, окислювальний характер за реалізації тертя ковзання з мастилом або без нього при обертальному русі та циркуляційному навантаженні, повсякчас має місце і фретинг-корозія (рис. 1).

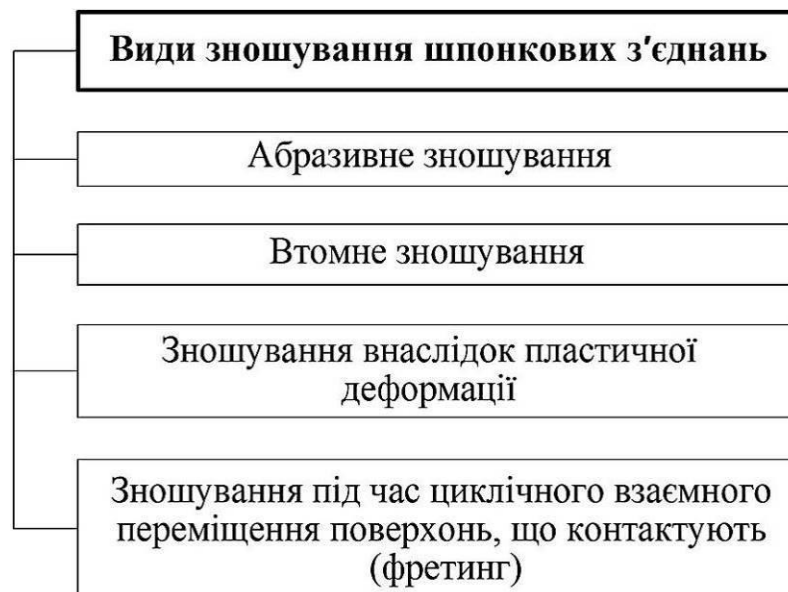


Рис. 1. Основні види зношування шпонкових з'єднань дотичних деталей машин

Сталі, що застосовується для виготовлення дотичних елементів, мають низьку корозійну стійкість, а волога, мінеральні добрива, ґрунт суттєво впливають на зношування поверхонь деталей і вихід з ладу з'єднань із зірочками, шківками.

Важливо провести детальний аналіз процесу контактування поверхонь циліндричного з'єднання зі шпонкою під час обертання. В даному випадку реалізується відмінний від підшипника ковзання процес контактування. Спостерігається періодичне (поперемінне) зіткнення з проковзуванням кожної точки поверхні валу відносно отвору. Якщо порівнювати посадку з натягом, що має розкриття стику під навантаженням у зоні пружних деформацій, де реалізується нібито внутрішнє зчеплення нерівностей поверхонь, то саме в даних умовах шпонка заважає відносному прокручуванню. Формується регулярне мікроскопічне руйнування шорсткості через нерівність довжин кіл зовнішніх охоплюваних та внутрішніх охоплюючих поверхонь деталей. Цикл обертання за такого відносно нерухомого положення деталей передбачає зустріч тих точок, які вже контактували між собою. Все вищезгадане призводить до рівномірного, але значного зносу спряжених поверхонь валу і втулки (рис. 2).

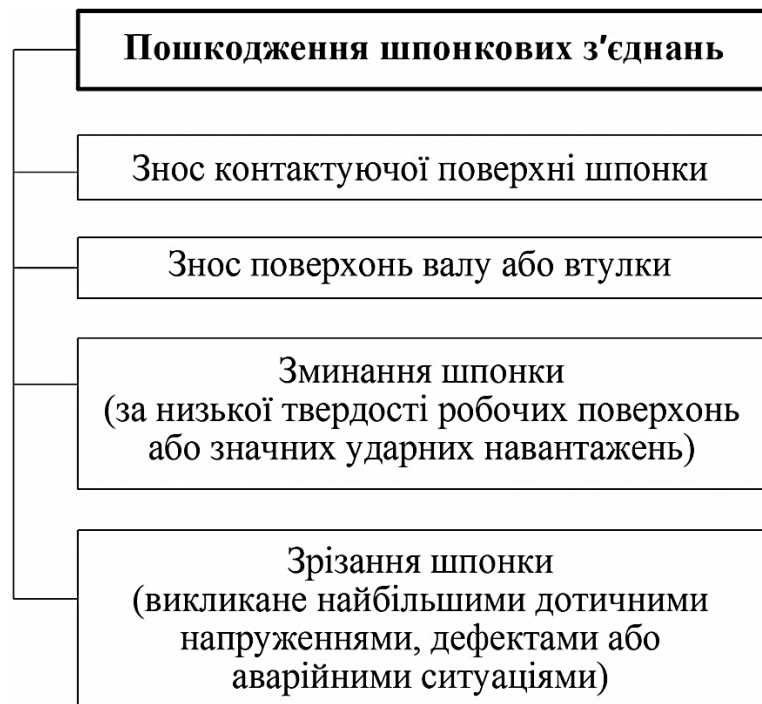


Рис. 2. Характерні види пошкоджень шпонкових з'єднань

Розглянемо процес формування відмов комплексного з'єднання «шпонка – паз валу – паз втулки». Зі збільшенням зазору в циліндричному з'єднанні, шпонка має простір для переміщення у вертикальній системі координат, що призводить до зменшення реальної площі контакту поверхні кріпильного елемента з поверхнями пазів валу та отвору. Від мікроскопічних руйнувань, що з'являються, відбувається вібраційно-ударне навантаження, підвищується знос, збільшується зазор та зминаються поверхні в з'єднанні шпонки з пазами валу і

втулки біля кінцевих елементів (на краях, кутах). З розширенням розміру гнізда і зміною габаритів кріпильного елемента площа контакту за шириною прогресивно зменшується, настає перекид шпонки в пазах і клин набуває округлої форми. Паралельно відбувається деформація пазів та збільшення ширини заглиблення. Розглянуті процеси суттєво прискорюються за наявності забруднень у зоні тертя.

Зазор або розкриття стику необхідно компенсувати натягом у спряженні, що запобігатиме потраплянню забруднень в зону тертя і перешкоджатиме переміщенню поверхонь дотичних деталей, в результаті чого знизиться знос шпонки з пазами по ширині. Великі значення натягів у даному випадку виключені, через необхідність дотримання умов регулярного розбирання і складання вузлів, з метою заміни зношених зірочок, шківів, ременів, ланцюгів, а також ремонту, технічного обслуговування редукторів та муфт.

Таким чином, циліндричні з'єднання зі шпонкою вимагають розрахунку норм точності та забезпечення взаємозамінності з метою підвищення довговічності та створення запасу працездатності.

Досить частим дефектом в циліндричному з'єднанні зі шпонкою є наслідки зносу поверхонь валу і отвору. Відмова з'єднання є параметричною, вона прогнозується і очікується у певний час. Втомні руйнування поверхонь циліндричного з'єднання з кріпильним елементом спостерігаються рідше, найчастіше страждає від дії повторно-перемінних (циклічних) навантажень найменша деталь – шпонка, а також пази валу та отвору.

Систематизація відмов шпонкового з'єднання дозволила виділити основні елементи:

- знос циліндричної поверхні втулки (приблизно 20 %);
- знос циліндричної поверхні валу (приблизно 30 %);
- знос шпонки по ширині, пазів валу та отвору, можливе зминання поверхонь елементів з'єднання (більше 50 %);

Проблеми надійності спряження зводяться до стабілізації граничних натягів у з'єднанні, які є функціональними, технологічними характеристиками та параметрами точності. Проаналізовані проблеми можуть бути вирішені наступними способами:

- підвищення зносостійкості поверхонь валу та отвору;
- збільшення зносостійкості поверхонь за шириною шпонки та її пазів;
- розрахунок норм точності з'єднання у вигляді граничних натягів та вибір стандартної посадки.

### Список використаних джерел

1. Костюк О. Г., Ламнауер Н. Ю. Прогнозування якості виробів машинобудування за параметром лінійного розміру. *Високі технології в машинобудуванні*. 2013. Вип. 1 (23). С. 104–112.
2. Малащенко В. О., Стрілець О. Р., Стрілець В. М. Методика експериментального дослідження динаміки шпонкових з'єднань під час періодичного навантаження. *Вісник Національного університету «Львівська*



*політехніка». Сер. Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. 2013. № 759. С. 59–64.*

**УДК 621.891**

## **ЗАКОНОМІРНОСТІ АБРАЗИВНОГО РУЙНУВАННЯ ДЕФОРМОВАНОЇ СТАЛІ**

**В. І. ДВОРУК**, доктор технічних наук, професор

**І. О. БУЧКО**, аспірант

**М. О. КІРИЄНКО**, аспірант

*Національний авіаційний університет, м. Київ*

Серед різних видів абразивного зношування одним із найбільш руйнівних є зношування при терті ковзання по моноліту абразиву - великим шматкам гірської породи або шліфувального кола, у яких частинки абразиву міцно скріплені один з одним за допомогою зв'язування.

Як конструкційний матеріал відповідальних деталей технічних засобів різного призначення, що працюють в таких умовах найчастіше застосовують леговані сталі, першопричиною міцності яких є вихідна структура. Для підвищення міцності необхідно ускладнити виникнення дислокацій, а також зародження й розповсюдження тріщин в сталі. Здійснити це можливо шляхом максимального викривлення її внутрішньої структури за допомогою різних способів дії, серед яких найбільше розповсюдження в техніці знайшли термічна обробка й обробка пластичною деформацією.

На сьогодні обидва вказаних способи дії на структуру часто суміщають в різних схемах комбінованої обробки, що сприяє додатковому підвищенню міцнісних властивостей сталі за рахунок утворення дрібнодисперсної структури. Ураховуючи, що в механізмі зношування при терті ковзання по моноліту абразиву лежить міцнісне підґрунтя, цей факт може бути підставою для очікування відповідного підвищення зносостійкості сталі. Однак таке припущення не підтверджується результатами практично всіх відомих лабораторних досліджень, згідно яких зносостійкість деформованої сталі залишається на рівні, досягнутому після термічної обробки. Отже, існуюча точка зору щодо міцнісного підґрунтя в механізмі зношування, яка за суттю ототожнює його з опором об'ємному руйнуванню, а також провідної ролі в ньому відповідних показників міцності не завжди виявляється адекватною. Тому немає підстав зводити відмінності між об'ємним та абразивним руйнуванням лише до масштабу прояву цих процесів. Найімовірнішим поясненням цього можуть бути відрізнявальні особливості механіки об'ємного й контактного руйнування, перш за все у морфології тріщин, а також закономірностях їх зародження та розповсюдження.



Для перевірки цього припущення досліджували термічно оброблену сталь 40ХНМА, яка піддавалась холодній механічній обробці (ХМО), низькотемпературній термомеханічній обробці (НТМО), а також високотемпературній термомеханічній обробці (ВТМО). З обробленої деформуванням сталі виготовляли зразки для подальших лабораторних трибомеханічних випробувань на розтяг, удавлювання та зношування при терті ковзання по моноліту абразиву. Як міцнісну характеристику механіки контактного руйнування використовували реологічний параметр  $R = \frac{K_{1c}}{h_n}$  (де  $K_{1c}$  – в'язкість руйнування сталі,  $h_n$  – товщина деформованого шару сталі, утвореного областями нелінійних ефектів у кінцях тріщин зношеної поверхні), який визначає опір зародженню й розповсюдженню бокових підповерхневих тріщин на межі деформованого й недеформованого шару.

За результатами проведеного дослідження встановлено, що найсуттєвіше підвищення міцнісних характеристик ( $\sigma_b$  та HV) спостерігали після холодної механічної обробки (ХМО), а найменше – високотемпературної термомеханічної обробки (ВТМО). Незважаючи на підвищення міцнісних характеристик, абразивна зносостійкість  $\varepsilon$  та реологічний параметр  $R$  істотно не змінювались. Тому для функцій  $\varepsilon = f(R)$  експериментальні дані, що відповідають зміцненому й незміцненому стану сталі укладались в одну точку. Отже, після деформаційного зміцнення роль реологічного параметра в формуванні зносостійкості є визначальною. В цьому сенсі показовою може бути закономірність відповідності поміж зміною зносостійкості та реологічного параметра деформованої сталі (рис.1).

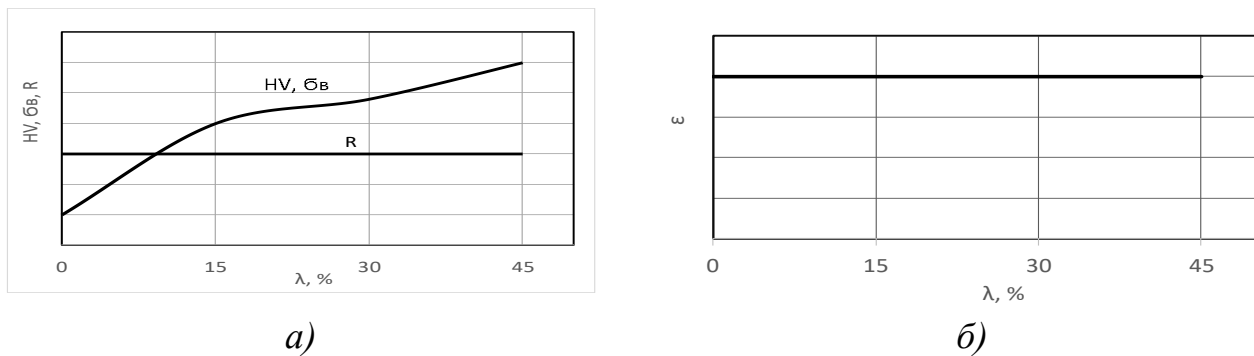


Рис. 1 – Динаміка зміни трибомеханічних властивостей сталі 40ХНМА залежно від ступеня деформації  $\lambda$ :

- а) – границя міцності  $\sigma_b$ , твердість HV, реологічний параметр  $R$ ;
- б) – зносостійкість  $\varepsilon$  при терті ковзання по моноліту абразиву

При зміні ступеня деформації зносостійкість за своєю тенденцією повністю копіювала хід залежності реологічного параметра. Це вказує на високу чутливість опору сталі зношуванню при терті ковзання по моноліту абразиву до її реологічного параметра. В той же час, поміж зміною показників технічної міцності та зносостійкості такої закономірності не спостерігали. Отже, в міцнісному підґрунті механізму зношування при терті ковзання по

моноліту абразиву провідну роль грає опір зародженню та розповсюдженню бокових тріщин на межі деформованого шару, а механічний компонент контактної взаємодії є визначальним. Тому деформаційно зміцнені сталі можна ранжувати за реологічним параметром. На відміну від показників міцності при об'ємному руйнуванні, які є умовними величинами й ураховують усереднені міцнісні властивості, реологічний параметр є мірою локальних міцнісних властивостей сталі на межі деформованого шару у вершинах тріщин й прив'язаний до плоско деформованого стану у вказаній області. З огляду на це, він є фундаментальною характеристикою опору зношуванню сталі при терті ковзання по моноліту абразиву. Отже, в міцнісному підґрунті механізму абразивного зношування визначальну роль відіграє реологічний параметр.

**УДК 621.88.084.1**

## **АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОДЕРЖАННЯ ТА НАДІЙНОСТІ НЕРУХОМИХ ГЛАДКИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

**В. М. БОРОВСЬКИЙ**, старший викладач  
**В. Л. КУЛИКІВСЬКИЙ**, кандидат технічних наук, доцент  
*Поліський національний університет, м. Житомир*  
*E-mail: borovskiym@gmail.com, kylikovskiyyv@ukr.net*

Нині в ремонтному та машинобудівному виробництві під час складання технічних об'єктів, механізмів, а також при відновленні посадкових поверхонь дорогих корпусних деталей повсякчас застосовуються пресові з'єднання типу «втулка – корпус», які здебільшого зустрічаються у вузлах підшипників ковзання і як напрямні. З'єднання відрізняються конструктивною простотою, нескладною технологією комплектування вузла, за якої не має потреби у високотехнологічному обладнанні та значних витратах на виготовлення [1]. В основі складання пресових з'єднань, у тому числі «втулка – корпус», лежить процес взаємної поздовжньої орієнтації двох елементів, що супроводжується пружною, пластичною або пружно-пластичною деформацією, як сукупностей нерівностей поверхонь обох деталей з відносно малими кроками, так і матричних матеріалів. Водночас на спряжених поверхнях виникають контактні тиски і сили тертя, що перешкоджають зсуву дотичних елементів та визначають нерухомість деталей з'єднання.

Розрізняють декілька основних методів складання з'єднань з натягом: поздовжній, поперечний та поздовжньо-поперечний. До поздовжнього методу складання відносять з'єднання, що виконуються з прикладанням осьової сили до торця охоплюваної деталі. Напружено-деформований стан у даному випадку створюється з початку процесу запресування. До поперечного методу належать з'єднання, що виконуються створенням початкового гарантованого зазору

(необхідного для складання) між спряженими деталями. Нерухомість з'єднання за таких умов досягається охолодженням охоплюваної деталі, нагріванням охоплюючої деталі, шляхом пластичної, пружної деформації. Поздовжній метод є найпростішим, високопродуктивним, не вимагає великих витрат на обладнання, забезпечує міцність з'єднання та можливість контролю якості складання шляхом вимірювання зусилля запресування з використанням манометра та інших спеціальних засобів. До недоліків даного методу слід віднести пошкодження поверхонь, що сполучаються та деформації тонкостінних втулок за відсутності мащення або при великих натягах запресування, а також значне зниження міцності з'єднання під час повторного виконання технологічного процесу з використанням тих самих деталей. Для отримання більш якісного з'єднання з натягом застосовують поперечний і поздовжньо-поперечний методи складання вузлів. Тепловий метод є одним із найпоширеніших способів поперечного складання, його застосовують, коли запресування іншими прийомами неможливе (запресування довгих тонкостінних втулок в корпус). Охоплюючий елемент нагрівають нижче температури відпуску, після чого в нього встановлюють охоплювану деталь. Виникнення окалини на поверхнях, що з'єднуються, значна витрата електричної або теплової енергії для нагрівання деталей є основними недоліками даного методу. Водночас деформації, викликані нагріванням деталей, сприяють виникненню мікротріщин, що є концентраторами напружень. Кріогенний метод або спосіб з'єднання із застосуванням глибокого холоду заснований на отриманні, під час складання, необхідного зазору шляхом охолодження охоплюваної деталі (рис. 1). Метод застосовують для складання невеликих деталей, тонкостінних втулок або стрижнів з великогабаритними корпусами. Недоліками методу є обмежена сфера застосування та виникнення корозії на поверхнях, що з'єднуються, яка утворюється через конденсацію вологи на оброблюваних ділянках під час переміщення деталей із охолоджуючого середовища.



Рис. 1. Встановлення сталеві втулки в корпус із застосуванням глибокого холоду (кріогенний метод)

Використання гідропресового методу, що полягає у створенні змащувального шару між поверхнями, які з'єднуються, дозволяє знизити зусилля запресування в декілька разів за рахунок зменшення коефіцієнта тертя. Змащувальний шар створюється внаслідок нагнітання мастила гідравлічними

насосами під високим тиском через спеціальні канали, передбачені в конструкції вузлів. Метод дає можливість складання, розбирання пресових з'єднань без пошкодження дотичних деталей. Даний метод не застосовують для запресування тонкостінних деталей (типу втулка) внаслідок можливої деформації елементів.

Надійність пресових з'єднань залежить від багатьох факторів. Найбільший вплив на міцність вузлів зумовлений геометричними розмірами деталей, що з'єднуються, фізико-механічними властивостями матеріалів елементів, якістю підготовки (обробки) дотичних поверхонь і натягом. Надійні та якісні з'єднання гладких циліндричних деталей з натягом утворюються за поперечних методів складання, зокрема із застосуванням процесів калібрування отворів.

### Список використаних джерел

1. Лещенко О. І. Визначення граничних умов величини деформації від контактних тисків у з'єднаннях з пресовою посадкою. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Сер. Технічні науки*. 2020. Вип. 40. С. 68–79.

УДК 65.012:664.724:338.1

## ЗЕРНОВА ЛОГІСТИКА В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

**О. В. ВИШНЕВЕЦЬКА**, к.е.н, с.н.с.,

**Я. Ф. НАВРОЦЬКИЙ**, к.е.н.,

*ІНЦ «Інститут аграрної економіки», м. Київ*

Результативне, чітко організоване, злагоджене, ефективно кероване функціонування логістичної системи зернових, спрямоване на вчасну доставку та якісне збереження продукції є запорукою продовольчої безпеки держави та джерелом стабільного надходження валютної виручки. Ще до початку війни відчувалася нестача елеваторних потужностей, слабкий розвиток досить ефективного річкового транспорту, інфраструктурні можливості залізниці та автотранспорту не повною мірою використовувалися.

З початку війни частина елеваторних потужностей пошкоджена або зруйнована, частина залишилася на окупованих територіях. Станом на 1 січня 2022 року загальна потужність зберігання в Україні становила 85-87 млн тонн, включаючи 28-30 млн тонн потужності підприємств безпосередньо у сільгоспвиробників. Враховуючи потужності в областях з активними бойовими діями, доступними можна вважати лише 70,0 млн тонн ємностей для зберігання. Таким чином, перехідними залишками поточного сезону (20,0 млн тонн) залишаться заповненими до 23% доступних потужностей зерносховищ.

Це може призвести до значних втрат (5-7%) через відсутність відповідних умов для зберігання врожаю у піковий період на початку та в кінці осені.

Сьогодні частина елеваторних потужностей України зруйнована, частина опинилася на окупованих територіях. Загалом на сьогоднішній день Україна втратила близько 13 млн т елеваторних потужностей, з 56,6 млн тонн, що були в наявності станом на 1 січня 2022 року. Після початку війни з Росією повністю втрачені Україною зернозберігальні потужності у Донецькій (1127,2 тис. т), Луганській (880,0 тис. т) та Херсонській (1817,0 тис. т) областях. Значною мірою зруйновані, окуповані та заблоковані в морських та річкових портах виявилися елеватори у Запорізькій (1906,0 тис. т або 87,8%), Одеській (3100,0 тис. т, 56,4%), Миколаївській (2141,0 тис. т, 50,7%) та Харківській (1337,0 тис. т або 44,5%) областях. Незначні втрати спостерігаються у Житомирській (98,0 тис. т, 7,5%), Дніпропетровській (90,0 тис. т або 2,8%), Вінницькій (62,5 тис. т, 1,5%) та найменші – у Сумській області (24,0 тис. т або 0,8%) наявних в регіоні потужностей. Всього ж по Україні втрачено 12582,7 тис. т (22,2%) потужностей для зберігання зерна.

2021 року аграрії зібрали 85 млн тонн зерна. Враховуючи те, що внутрішнє споживання в Україні менше ніж 20 млн тонн, близько 55-60 млн тонн врожаю було можливим експортувати, що забезпечувало б надходження валюти так необхідної у довоєнний та воєнний час. За 2021-2022 маркетинговий рік експортовано близько 40,0 млн тонн зернових.

У березні 2022 року було експортовано 1,16 млн тонн зернових, у 3 рази менше ніж у березні 2021 року (3,48 млн тонн), з них автомобільним транспортом лише 370 тонн, що у 26,6 рази менше ніж у березні 2021 року (9874 тонни), морським транспортом – 1,07 млн тонн, у 3,2 рази менше ніж у березні 2021 року (3,46 млн тонн). Експортні перевезення залізничним транспортом у березні 2022 року зросли у 12,1 рази та склали 90,9 тис тонн (у березні 2021 року лише 7,5 тис. тонн)

Майже увесь експорт зернових України (93-95 %) здійснювався до 2022 року через морські порти, до яких вантажі доставляються на 55-60 % залізницею, на 30-35 % – автомобільним транспортом і на 7-10 % – річковим транспортом. Хоча і з 1 серпня розблоковано частину Чорноморських портів, обсяги перевезень морським транспортом значно менші аніж до війни. Тому із системи досить часто почав випадати цей вид транспорту який був найбільш ефективним в ній. Враховуючи таку диспропорцію у розподілі товарних потоків, через захоплення та блокування морських портів, інші види транспорту не в змозі забезпечити перевезення необхідних обсягів зерна на експорт. Тому, на сьогодні гостро стоїть питання розвитку логістики в умовах війни.

Найбільші агропромислові компанії за елеваторними потужностями за 2021 рік розміщувалися на березі Чорного моря в Одесі, Чорноморську, Миколаєві та інших містах. У зв'язку з російською блокадою морських портів Азовського та Чорного моря, зерновики вимушені експортувати зернові та олійні культури через наземні та річкові шляхи сполучення з європейськими



країнами з подальшим перевантаженням в європейських портах Балтійського та Чорного морів. Пропускна спроможність наземних та річкових переходів суттєво обмежена.

Через блокаду портів військово-морськими силами РФ, Україна зіткнулась з перенасиченістю внутрішнього ринку експортно-орієнтованої продукції та майже п'ятикратним здорожчанням експортної логістики. Це призвело до зменшення цін всередині країни на основні експортно-орієнтовані культури більш, як на 30%, до 4,0-5,0 тис. грн на зернові культури. Непрямі втрати виробників від зниження цін на експортно-орієнтовні культури (пшениця, кукурудза, ячмінь, соняшник) складають 11,9 млрд дол. США.

Проведені розрахунки показують, що цьогоріч лише на блокуванні морських портів та змінні логістики експортних перевезень аграрний сектор України може втратити 7,5-8,0 млрд дол. США, а також на вартості непроданого минулорічного зерна – 0,5 млрд дол. США та вартості знищених, або захоплених окупантами складських приміщень елеваторів – ще додатково 1,3 млрд дол. США. Разом це буде складати 9,3-9,8 млрд дол. США, або майже дворічний отриманий прибуток аграрних підприємств за минулі 2020 і 2021 роки.

На нашу думку, у подальшому залишаються ще досить серйозні ризики, що перешкоджатимуть розвитку інфраструктури та відновленню логістичних ланцюгів:

- ескалація військового конфлікту, його поширення на нові території;
- подальше руйнування логістичної інфраструктури;
- відсутність доступного фінансування, недоступність кредитних ресурсів для відновлення інфраструктури та розвитку логістики;
- несприятливий інвестиційний клімат, недосконалість законодавства щодо захисту інтересів інвесторів;
- відсутність належних обсягів державної підтримки інфраструктурних та логістичних проектів.

На наш погляд, виконання завдань щодо розвитку аграрної логістики у воєнний та післявоєнний час передбачається через реалізацію наступних проектів:

- будівництво перевалочних комплексів та транскордонних терміналів на заході України;
- розвиток річкового та наземного експорту агропродукції;
- будівництво нового транспортного коридору до портів Польщі та Литви на базі широкої залізничної колії;
- збереження аграрного сектору в умовах блокади портів.

### Список використаних джерел

1. Zakharchuk Oleksandr, Navrotskyi Yaroslav, Vyshnevetska Oksana, Petrov Vadym, Nesterenko Svitlana. The current state and prospects for the development of grain logistics in Ukraine. *Ekonomika APK*. 2022. Volume 29, № 5. URL: <https://eapk.com.ua/uk/journals/tom-29-5-2022>.



2. Волинець Л.М. Удосконалення логістичних процесів в аграрному секторі України. *Економіка транспортного комплексу*. 2020, №36. С. 113-128
3. Єгоращенко І.В. Сучасний стан та перспективи розвитку логістики на ринку зерна. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. 2019, Том 30 (69). №4. С. 62-68
4. Колодійчук В. А. Ефективність логістики зерна та продуктів його переробки : монографія. Львів : Український бестселер, 2015. 574 с.
5. Офіційний сайт Державної митної служби України. URL: <https://customs.gov.ua/>
6. Україна втратила близько 13 млн т елеваторних потужностей. *Elevatorist*. URL: <https://elevatorist.com/novosti/14740-ukrayina-vtratila-blizko-13-mln-t-elevatornih-potujnostey>

УДК 621.705

## КОНСТРУКЦІЙНІ СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

С. М. ГЕРУК, к.т.н., доц., с.н.с.

*Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м.Житомир*

E-mail: mega\_sgeruk@ukr.net

Численні дослідження показують, що до 70-80% відмов машин відбувається через знос вузлів тертя. У нашій країні на ремонт машин та обладнання, щорічно витрачається багато коштів, випускається величезна кількість запасних частин, на ремонт працює великий парк верстатного обладнання, у сферу ремонту та обслуговування машин втягується все більше людей.

При визначенні основних вимог до зносостійкості матеріалів для більшості трибосполучень виходять з того, що при виготовленні та експлуатації вузлів тертя необхідно забезпечити:

- максимальні чи задані значення міцності, жорсткості, надійності та довговічності;
- мінімальну масу, рівень шуму та енергетичні втрати;
- низьку металоємність, високу технологічність та мінімальну вартість;
- Зручність монтажу та техобслуговування.

А тому основні способи підвищення довговічності (зносостійкості) машин можна умовно поділити на такі основні групи: конструкційні, технологічні, матеріалознавчі та експлуатаційні. Забезпечення зносостійкості деталей машин шляхом систематизації конструктивних рішень, становить великий інтерес для машинобудування, але є надзвичайно складним, тому що може налічувати десятки тисяч пропозицій та варіантів рішення.

**Вибір матеріалу.** Він повинен здійснюватися з урахуванням великої кількості факторів: рівень статичного та динамічного навантажень, швидкість відносного переміщення, температура експлуатації, властивості мастильного матеріалу та тіла, що сполучається, вид тертя, конструкція вузла та ін.

Найбільш важливою вимогою є раціональне поєднання або облік сумісності матеріалів тіл, що сполучаються, що запобігає схоплюванню поверхонь, утворення адгезійних зв'язків.

Не рекомендується поєднувати в трибосполученні м'який матеріал з м'яким та однойменні за природою матеріали.

Для забезпечення високої довговічності вузла тертя при низьких навантаженнях і температурі рекомендується поєднувати твердий матеріал з м'яким. Якщо реалізувати таку пару тертя неможливо, то необхідно віддавати перевагу поєднанню твердого матеріалу з твердим, але в цьому випадку обкатку вузла тертя необхідно проводити при полегшеному навантаженні на всіх режимах.

Доцільно застосовувати, де це можливо, полімери та металокераміку. Це знижуватиме витрату дефіцитних матеріалів, маси деталей і знижуватиме вібрацію та рівень шуму при роботі машини.

Вибір матеріалу необхідно проводити з урахуванням як твердості, а й площі поверхні тертя. Більш зносостійкою є пара тертя коли по поверхні з більшою площею ковзає м'якше тіло. При зворотньому розміщенні інтенсивність зношування вища.

**Оптимізація розподілу напруг у зоні контакту.** Цей метод спрямований на досягнення можливо більш рівномірного розподілу напруги в зоні контакту, зниження фрикційного нагріву і поділ поверхонь тертя шаром мастильного матеріалу.

Визначення оптимальної форми займає важливе місце при конструюванні деталей. Тому при виборі форми спряжених деталей, керуються наступними принципами:

- початкова форма поверхні тертя повинна задаватися такою, яку вона має в період тертя, що встановилося;
- спряжені деталі повинні мати форму, близьку до ідеальної;
- вибирати оптимальну хвилястість;
- надати деталі такої форми, при якій у міру зносу одних ділянок поверхні тертя в контакт вступають сусідні, менш зношені.

**Вибір оптимальної схеми машини.** До конструктивних методів належить і вибір найбільш раціональної принципової схеми машини (механізму) з урахуванням зростання зносостійкості деталей. Конструкторська практика показує, що, вибираючи принципову схему, необхідно:

- раціонально організовувати змащування трибосполучень;
- забезпечувати можливість регулювання зазорів у трибосполученні;
- передбачати можливість оперативної заміни деталей, що швидко зношуються;
- по можливості збільшувати товщину деталей у запас на знос;

- враховувати можливі температурні деформації деталей вузлів тертя і цим виключати можливість захоплення та заїдання деталей у трибосполученні.

**Заміна зовнішнього тертя на внутрішнє.** При малих лінійних або кутових переміщеннях тіл, що труться, застосуємо принцип заміни зовнішнього тертя внутрішнім. Для реалізації цього принципу між двома тілами, що рухаються один відносно одного, розміщують еластичний елемент, жорстко закріплений з їх поверхнями. Таке сполучення не потребує змащування і різко зменшує рівень шуму при роботі механізму.

**Раціональний вибір виду тертя.** Втрати енергії в умовах тертя ковзання значно вищі, ніж при реалізації тертя кочення. Тому необхідно там, де це можливо, використовувати у конструкції вузлів тертя опори кочення.

Застосування опор кочення найбільш виправдане у вузлах тертя, що експлуатуються при малих та середніх навантаженнях та швидкостях, відсутності хімічно активних речовин, вібрацій та ударних навантажень. Нераціонально їх застосовувати при реверсивному русі тіл із малими кутами повороту. Застосування опор кочення вимагає подачі мастильного матеріалу до зони тертя, високої точності виготовлення та монтажу деталей рухливих зчленувань. Істотним недоліком опор кочення є великі розміри.

Застосування опор ковзання можливе в широкому інтервалі навантажень і швидкостей, не вимагає високої точності виготовлення та не потребує змащування. Вони менш чутливі до вібрацій, ударних навантажень і впливу абразивовмісних хімічно активних середовищ. До основних недоліків опор ковзання відносяться високі коефіцієнти тертя і інтенсивність зношування, знос поверхні, що сполучається, залежність триботехнічних характеристик від температури.

**Зниження теплового навантаження контакту.** Наявність температурних градієнтів щодо дотичної та нормалі до поверхні тертя призводить до виникнення високих температурних напруг, зміни зазорів та рельєфу поверхні тертя. У результаті можливе захоплення поверхонь, заїдання та заклинювання рухомого сполучення.

Заходи боротьби з цим явищем включають:

- розрахунок зазорів з урахуванням величини температурних деформацій елементів вузлів тертя;

– вибір матеріалів із близькими значеннями коефіцієнтів теплового розширення;

- застосування схем контактування з оптимальним коефіцієнтом тертя;

– реалізацію засобів теплозахисту та тепловідведення.

**Як економічний критерій** можуть бути продуктивність машини, затрати на випуск одиниці продукції.

Ремонт вузлів тертя здійснюється як після досягнення ними допустимого зносу, так і після перевищення ними граничного терміну служби, що визначається нормативними документами.

УДК 631.31:631.33

## ВПЛИВ РЕЖИМІВ НАНЕСЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОГО МАТЕРІАЛУ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ СТАЛІ 30MnB5

**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

**Ю. А. КОНОНОВ**, провідний інженер

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва*

*Національної академії аграрних наук*

*E-mail: nnc-imesg.0930@ukr.net*

Деталі робочих органів технічних засобів для обробітку ґрунту та сівби працюють в жорстких умовах абразивного зношування і потребують відновлення та зміцнення.

Для обґрунтування раціональних режимів нанесення зносостійкого матеріалу на сталь 30MnB5 було проведено його прискорене випробування на зносостійкість на спеціальній установці УВЗ-1 згідно з методикою прискорених випробувань металевих поверхонь на абразивне зношування [1].

За результатами прискорених випробувань металевих поверхонь дослідних зразків для деталей робочих органів технічних засобів для обробітку ґрунту та сівби встановлено та представлено на рис. залежність величини зносу матеріалу нанесеного покриття на сталь 30MnB5 та його зносостійкість відносно загартованої Сталі 65Г від сили струму  $I$ , А.

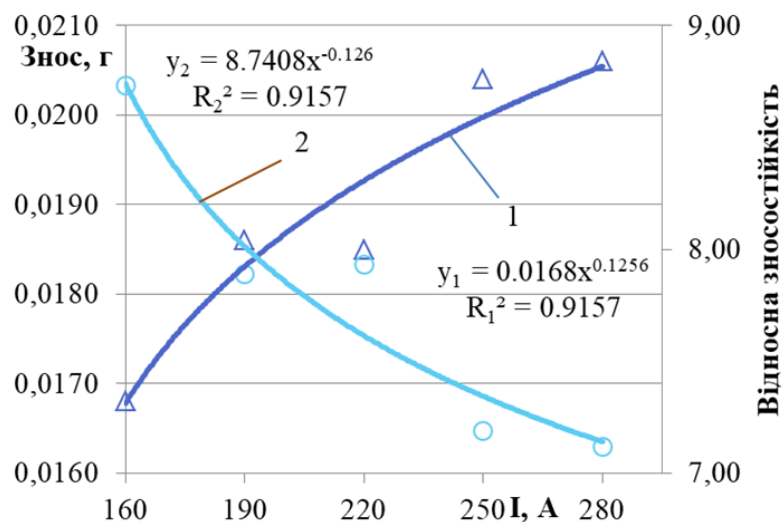


Рис. Залежність величини зносу матеріалу наплавленого електродом Т-590 та його зносостійкість відносно загартованої Сталі 65 Г від сили струму  $I$ , А на сталь 30MnB5

1 – величина зносу наплавленого матеріалу;

2 – відносна зносостійкість наплавленого матеріалу.

За результатами експериментальних досліджень режимів нанесення зносостійкого матеріалу встановлено, що при дуговому наплавленні зносостійким матеріалом на сталь 30MnB5 зі збільшенням сили струму зносостійкість покриття зменшується.

Раціональними режимами наплавлення в межах досліджуваних значень є сила струму  $I = 160-180$  А при напрузі  $U = 28-32$  В.

#### Список використаних джерел

1. Василенко М. О., Кононогов Ю. А., Буслаєв Д. О. Методика прискорених випробувань металевих поверхонь на абразивне зношування. Глеваха, 2021. 8 с.

УДК 631.31

### ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ РІДИННОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТВЕРДІСТЬ ЗМІЦНЕНОЇ ПОВЕРХНІ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ ОБРОБЛЕННЯМ

**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

**Ю. А. КОНОНОВ**, провідний інженер

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва*

*Національної академії аграрних наук*

*E-mail: nnc-imesg.0930@ukr.net*

Для зміцнення та одночасного загострення лезової частини деталей робочих органів технічних засобів для обробки ґрунту електроконтактним обробленням доцільно використовувати розроблену оригінальну установку 01.10.016А (патент України на винахід № 97298).

Суть способу (патент України на винахід № 97874) полягає в обробці за допомогою дугового процесу поверхні леза робочого органу диском-електродом, що обертається, в рідинному середовищі. При цьому на високовуглецевих сталях без витрат спеціальних зміцнюючих матеріалів отримується твердий шар товщиною від 1 до 4 мм.

Проведені експериментальні дослідження твердості робочих поверхонь деталей технічних засобів для обробки ґрунту, зміцнених електроконтактним обробленням, показали, що твердість зміцненої поверхні знаходиться в прямій залежності від температури рідинного середовища  $T_p$  при електроконтактному обробленні.



Графік залежності зміни твердості зміцненого шару від температури рідинного середовища  $T_p$  при електроконтактному обробленні показано на рис.

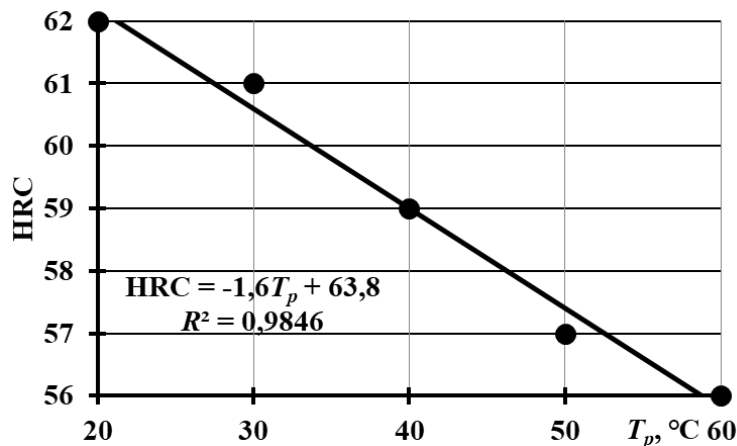


Рис. Залежність твердості зміцненого шару HRC від температури рідинного середовища  $T_p$  при електроконтактному обробленні

Раціональними режимами електроконтактного оброблення в межах досліджуваних значень є температура рідинного середовища  $T_p$  в межах від 20 до 40  $^\circ\text{C}$ , що відповідає вимогам до високої твердості зміцненої поверхні в межах від 59 до 62 HRC, вимогам до самозагострення та забезпечує високі показники зносостійкості.

УДК 62-192

### ОСОБЛИВОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МОДЕЛЕЙ ПОЄДНАННЯ ВИПАДКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ДЕТЕРМІНОВАНОЇ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ

**О. І. АЛФЬОРОВ**, д.т.н., доцент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми,

E-mail: [alfogor0204@gmail.com](mailto:alfogor0204@gmail.com)

Прогнозування надійності елементів при раптових механічних відмовах пов'язане з побудовою моделей, що дозволяють оцінювати ймовірність безвідмовної роботи, як ймовірність неперевищення величиною екстремального навантаження  $P_n$ , що багато разів повторюється, величини несучої здатності  $P_n$  елемента [1-3]. Розглянемо варіант, коли постійна у часі несуча здатність елементів має настільки мале випадкове розсіювання, що на практиці ним можна знехтувати. Отже, у всіх екземплярів елементів даного типу несуча здатність однакова і зберігається в часі. Тоді вважатимемо заданим не випадковий (детермінований) та постійний у часі граничний рівень  $P_o$

несучої здатності. Таке припущення можна застосувати, вважаючи, що  $P_o = \tilde{P}_o$ , т.т. використовуючи як граничний рівень нижню межу можливого випадкового розсіювання несучої здатності. Очевидно, що вчиняючи таким чином, заздалегідь завищуватимемо прогнозований ризик раптової відмови. При цьому як коефіцієнт запасу  $K$  слід приймати відношення граничного рівня  $P_o$  до середньої величини випадкових екстремальних навантажень  $\bar{P}_H$ , т.т.  $K = \frac{P_o}{\bar{P}_H}$ .

Відповідно до відомої з теорії ймовірностей першої форми [4] нерівності Чебишева за будь-якого закону розподілу позитивного випадкового навантаження і постійної несучої здатності можна оцінити верхню межу для ймовірності відмови при першому (одноразовому) екстремальному навантаженні:

$$\tilde{Q}_1 = \text{Вер}(P_H \geq P_o) \leq \frac{\bar{P}_H}{P_o} = \frac{1}{K}. \quad (1)$$

Тоді нижня межа  $\tilde{R}_1 = 1 - \tilde{Q}_1$  для ймовірності безвідмовної роботи при першому навантаженні  $R_1$  може бути визначена з виразу

$$R_1 \geq \tilde{R}_1 = 1 - \frac{1}{K}. \quad (2)$$

З (2) випливає, що за відсутності інформації про вид та параметри розподілу екстремальних навантажень гарантована оцінка  $\tilde{R}_1$ , що отримана в припущенні про довільну випадковість навантаження, практично малопридатна для забезпечення необхідного для елементів машин [3, 5] досить високого нормативного рівня безвідмовності:  $[R] = 0,9 \div 0,999$ . Так, наприклад, якщо задати  $\tilde{R}_1 = 0,9$ , то відповідне значення коефіцієнта запасу має становити  $K = 10$ . Практика проектування виробів машинобудування показує, що реалізовувати такі запаси міцності в мобільних машинах недоцільно. Слід також звернути увагу, що оцінка виду (2) може бути обґрунтована тільки при одноразовому екстремальному навантаженні, а при навантаженнях, що багато разів повторюються, задану надійність не забезпечує.

### Список використаних джерел

1. Grynchenko O., Alfeyorov O. (2020) Mechanical Reliability. Prediction and Management Under Extreme Load Conditions. Springer Nature Switzerland AG., 125 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-41564-8>
2. Гринченко А.С., Алферов А.И. (2017) Основы прогнозирования и управления надежностью в условиях экстремальных нагрузок. Харьков ТОВ «Планета - Принт» 136 с.
3. Alfeyorov O, Grynchenko O, Ponomarenko V, Shchur T, Tomporowski A, Kruszelnicka W, Walichnowska P. (2022) Agricultural Equipment Design Optimization Based on the Inversion Method. *Agriculture*. 12(9):1410. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091410>

4. Кушлик-Дивульська О. І., Поліщук Н. В., Орел Б. П., Штабалюк П. І. (2014) Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. Посіб. К: НТУУ «КПІ» 212 с.

5. Гринченко А.С., Алферов А.И. (2017) Прогнозирование надежности элементов машин при случайном пуассоновском потоке экстремальных нагружений. Научный журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». 7, 141-148

УДК 004.771

## СИСТЕМА ЗАХИСТУ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ VPN-З'ЄДНАННЯ

**П. О. МАЛЬЧЕНКО**, магістрант

*Чорноморський Національний Університет імені Петра Могили,  
м. Миколаїв, Україна*

**Г. О. ІВАНОВ**, канд. техн. наук, доцент,

*Миколаївський національний аграрний університет  
М. Миколаїв, Україна*

**E-mail:** twink1337zhab@gmail.com, ivanovgo0708@gmail.com

В даний час все більшої популярності набувають вбудовані системи, наприклад – одноплатні комп'ютери. Більшість із них не дорогі, і вони корисні в широкому діапазоні проектів DIY, від досить простих до досить складних.

Хорошим прикладом такого проекту може бути власний VPN-сервер на основі SoC. VPN або віртуальна приватна мережа дозволяє зберігати захищений тунель між віддаленими пристроями, щоб мати доступ один до одного, як локальна мережа.

Вбудовані платформи, очевидно, менш потужні, ніж стаціонарні комп'ютери, їх використання більш ніж раціонально для цілей, для яких вони використовуються в промисловості. Деякі з цих пристроїв також є чудовими інструментами для експериментів і навчання завдяки своїй низькій вартості та простоті. Завдяки простоті, низькій вартості, енергоспоживанню та сумісності з іншими апаратними та програмними вбудованими пристроями також чудово підходить для експериментальних чи навчальних цілей [1].

Механізми захисту VPN використовують шифрування та аутентифікацію. Шифрування гарантує, що внутрішній трафік не може бути скомпрометований і залишається приватним. Аутентифікація підтверджує ідентичність джерела даних і складається з двох частин [2]:

1. Аутентифікація користувача та системи, що забезпечує доступ до авторизованого сервера. Облікові дані користувача представлені у вигляді цифрового сертифіката, пари ключів або комбінації пароля для входу. Правила

для конкретних користувачів можна запропонувати в налаштуваннях вашої VPN, таким чином можна обмежити доступ до вашої мережі для обмеженої кількості довірених користувачів, указаних у конфігураційних файлах.

2. Внутрішній захист трафіку — кожен відправлений пакет зашифрований і аутентифікований. Зазвичай у реалізації VPN використовуються форми шифрування «аутентифіковане шифрування» (AE) або «аутентифіковане шифрування з пов'язаними даними» (AEAD), які одночасно забезпечують конфіденційність і автентичність даних. Шифрування за допомогою алгоритмів AE або AEAD генерує «код аутентифікації повідомлення» (MAC) і додає його до згенерованого зашифрованого тексту. Будь-які зміни в зашифрованому тексті призводять до пошкодження MAC. Таким чином він запобігає можливій модифікації трафіку, атакам «Людина посередині» (MITM) і «Відмова в обслуговуванні» (DDoS).

Отже, безпека механізмів віртуальної приватної мережі вимагає сучасної криптографії, механізмів аутентифікації та шифрування, проектування мережі та конфігурації системи. Правильно налаштована конфігурація обмеження доступу до вашої VPN, механізмів цілісності та конфіденційності дозволяє запобігти можливому витоку даних і досягти безпечного з'єднання навіть у ненадійних мережах.

Зараз доступно багато рішень VPN, як комерційних, так і проектів з відкритим кодом. Всіх їх можна розділити на три категорії:

1. VPN на основі протоколу IPSec
2. VPN на основі SSL/TLS
3. Самостійні (незалежні) рішення

Деякі незалежні рішення можуть використовувати частини протоколів SSL/TLS або IPSec, наприклад «OpenVPN» використовує протокол, подібний до SSL, для встановлення безпечного з'єднання, однак він значно відрізняється від інших рішень на основі SSL/TLS.

WireGuard — це безкоштовна реалізація VPN з відкритим вихідним кодом, створена як альтернатива стандартним IPsec і OpenVPN. У січні 2020 року, після півтора років доопрацювання коду, WireGuard став частиною ядра Linux. Автором WireGuard є розробник і пентестер Джейсон Доненфілд. Йому вдалося створити набагато простішу та лаконічнішу реалізацію протоколу VPN, ніж більшість інших. Перша версія WireGuard містила менше 5000 рядків коду - порівняно з десятками тисяч рядків в інших програмах VPN. Це не робить WireGuard безпечнішим, але значно полегшує підтримку проекту. Клієнти WireGuard вже випущені для Android, iOS, MacOS, Linux і Windows. Cloudflare запустив VPN-сервіс Warp на основі WireGuard, і кілька комерційних провайдерів VPN також дозволяють користувачам використовувати WireGuard, включаючи TorGuard, IVPN і Mullvad. Використання WireGuard безпосередньо в ядрі, яке безпосередньо взаємодіє з обладнанням, має ще більше прискорити програму, а також зробити її більш привабливою з точки зору використання у вбудованих системах. WireGuard може шифрувати та дешифрувати дані

безпосередньо з мережевої карти, без необхідності передавати трафік через ядро та програмне забезпечення високого рівня.

**Висновки.** Вбудована платформа є відповідним рішенням для розгортання VPN. WireGuard — це безкоштовна та легка реалізація технології віртуальних приватних мереж. Він перенаправляє трафік через захищений тунель і дозволяє об'єднати віддалені пристрої в одну мережу.

У результаті проведення дослідження було створено рішення, розміщене на власному хості, яке дешевше, ніж розміщення на повнорозмірному сервері чи хмарній службі, і, звісно, користується набагато більшою довірою, ніж будь-яка безкоштовна служба VPN.

### Список використаних джерел

1. Z. Bundalo, and D. Bundalo, "Embedded Systems Based on Open Source Platforms", in Introduction to Data Science and Machine Learning. London, United Kingdom: *IntechOpen*, 2019, <https://www.intechopen.com/chapters/67745> doi: 10.5772/intechopen.85806.

2. A. T. Woland, V. Santuka, J. Sanbower, and C. Mitchell, Integrated Security Technologies and Solutions. Hoboken, NJ: *Cisco Press*, 2019.

УДК 004.85

## АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ КЛАСИФІКАЦІЇ КЛІЄНТІВ БАНКУ ПРИ ОТРИМАННІ КРЕДИТУ

**П. О. МАЛЬЧЕНКО**, магістрант

*Чорноморський Національний Університет імені Петра Могили,  
м. Миколаїв, Україна*

**Г. О. ІВАНОВ**, канд. техн. наук, доцент,

*Миколаївський національний аграрний університет  
М. Миколаїв, Україна*

**E-mail:** [twink1337zhab@gmail.com](mailto:twink1337zhab@gmail.com), [ivanovgo0708@gmail.com](mailto:ivanovgo0708@gmail.com)

Високий рівень банкрутства є небажаним для банку, оскільки це означає, що банк навряд чи зможе окупити інвестиції. Якщо завдання прогнозування класу, категорії, майбутнього клієнту буде вирішено, то класифікаційна модель зможе визначати претендентів, які мають високий ризик банкрутства. Це дозволить банку відхиляти запити на кредит, замість того, щоб видавати гроші. Це робить дослідження щодо підбору оптимальної класифікаційної моделі для прогнозування актуальними.

Інтелектуальний аналіз даних у галузі кредитування збирає дані з минулого досвіду та аналізує їх для виявлення тенденцій та рішень для поточних ситуацій. Це ефективна аналітична методологія виявлення невідомої



та цінної інформації з великого обсягу банківських даних. Методи інтелектуального аналізу даних можна використовувати для розробки моделей, які дозволяють класифікувати та прогнозувати [1]. Навчання - це процес побудови наукової моделі після отримання знань з даних. Це підводить до концепції машинного навчання, яку можна формально визначити як складний обчислювальний процес автоматичного розпізнавання образів та інтелектуального прийняття рішень на основі даних навчальної вибірки. Залежно від доступності даних класифікатори машинного навчання поділяються на навчання з учителем та навчання без вчителя. Під час навчання з учителем доступні навчальні дані та модель навчання. Популярні методи включають штучну нейронну мережу (ІНС), машину опорних векторів (SVM), дерева рішень та інші. При неконтрольованому навчанні вибірових даних не вказується мітка. Приклади подібного підходу включають метод k- середніх та карту самоорганізації. В останні кілька десятиліть методи машинного навчання широко використовувалися для класифікації та прогнозування [2].

Мета кредитної моделі – виявити чинники, пов'язані з вищим ризиком неповернення кредиту. Для цього необхідно отримати дані про велику кількість попередніх банківських кредитів та інформацію про одержувачів цих кредитів.

Підготовлений для моделювання набір даних поділяється на дві частини: тренувальний набір для побудови базової моделі класифікатора та тестовий набір для оцінки ефективності моделі нових даних. Використовується 90% даних для навчання та 10% – для тестування, що дасть 100 записів для моделювання нових претендентів. Процедура поділу даних на тренувальний та тестовий набори називається методом відкладених даних.

У якості базової моделі обрано модель дерева рішень. Decision Trees або дерева рішень - один з логічних методів класифікації. Деревом називають скінченний зв'язний граф з множиною вершин  $V$ , що не містить циклів і має виділену вершину  $v_0 \in V$ , в яку не входить не одне ребро. Ця вершина називається коренем дерева. Вершина, що не має ребер, які б з неї виходили, називається термінальною або «листом». Інші вершини називаються внутрішніми.

Ця модель правильно визначила, що зі 100 заяв на отримання кредиту, що входять до тестового набору даних, 54 не закінчилися банкрутством, а в 20 випадках кредит не було повернено. Слід звернути увагу, що у тестових даних модель правильно спрогнозувала лише 20 з 28 реальних неповернень кредиту, тобто 71%. На жаль, цей тип помилок є потенційно дуже дорогим, оскільки при кожному неповерненні кредиту банк втрачає гроші. Чи можна покращити результат?

Розглянемо можливість покращення результатів класифікації за рахунок використання обрізки гілок дерева. Функція `cv.tree()` виконує перехресну перевірку знаходження оптимального рівня складності дерева; послідовність дерев, що розглядаються, вибирається шляхом обрізки з урахуванням штрафу за складність.

Покращення результатів класифікації на деревах рішень можливо за рахунок використання лісу дерев рішень. Випадковий ліс (або ліс дерев рішень) – це метод, що базується на ансамблях. Він використовує тільки ансамблі дерев рішень і поєднує базові принципи беггінгу з випадковим вибором ознак, що дозволяє збільшити різноманітність у моделях дерев рішень. Після створення ансамблю дерев (лісу) модель об'єднує прогнози окремих дерев шляхом голосування. Випадкові ліси поєднують універсальність та ефективність у єдиний підхід ML.

Для прийняття рішення про кращу модель для розв'язання задачі класифікації клієнтів банку щодо кредитування результаті моделювання по розробленим моделям зібрані у таблицю 1.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця методів класифікації

| Тип моделі     | Коефіцієнт успішності (accuracy) | Коефіцієнт помилок (error rate) | Каппа-статистика (Каппа) | Чутливість (sensitivity) | Специфічність (specificity) | Точність (precision) | Повнота (recall) | F-міра (F-measure) |
|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------|--------------------|
| Дерево рішень  | 0,74                             | 0,26                            | 0,418                    | 0,75                     | 0,71                        | 0,87                 | 0,75             | 0,805              |
| Обрізане ДР    | 0,67                             | 0,33                            | 0,322                    | 0,65                     | 0,75                        | 0,87                 | 0,65             | 0,746              |
| Випадковий ліс | 0,8                              | 0,2                             | 0,625                    | 0,84                     | 0,67                        | 0,871                | 0,84             | 0,859              |

Кращу модель обрано на основі сукупності значень показників ефективності, але висновок зроблено на основі значень F-міри. Таким чином обрано модель випадкового лісу.

**Висновки.** Для виконання курсової роботи було використано набір даних, переданих Гансом Хофманном (*Hans Hofmann*) з Гамбурзького університету в репозиторій машинного навчання UCI.

Під час виконання роботи було проаналізовано набір даних, його змінні, їх типи. Визначено змінні, що мають безпосередній вплив на шукану змінну. Визначено змінні, що мають не закономірний, але серйозний вплив на результат. Для останніх побудовано три моделі, результати тестування яких і було порівняно.

Серед моделей, найкращою виявилась «Випадковий ліс», вона отримала вищу серед інших моделей оцінку значень за показником F-міра та є найточнішою для виконання класифікації на основі вищезгаданого набору даних.

### Список використаних джерел

1. Ткаченко Р. Системи штучного інтелекту / Ткаченко Р. О., Кустра Н.

О.: конспект лекцій. Реєстр №5282 від 14.10.2013. – НУЛП. – 2013. – 111 с.

2. Клушин Ю. С. Програмне реалізування математичних моделей, методів та алгоритмів оцінювання часу виконання складних програмних комплексів у багатопроцесорних комп'ютерних системах. – Львів: Видавництво Львівської політехніки.

УДК:621.8

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕРМОДИFUЗІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ (НА ПРИКЛАДІ ДИСКІВ ЛУЩИЛЬНИКА)**

**О. І. ТРИШЕВСЬКИЙ**, доктор технічних наук, професор  
**К. С. ЧЕРНЯВСЬКИЙ**, здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

Останнім часом все частіше на заміну відвальному способу обробки ґрунту, який здійснюється плужними корпусами, приходить безвідвальний, який здійснюється фрезами, дисками луцильників. Робочі органи ґрунтообробних машин інтенсивно зношуються. Тому їх доводиться часто замінювати або ремонтувати та відновлювати. Ефективним способом підвищення надійності робочих органів ґрунтообробної техніки є їх зміцнення, яке дедалі успішніше конкурує з відновленням [1].

Нині використовуються різні методи зміцнення. Серед способів зміцнення деталей у різних середовищах, можна відзначити: газову цементацію, азотування, ціанування, іонну хіміко-термічну обробку, лазерне зміцнення, хіміко-термічну обробку. Але для їх застосування необхідне дороге обладнання, яке споживає велику кількість електроенергії. Продуктивність існуючих методів зміцнення недостатньо висока.

Проблема підвищення працездатності деталей, які працюють у контакті із ґрунтом, залишається актуальною. Тому доцільною є розробка методу зміцнення деталей сільськогосподарської техніки з використанням альтернативних джерел енергії, що дозволить знизити споживання електроенергії та відмовитися від дорогого обладнання, знизити собівартість обробки. До таких методів належить термодифузійне зміцнення деталей машин. Даний метод простий у реалізації, не вимагає дорогого обладнання, витрати великої кількості електроенергії, високопродуктивний та мало витратний.

Аналіз літератури показав, що для підвищення зносостійкості дискових робочих органів найбільш ефективно застосування технологій зміцнення, так як в порівнянні з іншими способами утворення захисного покриття (напилення, наплавлення шару металу, гальванічні покриття) хіміко-термічна обробка забезпечує найбільш плавну зміну складу та механічних властивостей у

поверхневому шарі [3]. При цьому немає проблем з адгезією між отриманими шарами. У результаті виходить висока зносостійкість із збереженням пружності внутрішнього шару деталі. А це важливо, тому що диски луцильника працюють не лише в умовах абразивного зношування.

#### **Список використаних джерел**

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ: "Агроосвіта", 2014 – 665 с.
2. Матеріалознавство та технологія металів. Підручник / Власенко А.М. – Київ: Літера ЛТД, 2019. – 224 с.

**УДК 37.041:377.35:861.3**

### **ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ АГРОІНЖЕНЕРІВ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН**

**М. М. БОНДАР** к.пед.н., доц., (кафедра механіки)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: bondar\_mm@nubip.edu.ua*

*У доповіді обґрунтовується положення про те, що одним із основних методів формування готовності майбутніх інженерів аграрної сфери до професійного розвитку та саморозвитку є застосування технологій особистісно-розвивального навчання та методів активізації навчально-пізнавальної діяльності в процесі викладання загальноінженерних дисциплін.*

**Ключові слова:** особистісно-розвивальне навчання, професійний розвиток та саморозвиток, самостійна робота, організаційні умови.

Найважливішою складовою навчального процесу у вищому навчальному закладі завжди була і є індивідуальна самостійна навчально-наукова діяльність майбутніх інженерів [1]. Виходячи з чого, метою дослідження було бажання з'ясувати, наскільки повно витримані педагогічні умови у створенні освітнього середовища для ефективної індивідуальної самостійної роботи студентів різних освітніх рівнів інженерних факультетів НУБіП України. Формувалося два напрями у дослідженні описаної вище проблеми — процесуальний та змістовний. У першому випадку із запропонованого переліку необхідно було вибрати найбільш значущі, на думку респондентів, організаційні умови для ефективної самостійної роботи студентів. У другому, вибрати вміння, що надають вирішальний вплив на результати досягнення цілей самостійної навчально-наукової діяльності майбутніх інженерів.

У дослідженні брали участь студенти-бакалаври інженерних факультетів, денної форми навчання — 175 чол. і магістранти — першого та другого року —

115 чол., всього – 290 чол. Результати дослідження узагальнено на рисунках 1 та 2.

При аналізі результатів студентського опитування, найбільш значимих, організаційних умов, сприяють самостійної навчально-наукової діяльності майбутніх інженерів, привертає увагу відчутна різниця у думках молодших і старших курсів, яку можна пояснити набутим особистим досвідом виконання самостійної роботи на старших курсах. Важлива на молодших курсах організаційна діяльність, пов'язана з можливістю самоконтролю знань у дистанційному режимі за допомогою спеціально розроблених тестових завдань, що, на нашу думку, на ранніх етапах розвитку готовності до самостійної професійної діяльності проявляється у прагненні студентів до постійного звірення досягнутого рівня власних знань з нормативними вимогами. відповідної дисципліни.

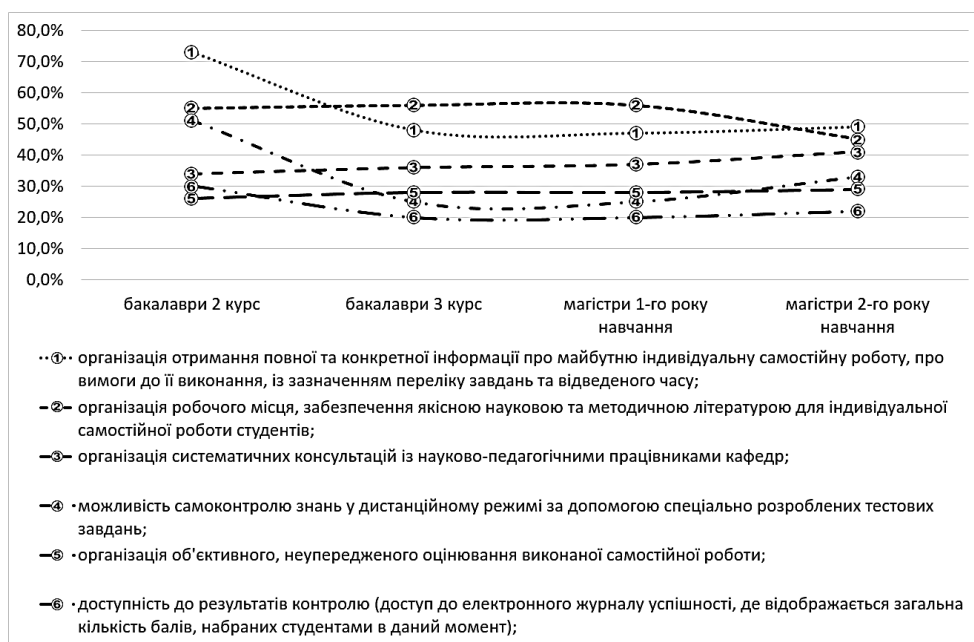


Рис. 1. Оцінка найбільш значимих, на думку студентів, організаційних умов, що сприяють самостійній навчально-науковій діяльності майбутніх інженерів.

Щодо узагальнених результатів цього дослідження, слід зазначити таке: при виконанні індивідуальних самостійних завдань, які потребують творчого, професійного підходу у пошуку шляхів їх вирішення, важливе значення, відповідно до результатів оцінок опитаних студентів, має наявність у науково-педагогічних працівників умінь реалізувати процес консультування. Метою якого є розвиток готовності випускників інженерних факультетів у майбутньому самостійно вирішувати різноманітні виробничі проблеми.

Далі, повертаємося до аналізу результатів опитування оціночних поглядів студентів з найбільш значущих, на їхню думку, умінь, які здійснюють суттєвий

вплив на досягнення цілей самостійної навчально-наукової діяльності майбутніх інженерів (рис. 2).

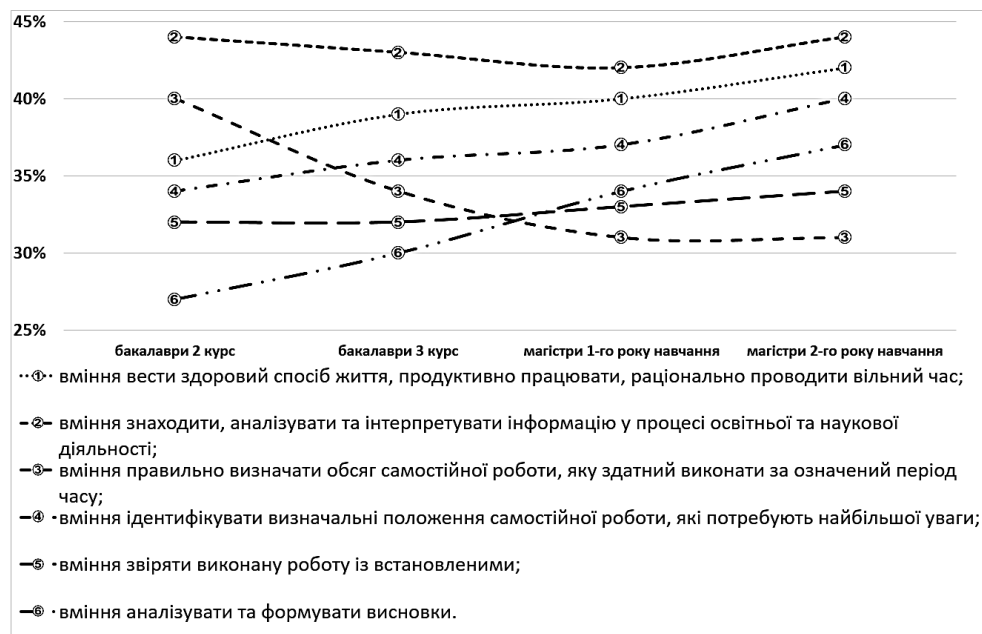


Рис. 2. Оцінка найбільш значущих, на думку студентів, умінь, які надають вирішальний вплив досягнення цілей самостійної навчально-наукової діяльності майбутніх інженерів.

Тут, насамперед, слід зазначити показову динаміку зростання позиції «6» — вміння аналізувати та формувати висновки. Зі зростаючим досвідом самостійної роботи, вказана якість особистості набуває все більшої ваги в очах майбутніх інженерів, від 27% відповідей студентів другого курсу освітнього ступеня бакалавра, і до 37% відповідей магістрів другого року навчання.

**Узагальнений висновок** щодо вивчення ставлення студентів до самостійної роботи свідчить про те, що досягнення ефективності у формуванні готовності випускників інженерних факультетів до професійного саморозвитку можливе при виконанні умов обов'язкового індивідуального підходу та забезпеченні стимулювання професійного зростання випускників, виховання творчої активності та ініціативи.

### Список використаних джерел

1. Nikolaenko, S., Bondar, M., Bulgakova, O., & Dukulis, I. (2020). Investigation of pedagogical conditions for development of professional self-perfection skills of future agricultural engineers. *Engineering for Rural Development*, 19, 1364–1372. <https://doi.org/10.22616/erdev.2020.19.tf337>



УДК 621.793

## АНАЛІЗ МЕТОДУ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ ДЕТАЛЕЙ

**І. М. РИБАЛКО**, доктор технічних наук

**О. В. ТІХОНІВ**, кандидат технічних наук, доцент

**С. С. БІЛОКОНЬ**, здобувач вищої освіти

*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

*E-mail: kafedraTSRP@i.ua*

Вибір обладнання, режимів і матеріалів зрештою має на меті отримання якісного наплавленого шару. Якість відновленого шару характеризується такими параметрами, як твердість, мікротвердість, однорідність, пористість, наявність несплошностей, тріщин, показниками зносостійкості. Для визначення якості наплавленого шару застосовуються різні методи контролю наплавлень, які можна розділити на великі групи:

- методи із використанням руйнування деталі;
- методи неруйнівного контролю.

Першу групу поділяють на контроль з частковим або повним руйнуванням відновлених деталей. До цього виду контролю відноситься: а) перевірка якості нанесених шарів методом засвердлювання; б) технологічні проби на злам, скручування; в) механічні випробування для визначення міцності, пластичності (випробування на розтяг, вигин, зріз, удар, знакозмінне навантаження та твердість) [1]; г) металографічні дослідження макро- та мікроструктури наплавленого металу та зон термічного впливу [2] (рис. 1); д) перевірку нанесених шарів на корозійну стійкість; е) випробування зразків або готових виробів на зносостійкість [3].

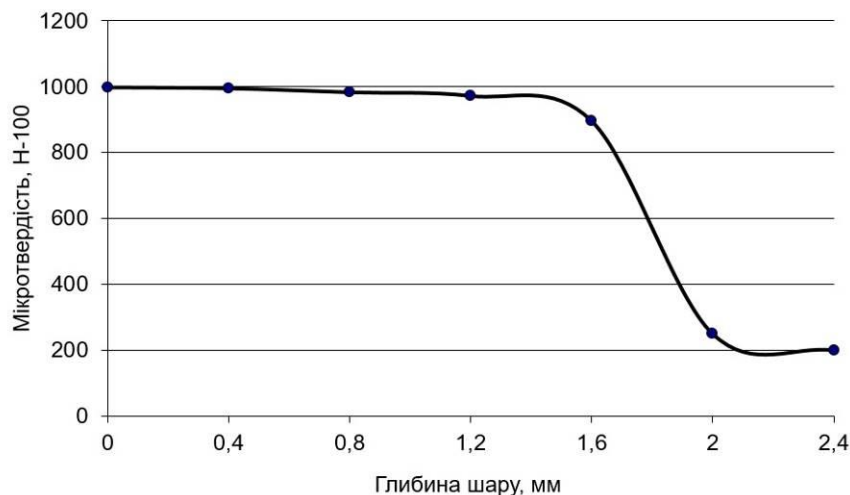


Рисунок 1 Розподіл мікротвердості за глибиною нанесеного шару

Друга група [2] – фізичні способи контролю суцільності покриттів без руйнувань. До цього виду контролю відносять: а) рентгеноструктурний аналіз; б) магнітні способи контролю суцільності наплавленого шару (порошкова

дефектоскопія, способи контролю властивостей; в) спосіб контролю ультразвуком та методом загасаючих коливань. Також знайшов широке застосування в промисловості неруйнівний метод контролю якості сталевих виробів з коерцитивної сили [4-8]. Особливо успішно коерцитиметр застосовують для контролю механічних властивостей маловуглецевих і низьколегованих сталей, зварних з'єднань, якості термічної обробки.

Одним з безконтактних приладів діагностування фізико-механічних властивостей виробів, що швидко рухаються, є «Магнітний аналізатор якості зварних виробів МАЯЗВ (АНБ-629)». Принцип дії якого ґрунтується на вимірі максимального магнітного потоку виробу при русі його крізь область зі стаціонарним магнітним полем та контролю залишкового магнітного потоку після завершення намагнічування.

Особливе місце в проблемі забезпечення якості покриттів займають методи прогнозування їх властивостей, які зводяться до розрахунків режимів обробки і (при необхідності) термічної обробки, оцінки температурних полів, термодинамічних процесів структуроутворення, оцінки величини перехідної зони та зони термічного впливу, хімічного складу, дифузійних процесів. А також дослідження зміни властивостей покриттів у процесі експлуатації, з використанням планування експерименту, обробка статистичних експериментальних даних.

З розвитком нових технологій, матеріалів та конструкцій зростають вимоги до якості деталей, що відновлюються. Виникає низка проблем, вирішення яких потребує ретельного опрацювання під час створення технологічних процесів. Використання на вирішення цих завдань експериментальних методів пов'язані з великими затратами. Тому виникає потреба у чисельному моделюванні відповідних процесів [9, 10].

Якість покриття знаходиться також у жорсткій залежності від стану деталі, що підлягає відновленню, а також використання методів підготовчих операцій.

Наплавлений метал в основному характеризується дрібнодендритною структурою, однорідною по всьому перерізу. На межі розділу основного металу з наплавленим або межі стику валиків при багатошарових проходах спостерігалися порожнечі і неметалеві включення різної форми.

Структура шару, що формується при нанесенні плазмовим методом істотно залежить і від хімічного складу матеріалу. Зі збільшенням частки вуглецю та легуючих добавок зростає кількість дисперсної карбідної фази (легованого цементиту та спецкарбідів), які визначають рівень фізико-механічних та експлуатаційних властивостей.

Як правило [11], у зоні перегріву феритна фаза має значно більшу мікротвердість у порівнянні з феритною фазою, яка знаходиться за зоною термічного впливу (рис. 1). Це свідчить про те, що ферит, що входить у структуру відманштету, більш напружений як за рахунок перенасиченості по вуглецю, так і за рахунок пластичної деформації фазового переходу. При цьому побудовані частотні криві розподілу мікротвердості по зонах також свідчать

про значну неоднорідність структури зони сплаву та зони перегріву в порівнянні з іншими ділянками ЗТВ. Це призводить до виникнення тріщин та відшаровувань.

При відновленні складних деталей типу колінчастого валу немає необхідності визначення місцезнаходження внутрішнього дефекту. Достатньо знати про його наявність та розміри. Так як вал піддається циклічним навантаженням по всій довжині і його злам станеться у будь-якому разі. За такої постановки завдання немає необхідності використовувати дороге діагностичне обладнання. З її вирішенням цілком успішно справляється метод акустичного контролю «Удар» дія якого засновано на вимірі швидкості загасання вільних коливань.

### Список використаних джерел

1. Инженерия вакуумно-плазменных покрытий: Монография / Азаренков Н. А., Соболев О. В., Погребняк А. Д., Береснев В. М. – Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2011. – 343с.
2. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. / С.Н. Жизняков, З.А. Сидлин. – К.: «Екотехнологія», 2006. – 360 с.
3. Калмуцкий В.С. Критерии усталостного разрушения деталей с покрытиями / В.С. Калмуцкий // Проблемы прочности. – 1983. – № 12. – С. 7-10.
4. Ланге Ю.В. Акустические импедансные методы неразрушающего контроля / Ю.В. Ланге // Дефектоскопия. – 1978. - №8. – С. 22-36 .
5. Сусліков Л.М. Неруйнівні методи контролю: Навчальний посібник. / Л.М. Сусліков, І.П. Студеньак – Ужгород: Видавництво УжНУ, 2016. – 192 с.
6. Белокур И.П. Дефектология и неразрушающий контроль. – Киев: Вища шк., 1990. – 207с.
7. Буряк С.Ю. Контроль стану поверхні кочення коліс рухомого складу залізниць акустичним методом / С.Ю. Буряк // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2013. – № 6. – С. 58–65.
8. Применение неразрушающего контроля для оценки сдаточных испытаний изделий из высокоуглеродистых сплавов / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, В.М. Власовец, М.В. Марченко, Н.Г. Поздняков // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету – Х., 2008. – Вып. 42. – С. 68-71.
9. 5. 110. Махненко В.И., Великоиваненко Е.А., Кравцов Т.Г., Севрюков В.В. Численное исследование термомеханических процессов при наплавке валов судовых механизмов и устройств // Автоматическая сварка. – 2001. – №1. – С. 3-10.
10. Лесков Г.И., Пустовойт С.В. К вопросу построения динамической модели сварочной ванны при электродуговой сварке // Автоматическая сварка. – 2001. - №1. – С. 11 – 15.
11. Зорин Н.Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением. / Н.Е. Зорин, Е.Е. Зорин – 2018. – 164с.

УДК 631.358:62

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСА ЗАДНЬОГО МОСТА ТРАКТОРА МТЗ-892

**І. М. МАКАРЕНКО** студент магістратури

**В. А. СИВОЛАПОВ**, старший викладач

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Колісні трактори «Білорусь» МТЗ-892 створені на основі всебічної та глибокої модернізації універсально-пропашних сільськогосподарських тракторів МТЗ-80 і МТЗ-82.

Вивчення технічного стану деталей почали з корпусу (рис.1), оскільки від нього в значній мірі залежить довговічність роботи.

Виявлено основні пошкодження - пошкодження різи, знос поверхонь отворів під стакани та під підшипники, знос поверхонь отворів під штифти, знос поверхні під поводки. При наявності зломів, які виходять на поверхню отворів, корпус вибраковуюють.

Тріщини корпусу відновлюємо механізованим зварюванням чавуну самозахисним дротом ПАНЧ-11 без підігріву. Зварювання дротом ПАНЧ-11 здійснюється, відкритою дугою, без додаткового захисту газом або флюсом. Кращі результати забезпечуються на постійному струмі прямої полярності при слідуючих значеннях параметрів режиму (для дроту діаметром 1,2 мм):  $I_{зв} = 100 \dots 140$  А;  $U_a = 14 \dots 18$  В;  $V_{зв} = 0,15 \dots 0,25$  см/с.

Малий діаметр дроту (1 ... 1,2 мм) ПАНЧ-11 дає можливість рекомендувати вузьку обробку кромки. У результаті цього досягається значне зменшення тепловкладення в деталь, забезпечуються жорсткі термічні цикли в районі зварювання, звужується зона структурних перетворень в основному металі. Для зварювання дротом ПАНЧ-11 придатні будь-які шлангові напівавтомати, призначені для подачі дроту діаметром 1 ... 1,2 мм: А-547, А-547У; А-285; серії ПДГ та інші в комплекті з випрямлячами ВС-200; ВС-300 або зварювальними перетворювачами з жорсткою характеристикою.

При пошкодженні різи отвір розсвердлюють, нарізають різьбу і встановлюють ремонтну пробку на епоксидній суміші. Зміщення осей відновлених різьбових отворів допускається не більше як на 0,25 мм від їх номінального розміщення.

Спрацьовані отвори під підшипники і стакани підшипників розточують, проводять місцеве осталювання і знову розточують до нормальних розмірів.

Під час осталювання поверхня повинна бути рівною, срібисто-білого кольору. Тріщини, відшарування, пори, раковини, темні смуги на поверхні покриття не допускаються

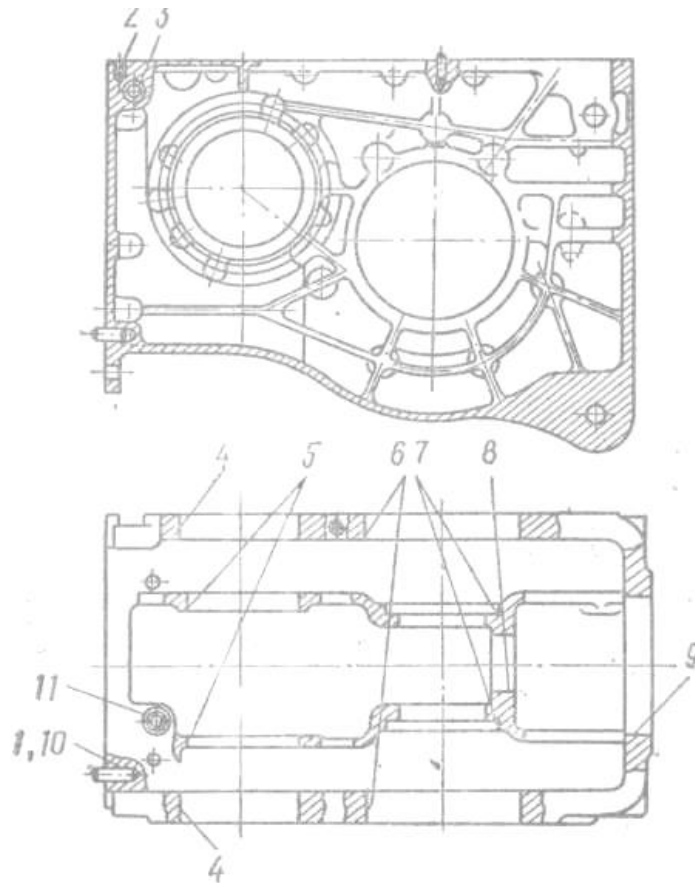


Рис. 1. Корпус заднього моста 50-2401015. Матеріал - СЧ 20;  
маса -178,8 кг; твердість - 170...241 НВ.

Складено карту дефектації корпусу заднього моста .

Таблиця 1. Корпус заднього моста 50-2401015. Карта дефектації.

| Контрольовані дефекти |                                                                                                             | Розміри, мм.                                                           |           | Способи і засоби контролю   | Висновок     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------|--------------|
| Деф.                  | Назва                                                                                                       | За кресленням                                                          | Допустимі | Назва<br>Означення          |              |
| 1                     | Знос поверхні штифта під корпус заднього моста і коробку передач (перевіряти при ослабленні посадки штифта) | 20 <sub>-0,14</sub>                                                    | 19,98     | Скоба або мікрометр МК 25-2 | Відновлювати |
| 2                     | Пошкодження різі                                                                                            | Вмятини, забоїни, викришування, зрив більше 2-х витків не допускаються |           | Огляд                       | Відновлювати |

Продовження таблиці 1.

| 1  | 2                                                                         | 3                                       | 4             | 5                                | 6            |
|----|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|----------------------------------|--------------|
| 3  | Знос поверхонь втулок під валики                                          | 25 <sup>+0,045</sup>                    | 25,23         | нутромір індикаторний НИ 18-50   | Відновлювати |
| 4  | Знос поверхні отвори під стакан підшипника                                | 165 <sup>+0,040</sup>                   | 165,10        | нутромір індикаторний НИ 160-250 | Відновлювати |
| 5  | Знос поверхні отвори під стакан підшипника                                | 154 <sup>+0,040</sup>                   | 154,13        | нутромір індикаторний НИ 100-160 | Відновлювати |
| 6  | Знос поверхні отвори під рукав півосі                                     | 210 <sup>+0,045</sup>                   | <b>210,15</b> | нутромір індикаторний НИ 160-250 | Відновлювати |
| 7  | Знос поверхні отвори під шарико-підшипник 314                             | 150 <sup>+0,010</sup> <sub>-0,025</sub> | 150,04        | нутромір індикаторний НИ 100-160 | Відновлювати |
| 8  | Знос поверхні отвори під стакан підшипника                                | 110 <sup>+0,035</sup>                   | 110,07        | нутромір індикаторний НИ 100-160 | Відновлювати |
| 9  | Знос поверхні отвори під задню кришку                                     | 190 <sup>+0,073</sup>                   | 190,14        | нутромір індикаторний НИ 160-250 | Відновлювати |
| 10 | Знос поверхні отвори під штифт (перевіряти при ослабленні посадки штифта) | 20 <sup>-0,028</sup> <sub>0,061</sub>   | 20,00         | нутромір індикаторний НИ 18-50-2 | Відновлювати |
| 11 | Знос поверхні отвори під валик управління                                 | 25 <sup>+0,045</sup>                    | 25,23         | нутромір індикаторний НИ 18-50-2 | Відновлювати |

### Список використаних джерел

1. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: "Колос", 1981. – 351 с.
2. 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.



УДК 625.08

## ЗНОШУВАННЯ ОБЕРТОВИХ РІЗЦІВ ДОРОЖНЬОЇ ФРЕЗИ

**І. М. РИБАЛКО**, доктор технічних наук

**О. В. ТІХОНОВ**, кандидат технічних наук, доцент

**В. С. ГОБИШ**, здобувач вищої освіти

*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

*E-mail: kafedraTSRP@i.ua*

Аналіз чинників, які впливають на інтенсивність зношування обертових різців дорожньої фрези (рис. 1), показав, що зносостійкість інструмента визначається геометрією робочого органу, характером взаємодії з абразивом, властивостями матеріалу, зовнішніми умовами зношування, а також режимами фрезерування. Зважаючи на той факт, що інтенсивність спрацьовування різця визначається зносостійкістю його наконечника та корпусу, більшість дослідників намагались підвищити термін служби робочого органу лише за рахунок поліпшення матеріалу наконечника. При цьому, згідно з одержаними результатами, застосування дорогих твердосплавних матеріалів, які містять дефіцитні елементи, не забезпечує значного підвищення строку експлуатації різців [1].



Рисунок 1 – Загальний вигляд дорожньої фрези

Пропонується розглядати механізм фрезерування асфальтобетонного покриття як процес руйнування робочим органом дорожньої фрези монолітного шару зі звільненням гранітних часток із бітумної зв'язки [2]. При цьому завдяки обертовому руху барабана та поступовому руху фрези змінюється траєкторія переміщення різця відносно поверхні асфальтобетону, зменшується кут нахилу наконечника до оброблюваної поверхні, а отже корпус різця бере активну участь у процесі фрезерування.

Попадання абразивних частинок між різцетримачем і різцем обумовлює неможливість його повороту, що викликає нерівномірний розмір корпусу в одній площині і відколювання наконечника [3]. Такому характеру руйнування піддається не більше ніж 13% досліджуваних деталей. Застосування відновлювального наплавлення корпусу для різців, які не мають значних пошкоджень в одній площині, не зогнуті, а також наконечник яких

пошкоджений не більше ніж на 20%, дозволить збільшити термін їх служби. Тому використання відновлювального наплавлення забезпечує можливість повторного застосування до 20 - 25% оброблених різців.



Рисунок 2 – Різці дорожньої фрези:  
а – зношений, б – новий

Виходячи з цього, можна отримати підвищення терміну виконання служби різання, як для нових деталей – за рахунок застосування попереднього зміцнюючого наплавлення, так і для зношених – у випадку, якщо наконечник різання має практично первісну геометричну форму і його розмір становить не більше 20% за рахунок відновлювального наплавлення.

Перевірено зміну розмірів різця до та після напрацювання (рис. 3).

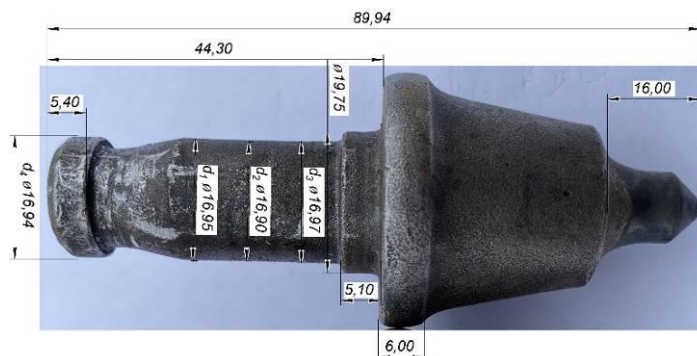


Рисунок 3 – Розмірні характеристики нових різців

Після вимірювання зношених різців (більше 80шт) було виявлено, що зношування поверхні кріплення  $d$  знаходиться в межах 0,01-0,55мм. А саме, зменшення розмірів в середньому по поверхні –  $d_1=0,13$ мм,  $d_2=0,04$ мм,  $d_3=0,20$ мм,  $d_4=0,35$ мм.

Проаналізувавши зношування місця кріплення різці прийшли до висновку, що його можна відновлювати різного виду наплавленням або напилення з послідуною фінішною обробкою, так і осаджуванням з вдавлюванням циліндричної поверхні [4-6]. Для цього необхідно розробити оснащення та перевірити експериментально.

### Список використаних джерел

1. Попов С.Н. Оптимизация срока службы резцов дорожной фрезы на

основе технологий предварительной и восстановительной износостойкой наплавки / С.Н. Попов, Д.А. Антонюк // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2007. – № 1. – С. 69–77.

2. Попов С.Н. Разработка конструкции резца дорожной фрезы повышенной износостойкости / С.Н. Попов, Д.А. Антонюк // Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях: Матер. 7 ежегодн. межд. конф., 12–16 февраля 2007г.: тезисы докл. – К.: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2007. – С. 167–169.

3. Мухторов А.М. Разработка методов повышения износостойкости резцов дорожных фрез / А.М. Мухторов // Educational Research in Universal Sciences. – 2022. – Volume 1. Issue 7. – С. 479-483.

4. 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, 2015. – 665 с.

5. Рибалко І.М. Класифікація дорожніх фрез та характер зношування їх різців / О.В. Тіхонов, І.М. Рибалко, В.С. Гобиш // IX Міжнародної науково-технічної онлайн конференції «Крамаровські читання» з нагоди 115-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН КРАМАРОВА Володимира Савовича (1906 - 1987) та 90-річчя кафедри надійності техніки НУБіП України – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2022. – С. 53-55.

6. Рибалко І.М. Аналіз різців дорожньої фрези та технології їх відновлення / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, В.С. Гобиш // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація» – Х.: ДБТУ, 2022. – С. 114-115.

**УДК:629**

## **ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ УСТАНОВ І ОРГАНІЗАЦІЙ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТЕХНІКИ**

**А. К. АВТУХОВ**, доктор технічних наук, професор  
**О. Г. АДАМЕНКО**, здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

Основними задачами різних галузей господарювання є досягнення стійкого зростання виробництва шляхом об'єднання всіх зусиль для отримання високих кінцевих результатів.

Проблеми які висуває життя на шляху перетворення підприємств України у високорозвинений спектр економіки, вимагає нових, найбільш ефективних рішень, пошук новаторських і творчих підходів.

Основними напрямками розвитку закладів і організацій, що забезпечують працездатність техніки є: підвищення рівня спеціалізації, кооперації і централізації, поліпшення виробничих зв'язків між окремими підприємствами, значне розширення масштабів технічного переозброєння і реконструкції. Також сюди входить і впровадження високоефективного обладнання, нових прогресивних технологічних процесів і наукової організації труда, поліпшення використання виробничих потужностей і основних фондів: підвищення коефіцієнта змінності роботи обладнання, розробка нових, прогресивних систем організації обслуговування і ремонту агрегатів, що забезпечують підвищення рентабельності підприємства, збільшення міжремонтного періоду і зниження собівартості кінцевої продукції. Ці задачі повинні бути в основі проектування нових і реконструкції існуючих підприємств.

### УДК 6.31.3

## **ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ СЕРВІСНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

**В. А. БАНТКОВСЬКИЙ**, доцент,

**Є. С. ДЕРЯБКІНА**, к.т.н. доцент

*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

*E-mail: bantkovskiy@btu.kharkov.ua*

У практиці роботи машинобудівних підприємств оцінка якості ремонту обладнання базується на вимозі відповідності найважливіших параметрів відремонтованого обладнання його паспортним даним або стандартам і технічним умовам. Для кожного виду технологічного обладнання існують свої найважливіші параметри, ступінь відновлення яких в процесі проведення ремонту обумовлює його якість.

Однією з основних особливостей оцінки якості поточного ремонту є необхідність її проведення безпосередньо на момент завершення ремонтних впливів на відміну від оцінки якості капітальних і середніх ремонтів, заснованої на тривалих експлуатаційних випробуваннях. Необхідність експрес-оцінки якості поточного ремонту пов'язані з тим, що він проводиться протягом терміну служби обладнання багаторазово, в невеликих обсягах і не робить такого впливу на показники якості відремонтованого обладнання, як капітальний або середній ремонт.

На момент проведення поточного ремонту, як правило, ще зберігається та якість обладнання, яка була досягнута в результаті проведення попередніх ремонтних впливів (середніх і капітальних ремонтів). На якість відремонтованого обладнання також впливає надійність конструкції самого обладнання, обсяг внутрішньоциклових витрат на технічне обслуговування та інші показники. Некоректність і необ'єктивність однакового підходу до оцінки якості поточних і капітальних (середніх) ремонтів впливає ще й з того, що вони мають різні цілі і наслідки.

Метою поточного ремонту є досягнення лише певного, заздалегідь заданого рівня роботоздатності обладнання, що дозволяє запобігти можливій відмові в роботі до проведення чергового ремонту.

Порівняння досягнутого рівня відновлення роботоздатності з плановим дозволяє досить об'єктивно оцінити якість проведеного поточного ремонту.

Досягнутий в процесі поточного ремонту рівень відновлення роботоздатності обладнання може бути розрахований на основі використання системи показників, які враховують вплив поточного ремонту на окремі характеристики роботи обладнання. В систему таких показників можуть бути включені: рівень відновлення технічної готовності обладнання  $Y_{TG}$ , рівень відновлення технічних параметрів обладнання  $Y_{TP}$  і рівень відновлення показників надійності роботи  $Y_H$ .

Рівень відновлення технічної готовності обладнання дозволяє оцінити в якій мірі в порівнянні з плановою відновилося технічна готовність обладнання після проведення поточного ремонту.

Фактичний рівень відновлення технічної готовності можна розрахувати як відношення фактичного коефіцієнту відновлення технічної готовності відремонтованого обладнання  $K_{TG\phi}$  до планового  $K_{TGn}$ :

$$Y_{TG} = \frac{K_{TG\phi}}{K_{TGn}}. \quad (1)$$

Так як поточний ремонт не передбачає відновлення технічної готовності обладнання до рівня нової техніки, планове значення  $K_{TGn}$  можна визначити в тій частці, в якій це досягається шляхом проведення поточного ремонту:

$$K_{TGn} = K \cdot K_{TGn}, \quad (2)$$

де  $K$  - коефіцієнт, що визначає частку відновлення технічної готовності нового обладнання в процесі поточного ремонту (залежить від порядкового номеру поточного ремонту);

$K_{TGn}$  - коефіцієнт технічної готовності нового обладнання, що обчислюється відповідно до діючих стандартів.

Показники, включені в систему, у своїй сукупності, найбільшою мірою відображають цілі, які ставить перед собою поточний ремонт, а тому досить виважено і об'єктивно характеризують рівень відновлення (відтворення) втраченої роботоздатності відремонтованим технологічним обладнанням.



Показники, що не увійшли в систему, такі, як відновлення технологічної точності, жорсткості і інші, більшою мірою характеризують вплив капітального (середнього) ремонту.

На основі запропонованої методики можуть бути створені ефективні системи планування і економічного стимулювання роботи ремонтно-обслуговуючих підрозділів і підприємств технічного сервісу.

### **Список використаних джерел**

1. Організаційні форми технічного сервісу та прогноз їх розвитку в ринкових умовах господарювання в агропромисловому комплексі України. Рекомендації. / М.В. Молодик, А.М. Моргун, Л.І. Шаповал та ін. – Київ: ННЦ ІМЕСГ, ХДТУСГ, 2005. – 172 с.

2. Кубіч В. І. Питання експлуатації машин в законодавчих та нормативних актах. Автомобілі і трактори: навчальний посібник / В. І. Кубіч, О.М. Коробочка, О. Г. Чернета. — Кам'янське : ДДТУ, ЗНТУ, 2018. – 230 с.

3. Економіка підприємства: навчальний посіб. для студентів закл. вищ. освіти / Н.М. Колпаченко, Ю.А. Сайчук, В.К. Аветісян, В.А. Бантковський, В.Л. Маніло. – Харків: Діса плюс, 2019. – 277с.

4. Оптимізація виробництва в машинобудуванні: навчальний посіб. для студентів закл. вищ. освіти / Н.М. Колпаченко, Ю.А. Сайчук, В.К. Аветісян, В.А. Бантковський, В.Л. Маніло. – Харків: Діса плюс, 2020. – 250 с.

**УДК 621.717:631.3**

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ПЛОЩІ КОНТАКТУ ЗАХОПЛЮВАЧА ЗНІМАЧА З ВНУТРІШНІМ КІЛЬЦЕМ ПІДШИПНИКА**

**В. І. РИС** к.т.н., в.о. доцента

*Львівський національний університет природокористування,  
Дубляни, Україна*

*E-mail: Rysvasyl@gmail.com*

Основною вимогою до операції демонтажу пресових з'єднань, зокрема підшипникових вузлів та підшипників є їх збереження в робочому стані. Знаючи допустимі напруження, які можуть виникати в деталях знімачів під час даних операцій та їх місце розташування проводиться вибір інструменту.

Під час випресування підшипників дуже важливо не пошкодити як сам підшипник, так його посадочні місця на з'єднаних з ним деталях. Враховуючи те, що зусилля випресування з'єднання на 10-15% більше від зусилля запресування та в процесі експлуатації значна частина рухомих з'єднань деталей деформується, поверхні їх кородують і пошкоджуються, такі з'єднання стають



нерухомими тому розбирання їх ускладнюється [1,2,3].

Правильне випресування підшипника проводиться з передачею зусилля демонтажу тільки на кільце, що встановлене з натягом і в жодному разі – на тіла кочення. Іноді підшипники демонтуються для здійснення технічного обслуговування або ремонту інших вузлів механізму – в цьому випадку підшипники зазвичай використовуються повторно [5].

Однією з проблем, яка виникає під час розбирання пресових з'єднань є зісковзування захоплювачів з кільця підшипника. Для усунення цього недоліку знімачі оснащують додатковими елементами, які в свою чергу ускладнюють їх конструкцію і збільшують масу, а також створюють певні незручності використання. Вирішенням даного питання є обґрунтування площі контакту захоплювача знімача, яка забезпечить умову його не зісковзування з кільця підшипника під час його демонтажу.

Нехай площа  $A$  контакту захоплювача та кільця підшипника має форму сектора круга, зображену на рисунку 1. Площа сектора залежить від кутів  $\beta$  та  $\beta_1$ . За умови, якщо кут  $\beta < \beta_1$  площа сектора буде обмежена точками  $Z_1, H_1, H_2, Z_2$ , якщо  $\beta > \beta_1$  то площа сектора буде обмежена точками  $Z_1, H_1, H, Z$ . Збільшення кут  $\beta$  дозволяє суттєво збільшити площу сектора.

Визначимо складові загальної площі [4,6]:

а) площа кругового сектора  $OZ_1H_1$ :

$$A_1 = A_{OZ_1H_1} = \frac{\beta_1 d_1^2}{4}, \quad (1)$$

де  $d_1$  – зовнішній діаметр внутрішнього кільця підшипника, мм;

б) площа кругового сектора  $OZ_2H_2$ :

$$A_2 = A_{OZ_2H_2} = \frac{\beta_1 d^2}{4}, \quad (2)$$

де  $d$  – діаметр вала, на який напресований підшипник, мм;

в) площа трикутника  $OH_1H$ :

$$A_3 = A_{OH_1H} = \frac{1}{2} \frac{d_1}{2} \frac{d}{2} \sin(\beta - \beta_1), \quad (3)$$

г) площа кругового сектора  $OH_2H$ :

$$A_4 = A_{OH_2H} = \frac{\beta - \beta_1}{2} \frac{d^2}{4}. \quad (4)$$

Площа контакту знаходиться через площі  $A_1, A_2, A_3, A_4$ :

$$A = A_1 - A_2 + 2A_3 - 2A_4. \quad (5)$$

Після підстановки виразів складових площ одержуємо формулу для визначення площі контакту захоплювача знімача з внутрішнім кільцем підшипника:

$$A = \frac{1}{4} (\beta_1 (d_1^2 - d^2) + d_1 d \sin(\beta - \beta_1) - (\beta - \beta_1) d^2) \quad (6)$$

У формулах наведених вище кути  $\beta$  і  $\beta_1$  визначені у радіанній мірі.

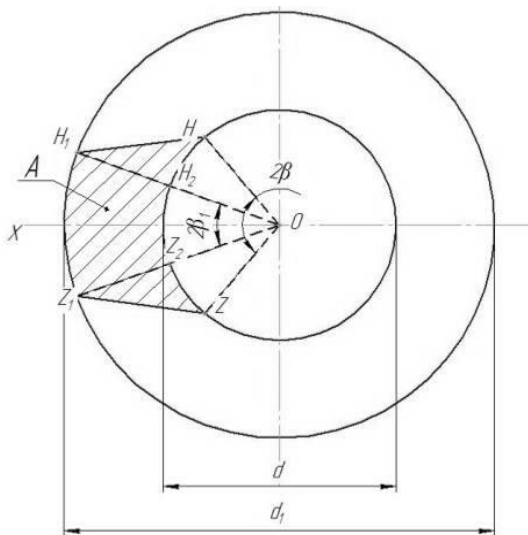


Рисунок 1 – Площа контакту лапи і кільця підшипника

Формула (6) виведена для умови  $\beta > \beta_1$ , але нею можна користуватись без жодних змін і при  $\beta_1 \geq \beta$ .

Зокрема, при  $\beta = \beta_1$  формула (6) значно спрощується до вигляду:

$$A = \frac{\beta(d_1^2 - d^2)}{4}. \quad (7)$$

На підставі теоретичних розрахунків отримано залежності площі контакту захоплювача з кільцем підшипника від зусилля випресування, зображені на рисунку 3. Розрахунки площі контакту захоплювача знімача проводились для підшипників різного діаметру та різних марок сталей.

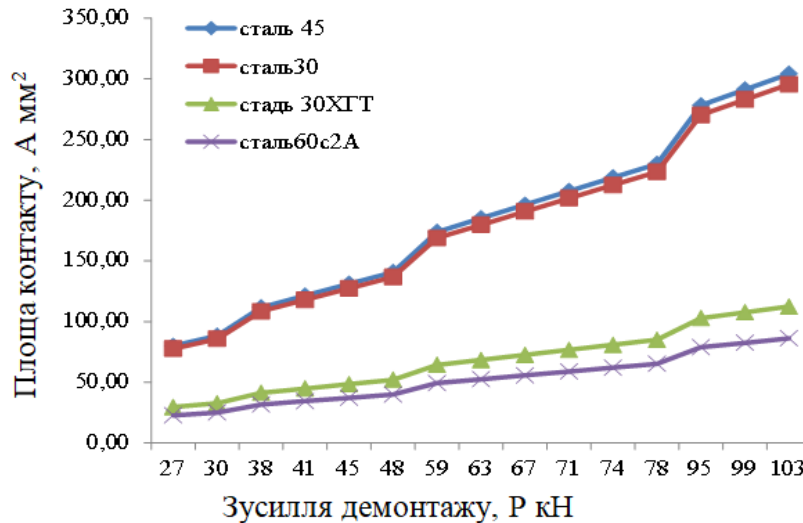


Рис. 1. Залежність площі контакту захоплювача знімача з внутрішнім кільцем підшипника від зусилля випресування підшипників з різним внутрішнім діаметром для різних матеріалів за умови  $\beta = \beta_1$

Аналіз отриманої залежності (див. рис. 1) свідчить, що зі збільшенням зусилля випресування розрахункова площа контакту захоплювача збільшується. Ця залежність дає змогу розділити знімачі на чотири типорозміри за площею контакту захоплювача. Із запропонованих нами чотирьох типорозмірів знімачів перший (найменший) розмір знімача дає змогу демонтувати підшипники діаметром до 40 мм за розрахунковим зусиллям 38 кН, другий – підшипники діаметром від 40 мм до 60 мм за розрахунковим зусиллям 59 кН, третій – підшипники діаметром від 60 мм до 90 мм за розрахунковим зусиллям 95 кН та четвертий (найбільший) – підшипники діаметром від 90 мм до 100 мм за розрахунковим зусиллям 104 кН.

Зменшити площу контакту лапи знімача з внутрішнім кільцем підшипника можна за рахунок використання матеріалу з кращими міцнісними характеристиками. Використання високовуглецевих легованих сталей дає змогу зменшити площу контакту, зокрема для діаметра 40 мм з 111,6 мм<sup>2</sup> (сталь 30) до 25,0 мм<sup>2</sup> (сталь 60С2А), відповідно використання високовуглецевих легованих сталей (сталь 60С2А) дає змогу зменшити площу контакту на 28 %.

Проаналізувавши залежність (див. рис. 1) бачимо, що зі зростанням зусилля випресування підшипника зростає площа контакту захоплювача

знімача з внутрішнім кільцем підшипника. Це зумовлює збільшення металомісткості знімача. Проте використання високовуглецевих легованих сталей дає змогу зменшити площу контакту захоплювача знімача з кільцем підшипника і тим самим зменшити металомісткість знімача, не порушивши функціональних властивостей.

### **Список використаних джерел**

1. Чухрай В.Є., Рис В.І. 2003. Обґрунтування параметрів обладнання для заміни підшипників вантажних автомобілів. Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження № 7, 236-246.
2. Чухрай В., Рыс В. 2004. Аналіз обладнання для розбирання підшипникових вузлів. Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження №8, 348-357.
3. Чухрай В.Е., Рыс В.И., Билань О.В., Юхимчук О.В. 2012. Обґрунтування принципів схем конструкцій знімачів для розбирання підшипникових вузлів / Чухрай В.Є., Рис В.І., Білань О.В., Юхимчук О.В. Шура М.Б. // Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. - 2012.с.330 – 339.
4. Чухрай В.Є., Рис В.І., Ніщенко І.О. 2005. Визначення впливу геометричних параметрів деталей підшипникових вузлів на режими процесів розбирання та складання. Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. №9, 364-371.
5. Chukhray V. 2017. Pullers with operated pinchers / Chukhray V., Rys V. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Vol.19, No.1. - 25 –29.
6. Шваб'юк В. І. Опір матеріалів: Підручник / В. І. Шваб'юк. — К.: Знання, 2016. – 407 с.

**УДК 629.014.63**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРІВ МТЗ ТЯГОВОГО КЛАСУ 14 КН**

**Б. М. ОКСІМЧУК** студент магістратури

**В. А. СИВОЛАПОВ**, старший викладач

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Оскільки коробка передач є важливою складовою трансмісії трактора, має складну конструкцію та високу вартість, дуже важливо проводити ремонт та регулювання її в відповідності з технічними вимогами.

До основних дефектів корпусу коробки передач належать органічні і мінеральні відклади на внутрішніх стінках, тріщини і зломи, пошкодження

різьби, неплотинність привалкових поверхонь, спрацювання поверхонь під підшипники, їх стакани, валики і фіксатори.

При наявності зломів, які виходять на поверхню отворів, корпус коробки передач вибраковуюють. Тріщини розробляють під кутом  $90^\circ$ , кінці їх засвердлюють свердлом діаметром 3...4 мм. Заварити дротом ПАНЧ-11. Обробити нерівності зварного шва з плавним переходом. Зварний шов повинен бути рівним, щільним, без тріщин, пористості, непроварених місць і напливів. Після цього його зачищають і перевіряють на герметичність. При перевірці на герметичність, на протязі 5 хвилин поява плям гасу на поверхні зварного шва, обробленого крейдою, не допускається.

При пошкодженні різьби отвір розсвердлюють, нарізають різьбу і встановлюють ремонтну пробку на епоксидній суміші. Зміщення осей відновлених різбових отворів допускається не більше як на 0,25 мм від їх номінального розміщення. Допустимий спосіб - розсвердлити отвір, нарізати різь, вкрутити різбову спіральну вставку.

Спрацьовані отвори під підшипники і стакани підшипників розточують, проводять місцеве осталювання і знову розточують до нормальних розмірів. Під час осталювання поверхня повинна бути рівною, срібристо-білого кольору. Тріщини, відшарування, пори, раковини, темні смуги на поверхні покриття не допускаються.

Електролітичне осадження металу проводиться в слідуючому режимі. Травлення осталюваної поверхні кислотою соляною технічною. Декапувати при зворотній полярності (Залізо двохлористе ГОСТ 4149-65 (250...300 г), кислота соляна технічна ГОСТ 1382-89 (1...1,5 г),  $t=20\ldots40^\circ\text{C}$ , щільність струму  $5\text{ А/дм}^2$ , напруга 12 В, відношення анодної поверхні до катодної 2:1, час 5 хв.). Електролітичне осадження металу в режимі (Залізо двохлористе ГОСТ 4149-65 (250...300 г), кислота соляна технічна (1...1,5 г),  $t=20\ldots40^\circ\text{C}$ , щільність струму  $30\ldots40\text{ А/дм}^2$ , напруга 12 В, відношення анодної поверхні до катодної 2:1, час 60...180 хв.).

**Основними дефектами валів коробки передач є спрацювання шліців, поверхонь під підшипники кочення, зубів по товщині, канавок під ущільнювальні кільця вторинного вала, органічні і мінеральні відклади в його каналах, пошкодження різьби, тріщини, поломка і викришування зубів. Спрацювання стінок канавок вторинного вала під ущільнювальні кільця допускається до 2,63 мм.**

Кінці валів з пошкодженою різьбою наплавляють віброконтактним способом наплавочним дротом 1,8Нп-50, обточують наплавлений кінець до нормальних розмірів, фрезерують лиски і канавки чи свердлять отвори відповідно до конструкції вала та нарізають нову різьбу.

**Відновлення деталей коробки передач механізованим наплавленням в середовищі вуглекислого газу.**

Наплавленням деталей коробки передач в середовищі вуглекислого газу усувають дефекти різьб, знос осей і валів, шліців більше 0,7 мм по діаметру та інші.

Режими наплавлення вибирають так, щоб було забезпечено отримання якісного наплавленого шару, мінімальний припуск на механічну обробку поверхонь. Деталі наплавляють на постійному струмі зворотної полярності. Витрата вуглекислого газу 7 ... 10 л/хв.

В залежності від призначення деталі, матеріалу і термічної обробки рекомендується наступні марки електродного дроту: Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-18ХГСА, Нп-30ХГСА. Для наплавлення різбових поверхонь застосовують дріт Св-08Г2С, а для шліців і шийок валів - Нп-30ХГСА, Св-18ХГСА.

На якість наплавленого металу і стабільність процесу наплавлення істотний вплив робить стан поверхні електродного дроту. Вона зазвичай покрита тонким шаром технологічного змащення, а іноді органічними антикорозійними речовинами, які погіршують стійкість процесу наплавлення, підвищують розбризкування металу, служать причиною утворення в наплавленому металі пор. У зв'язку з цим електродний дріт рекомендується прожарювати при температурі 100 ... 150 ° С протягом 1 ... 1,5 годин.

#### **Список використаних джерел**

1. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: "Колос", 1981. – 351 С.
2. 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.

УДК 621.432.3

### **КОЛІСНІ ГАЛЬМА ТРЕЛЮВАЛЬНИХ ТРАКТОРІВ ЛТ-171, НЕСПРАВНОСТІ ТА МЕТОДИ ЇХ УСУНЕННЯ**

**К. А. ПОПОВИЧ** студент магістратури  
**В. А. СИВОЛАПОВ**, старший викладач

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Трелювальний трактор ЛТ-171 обладнано центральним стрічковим гальмом з механічним приводом і ручним керуванням та колісними колодковими гальмами з пневматичним приводом і ножним керуванням.

Колісні гальма призначені для зниження швидкості руху трактора і повної його зупинки, а центральне (стоянкове) — для гальмування на стоянках, а також для термінової зупинки трактора в аварійній обстановці при відмові в роботі колісних гальм.

У процесі експлуатації трактора накладки колодок та барабани спрацьовуються і зазори між ними збільшуються. Із збільшенням зазорів збільшується час вступу в дію гальм, витрачається більше повітря на кожне



гальмування, знижується ефективність гальм. Ознака надмірного збільшення зазорів і необхідності регулювання гальм — збільшення ходу штока камери понад 35 мм. Хід штока перевіряють лінійкою, натискуючи на регулювальний важіль або подаючи повітря в камеру.

Регулювання колісних гальм. Для відновлення нормальних зазорів між накладками і барабаном виконують часткове регулювання гальм, а при заміні накладок або порушенні з будь-яких причин положення ексцентричних пальців - повне.

Колісні гальма. Для розбирання і складання колісних гальм трактора розроблено стенд ОР-6283. Встановивши колісне гальмо в складеному вигляді на стенд, від'єднують вилку штока гальмівної камери від важеля гальма і знімають гальмівну камеру, пружину колодок гальма, чеки, стяжки, колодки і шайби, виймають із пазів колодок сальникові кільця.

Знімають регулювальний важіль гальма в складеному вигляді, регулювальні шайби і виймають із щита розтискний кулак та знімають з нього повстяне кільце і опорну шайбу. Після цього знімають кронштейн гальмівної камери в складеному вигляді, накладки з колодки гальма, випресовують палець відтяжної пружини.

Потім розбирають регулювальний важіль гальма. Для цього зрубують заклепки, знімають кришки корпусу, відкручують із нього пробки фіксатора, виймають пружину і кульку. Відкручують із корпусу вісь черв'яка, виймають черв'як, черв'ячну шестірню, заглушку і відгвинчують пробки, випресовують втулку із корпусу важеля.

Спрацювання і розміри деталей колісного гальма наведені в таблиці 1. Крім того, виникають тріщини і зломи гальмівних накладок, щита гальмівного барабана, кронштейнів, регулювальних важелів, пошкодження різьби, ослаблення заклепок кронштейнів, щита в складеному вигляді. Дефектами гальмівної камери є порушення герметичності, тріщини і вм'ятини кришки, пошкодження різьби, діафрагми, поломка пружини. У регулювальних важелях переднього і заднього гальма виникають також такі дефекти, як зминання граней осі черв'яка, ослаблення заглушки, відсутність фіксації та заїдання черв'яка.

Гальмівні накладки з тріщинами і зломами, а також спрацьовані на величину, більшу від допустимої, вибраковують. Деформовану кришку гальмівної камери і щит гальмівного барабана рихтують, тріщини заварюють. Ослаблені заклепки замінюють.

В разі спрацювання поверхонь гальмівної колодки під вісь і гальмівний кулак отвори розточують та запресовують ремонтні втулки.

Пошкоджену діафрагму і поламану пружину гальмівної камери вибраковують. Тріщини регулювальних важелів, які не виходять на поверхні спряження з іншими деталями, усувають за допомогою зварювання. Пошкоджені і спрацьовані деталі черв'ячної пари вибраковують. Спрацьовані інші деталі колісного гальма відновлюють шляхом наплавлення з наступною механічною обробкою.



Складають колісні гальма в послідовності, зворотній розбиранню.

Допустимі зазори і натяги в з'єднаннях деталей під час ремонту наведено в таблиці 1.

Гальмівні накладки повинні щільно прилягати до поверхні гальмівних колодок. Між гальмівною накладкою і ободом колодки допускається зазор до 0,3 мм. Головки гвинтів кріплення накладок до колодок повинні утопати в нових накладках на 9...10 мм.

Різниця замірювань виступання, пальця відтяжної пружини з двох сторін відносно колодки гальма допускається не більше 1 мм. Внутрішня робоча поверхня гальмівного барабана повинна бути чистою, без рисок і раковин.

Втулки розтискних кулаків запресовують у кронштейни врівень з їх поверхнею. Виступання торців втулок не допускається. Вал розтискного кулака повинен вільно повертатись у втулках кронштейна.

З'єднувальні трубки, шланги і гальмівні камери герметизують. При випробуванні під тиском 10 кс/см<sup>2</sup> витікання повітря не допускається.

Таблиця 1 Спрацювання і розміри деталей колісного гальма

| Спрацювання деталей                                               | Розмір, мм                             |                            |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
|                                                                   | за кресленням                          | допустимий під час ремонту |
| Гальмівна накладка за товщиною (утопання головок гвинтів)         | 9,5 ±0,5                               | 5                          |
| Гальмівна колодка під вісь                                        | 28 <sup>+0,045</sup>                   | 28,2                       |
| Втулка щита під вісь                                              | 22 <sup>+0,140</sup>                   | 22,2                       |
| Втулка кронштейна гальмівної камери під гальмівний кулак          | 38 <sup>+0,10</sup>                    | 38,2                       |
| Гальмівний барабан під накладку колодки                           | 460 <sup>+0,360</sup>                  | 466                        |
| Розтискний гальмівний кулак під втулки                            | 39 <sup>-0,032</sup> <sub>-0,100</sub> | 37,8                       |
| Шліци розтискного гальмівного кулака                              | 5,86 <sub>-0,100</sub>                 | 5,5                        |
| Вісь колодок під деталі:<br>гальмівну колодку<br>втулку<br>стяжку | 28 <sup>-0,060</sup> <sub>-0,130</sub> | 27,8                       |
|                                                                   | 22 <sup>-0,02</sup> <sub>-0,085</sub>  | 21,8                       |
|                                                                   | 22 <sup>-0,140</sup> <sub>-0,280</sub> | 21,1                       |
| Втулка регулювального важеля                                      | 12 <sup>+0,120</sup> <sub>+0,060</sub> | 12,6                       |

Гальмівні колодки повинні надійно утримувати барабан у загальмованому стані, при цьому хід штока гальмівної камери має бути 15...20 мм. Гальмівні колодки регулюють за допомогою ексцентричних осей у такій послідовності:

- повертають вісь колодок мітками (на зовнішньому торці або осі) одна до другої;

- розтискають колодки регулювальним важелем до впирання накладок у гальмівний барабан;

- центрують колодки за допомогою ексцентриків осей так, щоб вони щільно прилягали до барабана. Щуп 0,1 мм не повинен проходити між барабаном і накладкою по всій ширині на відстані 20...30 мм від зовнішніх кінців накладок.

Після регулювання гайки осей колодок надійно затягують. У розгальмованому стані барабани повинні вільно обертатись, не торкаючись колодок. При цьому зазор між барабаном і колодками мусить бути з боку розтискних кулаків не менше як 0,4 мм, а з боку осей колодок — 0,2...0,6 мм.

### Список використаних джерел

1. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: "Колос", 1981. – 351 С.

2. 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.

УДК 631.358:62

## ОСНОВНІ ДЕФЕКТИ БЛОК-КАРТЕРА ДВИГУНА ЯМЗ-238

**М. Ф. ПРИЛУЦЬКИЙ** студент магістратури  
**В. А. СИВОЛАПОВ**, старший викладач

Блок двигуна. Основними дефектами блок-картера є тріщини, жолоблення поверхонь прилягання головок циліндрів, верхньої кришки, передньої кришки і щита, порушення герметичності водяної оболонки, масляної системи, пошкодження різьби, спрацювання поверхонь.

Після огляду та випробування на герметичність (під тиском 0,2...0,4 МПа протягом 5 хв) вимірюють і оцінюють точність геометричних форм поверхонь блок-картера. Герметичність систем перевіряють на спеціальних стендах, а відповідність розмірів та форми елементів — універсальними вимірювальними засобами. Особливістю дефектування блок-картера двигунів є необхідність посиленого контролю взаємного розміщення їх робочих (несучих) поверхонь. Технічними умовами передбачається контроль стану виточок під бурти гільз у блок-картері, співвісність отворів під корінні підшипники колінчастого та розподільного валів, жолоблення верхньої площини, паралельність опорних поверхонь під гільзи циліндрів до осі колінчастого вала.

Спосіб ремонту та відновлення блок-картера залежить від конкретних умов ремонтного підприємства і величини пошкодження.

Картер маховика. Величина жолоблення поверхонь прилягання до щита та корпусу муфти зчеплення не повинна перевищувати 0,08 мм.

Спрацювання отворів під стакан, корпус редуктора та втулку підшипника редуктора допускається до діаметрів відповідно 90,06; 162,13 і 100,11 мм.

Жолоблення поверхні прилягання кришки до блок-картера усувають шліфуванням. Величина допустимого жолоблення не повинна перевищувати 0,2 мм. Спрацювання отворів під установочні штифти кришки допускається до діаметра 14,07 мм.

Під час роботи двигуна при наявності зносу гнізд або деформації блоку колінчастий вал відчуває додаткову пружну деформацію, яка може привести до заклинювання його в підшипниках або до поломки. Тому необхідно в усіх блоків перевіряти знос гнізд і їх соосне розташування. При зносі або порушенні співвісності гнізд на величину більше 0,03 мм (тракторні двигуни) або 0,02 мм (автомобільні) блоки піддаються відновленню.

Зношені поверхні гнізд та їх співвісність відновлюють розточенням в лінію зі зміщенням осі, попередньо обробивши площини роз'єму кришок корінних підшипників.

Відновлюють співвісність і шляхом розточування гнізд на збільшені ремонтні розміри (через 0,25 мм) з постановкою вкладишів збільшеного зовнішнього діаметра.

Можна відновити зношені поверхні отворів під вкладиші, наносячи на них склади на основі епоксидних смол. Як наповнювач застосовують порошки, що добре проводять тепло (сталі, алюмінієві). Після затвердіння складу гнізда розточують під нормальний розмір.

Після відновлення гнізд слід обов'язково перевірити правильність положення деталей, які кріпляться на задній і передній площинах блоку (задня балка, кожух маховика, картер зчеплення, кожух шестерень розподілу), щодо нової осі гнізд і при необхідності провести центрування цих деталей на блоці.

Тріщини у водяній сорочці і картері залежно від їх місцеположення можуть бути заварені електрозварюванням сталевими електродами з дроту Св-08 або електродами ЦЧ-4 способом відпалюючих валиків з попередньою постановкою штифтів або електродами монелевими, біметалічними ОЗЧ-1 діаметром 4 мм і ін..

Пробойни на стінках водяної сорочки або бічний стінці картера, що не проходять через оброблені площини, відновлюють постановкою латки товщиною 3 мм на болтах М6 з картонною прокладкою, змащеній суриком або білилами, або приварюванням латки з листової сталі товщиною 2,6...3 мм з відбортовкою її по краях на 4... 5 мм.

Для забезпечення герметичності латку замазують епоксидною смолою. При зламі фланців їх приварюють, попередньо закріплюючи відламану частина болтами або струбиною на сопрягаємій деталі.

Тріщини в перемичках між отворами під гільзи відновлюють приваркою накладки на перемичку. Перемичку попередньо обробляють, а потім заварюють тріщину на ребрах жорсткості з встановленням зміцнюючих штифтів. (Рис. 1.)

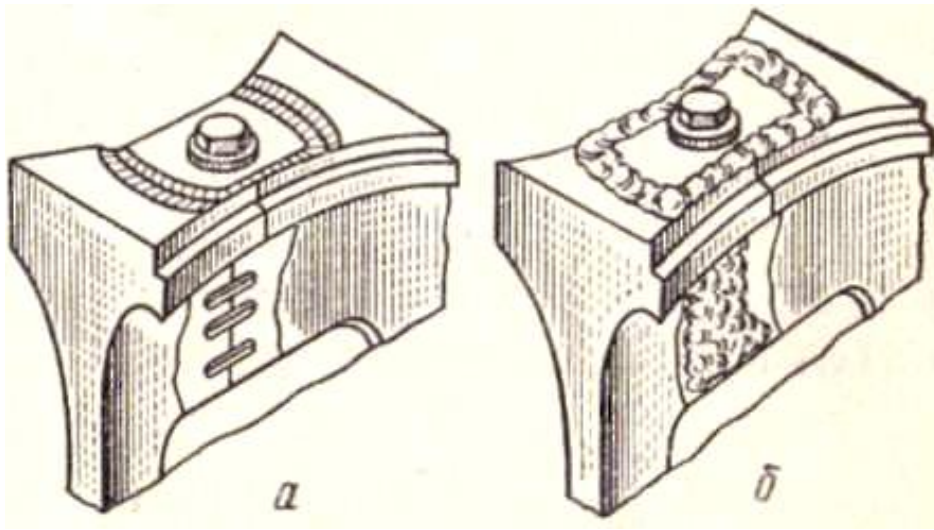


Рис. 1. Підготовка тріщини в перемичці між циліндрами до заварки (а) і перемичка після заварки (б).

При зносі і зриві різьби в отворах цей дефект усувають постановкою різьбових перехідних втулок, дротяних вставок або східчастих шпильок з різьбою збільшеного розміру.

Шпильки, поставлені в блок, повинні бути вкручені до відмови й не мати люфту, розташовуватися перпендикулярно площині і мати нормальну величину виступання.

Неперпендикулярність шпильок кріплення головки блоку повинна бути не більше 0,5 мм (на довжині шпильки).

Виступання поверхні блоку близько шпильок (витягування різьблення) або викривлення поверхні, що сполучається з головкою блоку, перевіряють лінійкою зі щупом як у поздовжньому, так і в поперечному напрямку. Допускається викривлення не більше 0,15 мм. При більшому коробленні шпильки вивертають і шабрують площини або проводять механічну обробку (фрезерування або площинне шліфування). Після шабрування або обробки поверхні блоку величина виступання гільз повинна бути для всіх марок двигунів дорівнює 0,04...0,20 мм при різниці між ними для одного блоку не більше 0,05 мм. При меншій виступання можливі прогорання прокладок і просочування води. У разі виступання гільзи менше 0,04 мм під її поясок підкладають кільце з листової латуні.

Опорна поверхня паска у блоці під гільзу з плином часу стає непаралельною площині роз'єму блоку, і гільза при установці перекошується. Визначають цю непаралельність виміром висоти виточки під гільзу в блоці, і якщо ця непаралельність більше 0,05 мм, то проточують поверхню на розточувальних або свердлильних верстатах, застосовуючи багаторізцові

оправки або просто різець. Збільшення висоти виточки компенсують при складанні постановкою під гільзу кільця, виготовленого штампуванням з мідного дроту.

### **Список використаних джерел**

1. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: "Колос", 1981. – 351 С.
2. 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.

**УДК 621.432.3**

## **ЗАХИСТ БЛОКУ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ ВІД КАВІТАЦІЇ**

**В. О. СПИС** студент магістратури

**В. А. СИВОЛАПОВ**, старший викладач

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

При тривалій експлуатації дизелів ЯМЗ раніше спостерігалися значні кавітаційні руйнування поверхонь гільз і блоку циліндрів з утворенням виїмок глибиною до 3 мм. В результаті цього рідина з системи охолодження потрапляла в картер двигуна. Однією з причин кавітаційних руйнувань гільз і блоків циліндрів є коливання гільз, порушувані циклічним навантаженням, що діє на поршні, і особливо динамічним імпульсом при «перекладанні» поршня в гільзі. Коливання гільз призводять до порушення нестационарних течій охолоджуючої рідини в зоні сполучення гільзи і блоку циліндрів з розвитком кавітаційних процесів, в результаті яких блок і гільзи циліндрів руйнуються.

Для відпрацювання конструкції вузла з антикавітаційним захистом блоку циліндрів в зоні нижнього посадочного пояса і визначення ефективності цієї конструкції була потрібна розробка спеціальної методики форсованих випробувань. За результатами цих випробувань був обраний спосіб антикавітаційного захисту блоку циліндрів в нижньому посадковому поясі - установка антикавітаційних гумових кілець. При оцінці варіантів кавітаційного захисту враховувалися такі фактори, як ефективність захисту від кавітації, технологічність конструкції, простота складання та розбирання, взаємозамінність гільз циліндрів на раніше випущених дизелях. Були проведені порівняльні дослідження трьох варіантів антикавітаційних кілець.

Перший варіант - в якості антикавітаційного кільця застосовувалося серійне кільце ущільнювача круглого перетину. Для установки цього кільця на гільзу і гільзи з кільцем в блок потрібна додаткова обробка гільзи і блоку (рис. 1, а). В результаті форсованих випробувань антикавітаційні кільця даного виду



частково або повністю руйнувалися, охолоджуюча рідина з сорочки блоку і гільзи проникала в зону кілець ущільнювачів, викликаючи прогресуючі кавітаційні руйнування.

Другий варіант - плоске гумове кільце з натягом надягали на гільзу, а потім гільзу з кільцем встановлювали в виточку блоку (рис. 1, б). Складання при цьому зручне, але утруднений демонтаж гільзи з блоку циліндрів в разі розбухання гуми.

Третій варіант - антикавітаційне кільце поміщали в розточення блоку, а контактну поверхню гільзи робили конічною (рис. 1, в). Даний варіант виявився невдалим в технологічному відношенні. При монтажі гільзи кільце зміщувалося щодо розточування в блоці. Однак ефективність захисту від кавітації була задовільною.

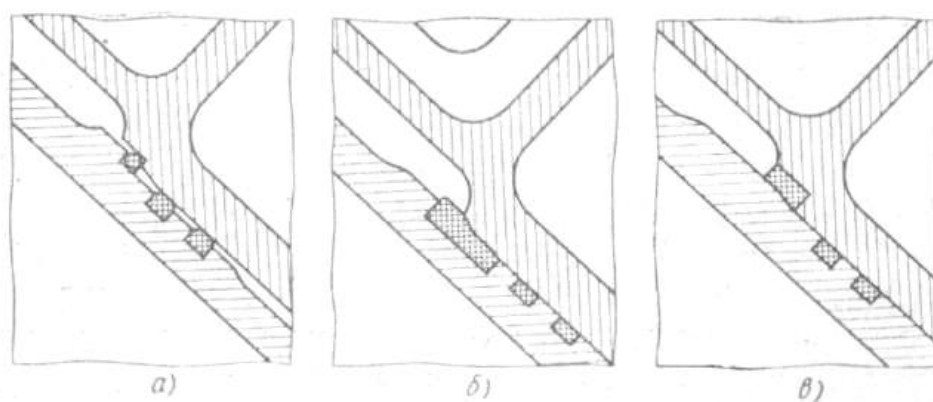


Рис. 1. Варіанти антикавітаційного захисту нижнього пояса блоку циліндрів

Оптимальним виявився другий варіант після введення деяких змін. Була поглиблена виточка під кільце на гільзі, тому блок не треба було додатково обробляти. Для кращого захисту гільз і блоку від кавітації був визначений оптимальний натяг в сполученні гільза-кільце-блок. Плоске гумове кільце відповідної конструкції, що встановлюється на гільзу циліндрів з оптимальним натягом було впроваджено у виробництво.

### Список використаних джерел

1. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: "Колос", 1981. – 351 С.
2. 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.



УДК 631.358:62

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ РЕДУКТОРА ВАЛА ВІДБОРУ ПОТУЖНОСТІ ТРАКТОРІВ ХТЗ

**М. С. ТАМАЗЯН** студент магістратури

**В. А. СИВОЛАПОВ**, старший викладач

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Редуктор ВВП — одноступінчастий, з шестернями постійного зачеплення і гідропідтискною муфтою блокування веденої шестірні з вихідним валом. Автоматичне дискове гальмо редуктора гальмує вихідний вал при виключенні ВВП, автономна гідросистема забезпечує плавне включення ВВП і надійне мащення деталей редуктора. Корпус редуктора і закріплений до нього знизу піддон відлиті з алюмінієвого сплаву.

Можливі несправності ВВП, способи виявлення та усунення.

Вал відбору потужності (ВВП) - один з найскладніших і найменш захищених вузлів трактора. При цьому потужність, що передається через ВВП, часто порівнянна з потужністю, що передається через коробку передач. Конструктивно ці вузли подібні, але умови експлуатації різні. Так коробка передач має обсяг масла до сорока літрів, а редуктор ВВП тільки чотири. Крім того коробка передач має фільтр тонкої очистки масла, систему охолодження і манометр, а ВВП цих вузлів не має.

Влітку, при високій температурі навколишнього повітря і високих навантаженнях, редуктор ВВП перегрівається. Малий обсяг масла і відсутність охолодження призводить іноді до підвищення температури масла і всього ВВП до 160 ° С. А найменше попадання абразивних частинок в гідравлічну систему призводять до виходу редуктора з ладу.

Включати ВВП під навантаженням при механічному управлінні необхідно плавно. Плавність включення гідропіджимної муфти ВВП залежить від швидкості переміщення важеля управління. При включенні важіль переміщається знизу - вгору - назад, при виключенні - навпаки.

При експлуатації механічного приводу управління ВВП в результаті витягування троса і зносів шарнірів може бути порушено регулювання дистанційного керування. Якщо система відрегульована правильно, то при фіксуванні засувкою важеля в верхньому положенні важіль повинен бути притягнутий вперед до упору в гвинт. Регулювання здійснюється різьбовою вилкою.

Технічний стан редуктора ВВП можна оцінити методом діагностування.

Перевірка подачі насоса гідросистеми ВВП і витоку масла в ній.

Підключити прилад КИ-6285-ГОСНИТИ до гідросистеми, для чого:

виверніть пустотілі болти нагнітального трубопроводу насоса і встановіть на їх місце перехідні штуцери 1 і 2 (рис. 1);

виверніть з корпусу редуктора ВВП пробку-сапун і приєднайте перехідний штуцер 8;

приєднайте нагнітальні шланги 3, 5 і 7 відповідно до штуцерів 8, 2 і 1;

встановіть рукоятку 6 - в положення "1", пустіть двигун, включите ВВП і прогрійте масло в гідросистемі до 313 - 323 К (40 - 50 ° С);

Визначте подачу насоса. Для цього встановіть номінальну частоту обертання колінчастого вала і визначте за показаннями приладу тиск масла і подачу насоса.

Якщо подача насоса нижче 9,9 л/хв, насос підлягає ремонту.

Якщо витрата масла виявиться менше 6,9 л/хв при подачі насоса не нижче 9,9 л / хв, агрегати гідросистеми підлягають ремонту.

Перевірка стану клапанів гідросистеми ВВП.

Перевірте клапан плавного включення. Для цього загорніть до відмови регулювальний гвинт перепускного клапана. Переведіть рукоятку 4 положення "О" (рукоятку 6 залиште в положенні "3") і за показами манометра приладу визначте тиск спрацювання клапана плавного включення.

Номінальний тиск спрацювання клапана дорівнює 1,2 - 1,3 МПа. Якщо тиск виявиться нижче 1,1 МПа, клапан слід відрегулювати за допомогою регулювального гвинта 10.

Перевірте перепускний клапан. Для цього, не змінюючи положення рукоятки приладу, при номінальній частоті обертання виверніть регулювальний гвинт перепускного клапана 9 до досягнення тиску 0,95 - 1,0 МПа (9,5 - 10,0 кгс / см<sup>2</sup>).

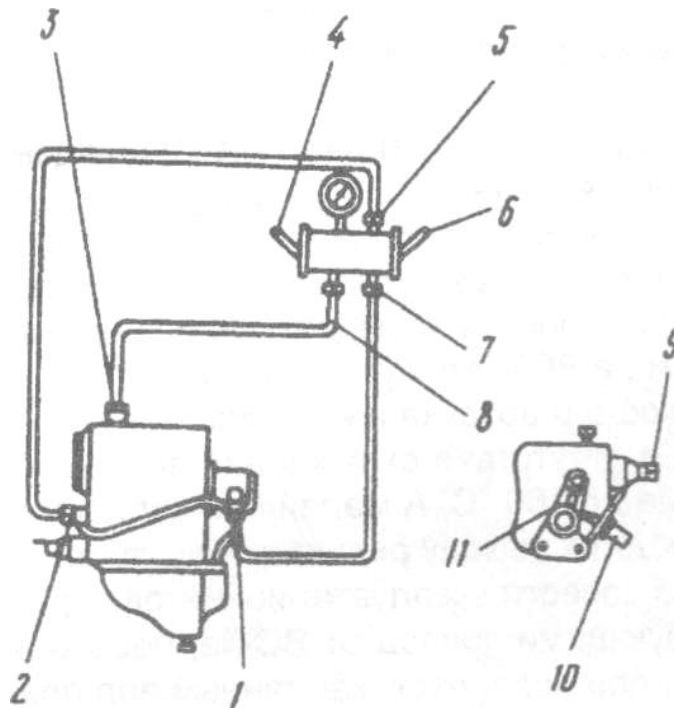


Рис. 1. Схема підключення приладу KI-6285-ГОСНИТИ до гідросистеми ВВП:

1, 2, 8 - штуцери перехідні; 3 - шланг зливний; 4 - рукоятка приладу ліва;

5 - шланг нагнітальний "H2"; 6 - рукоятка приладу права; 7 - шланг нагнітальний; 9, 10 - гвинти регулювальні; 11 - важіль включення муфти ВВП.

Основні дефекти корпусу редуктора ВВП — тріщини, зломи, пошкодження різьби, неплотинність привалкових поверхонь, спрацювання поверхонь. Неплотинність привалкових поверхонь допускається не більше як 0,1 мм.

Корпус редуктора ВВП вибраковуюють при наявності тріщин, які виходять на посадочні поверхні, зломів і пробоїн. Спрацьовані поверхні під кришки і стакани підшипників відновлюють місцевим насталюванням або розточуванням і встановленням сталених кілець. В разі жолоблення привалкових площин їх шліфують.

Тріщини, які не виходять на посадочні поверхні, заварюють. Кромки тріщин зачищають щіткою із нержавіючого дроту діаметром 0,15 мм і знежирюють. Безпосередньо перед зварюванням кромки тріщини травлять у 10%-йому розчині їдкого натрію або їдкого калію при температурі 50...70° С, освітлюють в 10%-ному розчині азотної кислоти при 18...20° С, після чого промивають гарячою водою і сушать. Після травлення і освітлювання кромки тріщини повинні мати срібlisto-матову поверхню без нальоту та бруду.

Корпус редуктора ВВП нагрівають до температури 240...250° С протягом 1 години і заварюють тріщини аргонно-дуговим зварюванням неплавким вольфрамовим електродом діаметром 5 мм з присадковим прутком діаметром 4 мм із сплаву АЛ11. Зварний шов повинен бути рівним, щільним, без тріщин, пористості, непроварених місць і напливів. Після зачищення зварного шва його перевіряють на герметичність за допомогою гасу. При цьому на поверхні шва, обробленій крейдою, протягом 5 хв не повинні появлятися плями гасу.

Основними дефектами ведучого і веденого валів є спрацювання поверхонь під шарикоидшипники, сальники і кільця гідророзподільника, шліців та шліцьових пазів, пошкодження різьби, деформація, органічні і мінеральні відклади в каналах.

Пошкоджену різьбу валів наплавляють віброконтактним способом, обточують до нормальних розмірів, свердлять отвори, фрезерують лиски і нарізають нову різьбу.

Спрацьовані шліци наплавляють у середовищі вуглекислого газу, вал обточують, фрезерують шліци, гартують їх за допомогою струму високої частоти і шліфують вал до нормального діаметра.

### **Список використаних джерел**

1. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: "Колос", 1981. – 351 С.
2. 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.

УДК 531.43:621.891

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ СИЛОВОГО АГРЕГАТУ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ЇХ ПРИПРАЦЮВАННЯМ В МАСТИЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ З ДОБАВКАМИ МОДИФІКАТОРІВ ТЕРТЯ**

**В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф.,  
**С. В. ЛИСЕНКО**, к.т.н., доц.,  
**А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., старший дослідник,  
**О. М. ЛІВІЦЬКИЙ**, к.т.н.

Центральноукраїнський національний технічний університет  
м. Кропивницький  
E-mail: AulinVV@gmail.com

Існують різні способи зниження зношування цього трибоспрямижень деталей силових агрегатів транспортних машин, а отже їх підвищення надійності. Для цього удосконалюються методи зміцнення робочих поверхонь, формуються міцні та адгезійностійкі поверхні фізичними та хімічними методами, практикується розміщення в зоні тертя кільця у верхній мертвій точці зносостійких вставок, використовуються для лиття деталей матеріали з локальним зміцненням за об'ємом. Ці заходи, однак, не є вичерпними щодо ефективності зниження величини зношування трибоспрямиження деталей. Вони можуть і повинні доповнюватися триботехнічними прийомами покращення мастильного середовища в проміжку між спрямиженнями рухомих деталей. Це, передусім, фізико-хімічне модифікування моторної оливи різними за природою присадками та добавками.

При цьому слід вирішити ряд важливих питань сумісності композиції добавок з базовим складом моторної оливи і кінцевої вартості протизносного продукту, що додається в оливу. При огляді сучасного ринку протизносних добавок можливо виділити наступні функціональні групи препаратів: реметалізанти, кондиціонери тертя; добавки, що містять полімер; модифікатори тертя першого і другого покоління. Саме дві останні групи протизносних присадок-добавок в об'єм оливи викликають підвищений інтерес багатьох дослідників-трибологів.

Перші з груп модифікаторів тертя відносяться до шаруватих, а другі – як мінеральні. Відмінності їх складів полягають у вмісті активних речовин – у першому випадку це шаруваті тверді мастила типу графіту та дисульфиду молибдену  $\text{MoS}_2$ , у другому – мінераловмісні композиції типу серпентинів, каолінів та ін. Саме різниця цих складів і складності оптимального сепарування у потрібний розмір для нормального протікання трибологічних реакцій відновлення мікрорельєфу робочої поверхні спрямижень деталей, надають шаруватим модифікаторам більше привабливості як протизносних добавок в мастильні матеріали.

Ефективність шаруватих модифікаторів тертя типу графіту та дисульфиду

молібдену, а також їх похідних сполук полягає в особливостях зсувних процесів у трибологічно активних шарах твердих мастильних матеріалів, що розділяє спряжені деталі від безпосереднього контакту. Зсув паралельних шарів робочої поверхні здійснюється легше, ніж самих кутових атомів кристалічної ґратки твердомастильного хімічного з'єднання. Тому протизносні та антифрикційні властивості базового мастильного матеріалу у поєднанні з модифікатором тертя значно покращуються.

До загальновідомих твердих мастильних матеріалів (графіт, дисульфід, дисіліциди молібдену та вольфраму) слід додати диселенід молібдену  $\text{MoSe}_2$ , вольфраму  $\text{WSe}_2$  та ніобію  $\text{NbSe}_2$ . Зазначені сполуки більш ніж у 2 рази перевищують трибологічні характеристики традиційної сполуки дисульфиду молібдену  $\text{MoS}_2$  і заслуговують на увагу їх вплив на трибоспрямлення деталей як протизносної добавки до оливи. В цьому сенсі найпростішим за технологією створення та дешевим за технологією виготовлення є диселенід молібдену  $\text{MoSe}_2$ .

В даній роботі здійснено спробу створення готового концентрату протизносної добавки, що містить диселенід молібдену, та розв'язано питання стабілізації цієї сполуки в об'ємі моторної оливи при різному ступені помолу. Питання різного ступеня помолу особливо актуальне з огляду на гетерогенну природу вмісту диселеніду молібдену у оливі як добавки і можливість участі у коагулятивних процесах окремих його частинок. Відомо, що при великій тонкості помолу частинок, менше 0,1-2,0 мкм, вони можуть елементарно не вступати в реакцію по заповненню мікронерівності зношеної робочої поверхні деталей і будуть випадати в осад при подальшій коагуляції утворюючи більші конгломерати. Якщо частинки мають розмір понад 50-100 мкм і відфільтровані системою очищення у картері можливо осядуть у мастильних каналах колінчастого валу під дією відцентрової сили. Ці проблеми є актуальними для модифікаторів тертя обох груп.

На основі експериментальних досліджень створено протизносну добавку на основі модифікаторів тертя, типу диселеніду молібдену  $\text{MoSe}_2$ , що задовольняє умовам змащення розбризкуванням для спряжень деталей силових агрегатів і в той же час здатної до безперервного транспортування до їх робочих поверхонь. Досліджено межі і діапазони тонкощів подрібнення твердих частинок  $\text{MoSe}_2$  в процесі приготування добавки, а також проведено модельне дослідження протизносних властивостей отриманої мастильної композиції "мастило+протизносна добавка".

Для вирішення зазначеного специфічного завдання дослідження, в об'ємі стабілізуючої речовини готували колоїдні розчини протизносної добавки за різного ступеня подрібнення твердої фази. Твердою фазою були частинки сполуки  $\text{MoSe}_2$ , які є стабілізуючим середовищем, тобто поверхнево-активною речовиною, що запобігає коагулятивним процесам частинок твердої фази різного помолу. В суміші добавки присутня суміш олеїнової  $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$  і стеаринової  $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$  кислот. При подрібненні твердої фази в обсязі ПАР намагались отримати добавки в рідкому агрегатному стані із вмістом



гетерогенної фази різної дисперсності.

Обґрунтовано межі допустимих розмірів частинок твердої фази у складі модифікатора тертя – від 0,1 до 5,0-10,0 мкм, що диктується особливостями перебігу трибологічних процесів за участю модифікаторів тертя та неприпустимістю сепарації частинок низької дисперсності фільтрами.

Проведеним аналізом розмірів частинок твердої фази одержаних проб розчинів добавок, встановлено, що збільшення часу диспергації дозволяє знизити найбільший розмір частинки твердої гетерогенної фази розчину, а ультразвукова обробка додатково знижує зазначений параметр і забезпечує більш рівномірний розподіл характерних інтервалів розмірів. Виявлено, що найкращими показниками подрібнення 0,25-1,50 мкм – характерний найменший розмір частинки  $\text{MoSe}_2$  і найменшу схильність до подальшої седиментації частинок твердої фази мають розчини добавки, що пройшли найбільший період диспергації.

Оптимальна пропорція вмісту вищевказаних речовин в об'ємі виготовленої добавки в масовому співвідношенні компонентів  $\text{MoSe}_2$ ,  $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$  і  $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$  складала 10%, 30% і 60%. Подрібнювальні процеси речовин проводили на роторно-пульсаційній установці РПУ 0,8-55А-2,2, що має потужність приводного двигуна  $N=2,2$  кВт та швидкість обертання змішувального ротора  $n=2900$  об/хв.

Аналіз умов тертя та виникнення підвищених зносів спряжень деталей ЦПГ "поршневе компресійне кільце-гільза циліндра" виявив, що найбільш високі величини зношування зазначених деталей із сірого чавуну спостерігаються в районі верхньої мертвої точки при зміні напрямку ходу поршня.

Визначено, що при роторно-пульсаційному диспергуванні розчину з добавкою, слід виконувати 5 послідовних періодів диспергації на установці РПУ-0,8-55А-2,2 тривалістю по 30 хв кожен. У результаті отримано 5 проб розчину добавки, підданої також ультразвуковій обробці з частотою 43кГц. Трибологічні випробування здійснювали на 10 пробах розчинів з добавкою, що відрізнялися часом подрібнення твердої фази.

Проведені порівняльні протизносні випробування 10 проб розчину добавки, що відрізняються часом диспергації і наявністю ультразвукової обробки, показали пряму залежність зниження інтенсивності зношування поверхонь модельного трибоспряження зразків, з сірого чавуну від зменшення розмірів частинок і збільшення рівномірності розподілу їх за характерними інтервалами. Виявлено, що найбільш ефективним зниженням інтенсивності зношування є розчини протизносної добавки, в яких частинки твердої фази мають розміри від 0,25 до 2,00 мкм і займають понад 60% загального об'єму твердої фази.

Таким чином, проведеними дослідженнями доведено, що розроблену протизносну добавку за трибологічною ефективністю можна рекомендувати для використання в якості трибомодифікатора спряжень деталей силових агрегатів транспортних машин.



## ЗЕМЕЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

Л. В. БАЩУК викладач

*ВСП «Конопотський індустріально-педагогічний фаховий коледж» СумДУ*

Земельні ресурси разом з іншими природними ресурсами (водними, лісовими, кліматичними, мінеральними) є компонентами довкілля, місцем існування людини, їм належить активна участь у суспільному виробництві, вони є засобом виробництва і джерелом задоволення потреб людини.

Земельні ресурси — частина земельного фонду, що використовується або може бути використана у сільському, лісовому господарстві, містобудівництві та інших галузях народного господарства.

Загальна площа України — 60,3млн.га — це становить 6% території Європи. Площа сільськогосподарських угідь становить — 41,4 млн. га. У структурі сільськогосподарських угідь основна кількість земель перебуває під ріллею— 32,7 млн. га; під пасовищами — 5,3 млн. га; сіножаті становлять — 2,3млн.га; багаторічні насадження — 0,9 млн. га; перелоги — 0,2 млн. га.

У структурі власності угідь основна кількість земель перебуває у приватній власності — 31 млн. га, у державній власності перебуває — 8,7 млн. га, у комунальній власності перебуває — 1,7 млн. га. На території України 1,7 млн. га або 16% було передано об'єднаним територіальним громадам.

У структурі використання сільськогосподарських угідь 56% - орендовані у власників, 29% - обробляється самим власником, 8% - орендовані у держави, 7% - не обробляються. Найбільша кількість сільськогосподарських угідь обробляється у областях : Одеській — 2588тис.га, Харківській — 2381 тис. га, Запорізькій — 2238 тис. га. Найменше земель у розпорядженні жителів таких областей : Закарпатська- 451 тис. га, Чернівецька — 470 тис. га. За результатами досліджень науковців Інституту аграрної економіки, найвища вартість оренди одного гектара сільськогосподарських угідь державної власності зафіксована на Кіровоградщині, а найнижча на Закарпатті. Всього на території України налічується землевласників або землекористувачів — 25,3млн.осіб, власників земельних паїв — 6,9млн. осіб.

Україна належить до держав з великою розораністю землі. Рівень розораності в Україні становить — 54%, в Європі — 35%. Як свідчать відомості, які є в розпорядженні AgroPolit.com, нині українці обробляють близько третини ріллі, яка є на території Європи або 32,7 млн га. Також на одного жителя України у статистичних відомостях припадає землі в двічі більше (0,9га), як на одного європейця ( 0,44га). Враховуючи, що у більшості країн ЄС відкриті ринки землі, в країнах існують різні підходи до обігу земель.

### Список використаних джерел

1. <https://sd4ua.org/golovni-temi-stalogo-rozvitku/zemelni-resursi/>
2. <https://agropolit.com/spetsproekty/705-zemelniy-dovidnik-ukrayini--baza-danih-pro-zemelniy-fond-krayini>

УДК 621

## ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ ПРОХОДІВ ЕЛЕКТРОДІНСТРУМЕНТОМ ПРИ ЕЛЕКТРОІСРОВІЙ ОБРОБЦІ НА ЯКІСТЬ НАНЕСЕНОГО ПОКРИТТЯ

О. Д. МАРТИНЕНКО, к.т.н., доцент;

С. В. ЛИСЕНКО, ст.викладач;

Є. СІРЕНКО, О. СІРЕНКО, магістранти

*Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна*

*E-mail: martynenko\_dm@ukr.net*

При електроісровому наросуванні металу перенесення речовини з анода на катод відбувається в рідкій, твердій і газоподібній фазах, тому процес не є стабільним і очікується формування різних фаз, частка яких істотно змінюватиметься навіть на окремих ділянках покриття деталі. Для оцінки структуроутворення та якості покриття проводяться комплексні дослідження з використанням сучасних методик.

Як показали дослідження, найбільший приріст зносостійкості досягається при нанесенні покриттів з легованих матеріалів. Анод з таких матеріалів відрізняється і підвищеною ерозійною стійкістю. Як основні фактори, що впливають на формування шару при ЕІО вибираються такі: концентрація вуглецю і хрому в металі анода; енергія імпульсу,  $E_i$  та число проходів електрода при обробці,  $n$ .

Дослідженнями встановлено, що якість і властивості покриття визначаються не тільки масопереносом, а й структурою, фазовим складом, рівнем напруг, щільністю (пористістю) і однорідністю, наявністю дефектів (мікротріщин). Важлива роль формуванні якості шару належить числу проходів оброблювального електрода. Виявлено закономірність, що свідчить про те, що зі збільшенням числа проходів оброблювального електрода зростає мікропористість покриття. Крім того, при 1-3 проходах формується дисперсна структура на базі хімічних елементів катода і анода. Зі збільшенням концентрації вуглецю зростає частка крихкої карбідної фази, що сприяє інтенсивному зростанню ерозії анода.

Зі збільшенням числа проходів оброблюючого електрода частка хімічних елементів катода в шарі практично відсутня, і починають кристалізуватися оксидні фази, а також збільшується частка карбідних включень. Поява їх пов'язана із збільшенням у шарі частки карбідоутворюючого елемента з анода та зменшенням матричної фази катода.

Зростання мікропор, кількості оксидних фаз, що кристалізуються, на поверхні шару особливо чітко проглядається після трьох проходів. При формуванні шару з числом проходів більше трьох проявляється кристалізація неоднорідної структури. Особливо добре це видно після електролітичного травлення зразків (рис.1).

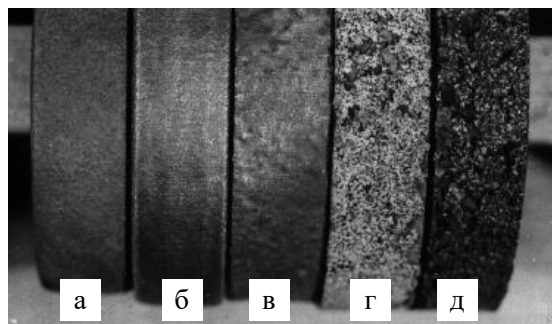


Рисунок 1. Поверхневий шар зразків оброблених електродом зі сплаву 0,5%С і 30,0% Cr. а – 1 прохід електрода; б - 3 проходи електрода; в - 4 проходи електрода; г - 5 проходів електрода; д - 6 проходів електрода

Таким чином, використання методу електроіскрової обробки з кількістю проходів електродом більше трьох небажано без подальшого поліпшення нанесеного шару тим самим створити умови для збільшення величини нанесеного шару.

### Список використаних джерел

1. Практикум з ремонту машин: навч. посіб. Т.1. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло, О.Д. Мартиненко, О.О. Гончаренко, О.В. Сайчук, В.К. Аветисян, А.К. Автухов, І.М. Рибалко, П.С. Сиромятніков, В.А. Бантковський, В.Л. Маніло; за ред.: О.І. Сідашенка, О.В. Тіхонова; ХНТУСГ. – Х.: ТОВ „Пром-Арт”, 2018. - 416с.: мал., табл. - ISBN 978-617-7634-01-9
2. Ремонт машин та обладнання: підруч. для вищ. навч. закл. / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло, О.В. Тіхонов, М.І. Черновол, З.В. Ружилю, В.А. Войтов, В.К. Аветисян, А.К. Автухов, О.Д. Мартиненко, В.А. Бантковський, П.С. Сиромятніков, О.В. Сайчук; за ред. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка; ХНТУСГ. - 2-ге вид., перероб. і доп. - Х.: Міськдрук, 2014. - 740 с. - Бібліогр.: с. 736 - 737. - ISBN 978-617-619-159-9.
3. Скобло Т.С., Сідашенко А.И., Мартыненко А.Д., Тихонов А.В., Золотухин Р.А. Нанесение покрытий методом ЭИО электродами с различным содержанием хрома. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків, 2003. Вип. 15: Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. С. 331-336.

УДК 621.432.3

## АНАЛІЗ ПРИЧИН ВІДМОВ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ

**В. В. ШЕВЧЕНКО**, магістр

**Б. А. БАЛЮК**, магістр

**Ю. І. РЕВЕНКО**, кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: revenko@nubip.edu.ua*

При експлуатації ДВС відбувається спрацювання їх складових частин і при досягненні граничних значень параметрів технічного стану двигуни виходять із строю.

Спрацювання спряжених поверхонь циліндра, поршня і поршневих кілець є наслідком роботи сили тертя, що виникає при переміщенні поршня і поршневих кілець. Швидкість зношування циліндра, поршня та поршневих кілець залежить від температури та тиску в камері згоряння, умов мастила, наявності та кількості абразиву в зоні тертя. Робоча поверхня циліндра зношується нерівномірно. У верхній частині циліндра через дію високих температур і тиску газів масляна плівка втрачає свої змащувальні властивості і в деяких випадках може бути повністю зруйнована. Внаслідок гірших умов мастила в цій зоні відбувається інтенсивне зношування циліндра. За нормальних умов найбільше зношування циліндрів спостерігається, як правило, в зоні зупинки верхніх (компресійних) кілець при положенні поршня у верхній мертвій точці (ВМТ). У міру віддалення від ВМТ знижується температура, і покращуються умови мащення, внаслідок чого інтенсивність зношування циліндра знижується. Максимальна величина зносу спостерігається в площині коливання шатуна, що пояснюється дією нормальної складової сили тиску газів.

Інтенсивність зношування циліндрів значною мірою залежить від умов експлуатації та технічного обслуговування двигуна. Так, при потраплянні в зону тертя абразиву з повітрям або олією відбувається інтенсивне зношування ЦПГ. У результаті на робочій поверхні циліндра утворюється дуже багато дрібних подряпин (рисок). При цьому циліндр набуває бочкоподібної форми.

У поршня зношуються пряма нижня частина (юбка) та канавки під поршневі кільця. Тільки незначна частина юбки поршня контактує із робочою поверхнею циліндра. При роботі двигуна поршневі кільця здійснюють складні просторові переміщення в осьовому та радіальному напрямках. При русі поршня від ВМТ до НМТ, кільця, притиснуті до стінки циліндра власними силами пружності і силою тиску газів, копіюють нерівності циліндра і здійснюють переміщення відносно канавок поршня. При попаданні абразиву в зону тертя він в'їдається в м'який матеріал поршня, що призводить до прискореного зношування циліндра та поршневих кілець.

Зношування деталей ЦПГ призводить до збільшення зазорів у спраженнях «поршень-циліндр», «поршневе кільце-канавка поршня», торцевих зазорів у замках поршневих кілець. Внаслідок цього знижуються експлуатаційні та інші показники двигуна. Прорив газів у закільцевий простір призводить до потрапляння в олію продуктів згоряння та зниження його мастильної здатності, внаслідок чого більш інтенсивно відбуваються процеси зношування деталей ЦПГ.

Задири на робочій поверхні циліндра з'являються в результаті загального або місцевого перегріву двигуна. При надмірно високих температурах в зоні тертя олія втрачає свої мастильні властивості і масляна плівка легко розривається. Виникає режим напівсухого тертя з безпосереднім контактом поршня та циліндра. При подальшій роботі двигуна, через додаткове нагрівання в місцях тертя, виникає режим сухого тертя, в результаті чого утворюються задири.

Перегрів двигуна може виникати через перевантаження двигуна, порушення процесу згоряння, несправності системи охолодження. Якщо циліндри двигуна оснащені «сухими» гільзами, наявна неоднорідність стінки циліндра та локальні не прилягання гільзи до блоку можуть призводити до перегріву циліндра та утворення задирів.

Деформація циліндра може бути наслідком перегріву двигуна, релаксації залишкових напружень у матеріалі блоку, нерівномірної або неправильної затяжки різьбових з'єднань кріплення ГБЦ, відхилень від площинності поверхонь прилягання ГБЦ та блоку циліндрів. Якщо циліндри двигуна оснащені «сухими» гільзами, то деформації циліндрів можуть виникати через надмірне виступання бурта гільзи над площиною блоку, забруднення і корозії на поверхнях, що сполучаються гільзи і блоку, дефектів посадкових місць під гільзу в блоці (відхилення від циліндричності, тріщини, пори).

При експлуатації ДВЗ відбуваються також і аварійні пошкодження деталей ЦПГ. До них можна віднести: утворення тріщин і пробоїн у циліндрах, руйнування та прогорання поршнів, руйнування та поломка поршневих кілець. Тріщини в циліндрах найчастіше утворюються при гідроударах, пробоїни - при попаданні в циліндр сторонніх предметів або заклинюванні шатунних вкладишів з подальшим руйнуванням поршня і обривом шатуна. Прогорання поршнів та поломка перемичок і поршневих кілець найчастіше відбувається за порушення процесів згоряння. Поломка перемичок та поршневих кілець також може відбуватися при некваліфікованому складанні ЦПГ.

Зношування та пошкодження деталей ЦПГ відбуваються в результаті об'єктивних та суб'єктивних причин. При збільшенні зазорів у з'єднаннях «поршень-циліндр», «поршневе кільце-канавка поршня» та в замках поршневих кілець вище допустимих значень, а також у разі аварійних пошкоджень деталей ЦПГ двигун виходить з ладу. Залежно від конструкції двигуна, особливостей його експлуатації та обслуговування характер пошкоджень деталей може істотно відрізнятися. Незважаючи на широке поширення в даний час блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів, інформація про причини надходження їх у



ремонт та характер пошкоджень робочих поверхонь в літературі відсутня. Для виявлення причин надходження у ремонт блоків циліндрів сучасних ДВС необхідно досліджувати технічний стан циліндрів блоків, що надходять у ремонт.

УДК 631.358:62

## УМОВИ РОБОТИ ТА ПРИЧИНИ ВТРАТИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ШЛИЦЕВИХ ДЕТАЛЕЙ

Ю. О. ТИЩЕНКО, магістр

Ю. І. РЕВЕНКО, кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: revenko@nubip.edu.ua*

Шлицеві з'єднання, умовно можна розглядати як багатошпонкові, виконані як одне ціле з валом і втулкою і входять у відповідні пази маточини деталі (рис. 1).

Перевагами шлицевих з'єднань є те, що вони можуть передавати значні крутні моменти, при цьому характеризуються високою сприйнятливістю до динамічних та реверсивних навантажень та підвищеною міцністю з'єднання внаслідок збільшення сумарної площі робочих поверхонь шлиців. Ці переваги дозволяють використовувати шлицеві з'єднання трансмісійних елементах високонавантажених транспортних засобів.

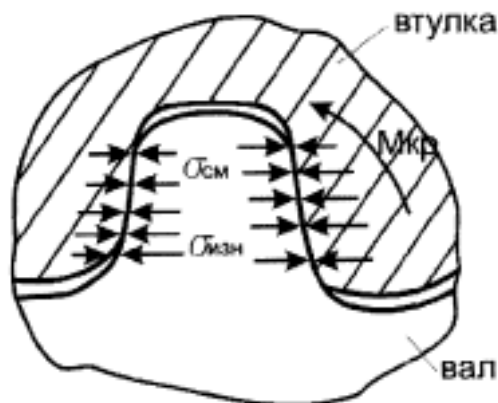


Рис. 1. Робота шлицевого з'єднання

Карданні передачі мобільних транспортних засобів є рухомими з'єднаннями, що допускають переміщення втулки вздовж валу. При цьому евольвентні шліци, що використовуються в з'єднанні, мають досить високу міцність на згин і зминання завдяки заокругленню западин з їх потовщенням в основі і, в зв'язку з цим, усунення концентраторів напруг.

При роботі шліцеві деталі з'єднання сприймають крутний момент  $M_{кр}$ , що викликає пошкодження робочих поверхонь у вигляді зносу профілю, зминання та зламу на основи шліца (рис 1, 2).

Усі зазначені експлуатаційні дефекти в шліцевих втулках і валах протікають одночасно, оскільки шліци при прямому і зворотному переміщенні впливають на обидві бічні грані шліців.

При розрахунку показників міцності за основне навантаження приймається найбільший короткочасно діючий крутний момент, він спостерігається на початку руху транспортного засобу.

Інтенсивність і характер зношування шліців визначається з умови найбільшого з довготривалих обертових моментів.

Виходячи з аналізу розрахункових показників напруг зминання та зносу шліцевих з'єднань можна зробити висновок про те, що їх зниження при відновленні неприпустимо.

При передачі крутного моменту на шліци впливає сила тиску  $P$ , що створює складний напружений стан у з'єднанні та породжується напругами згину, які діють у поперечному напрямку біля основи зуба шліцю і контактними напруженнями. Це в свою чергу викликає втомне викришення поверхневих шарів шліців (рис. 2).

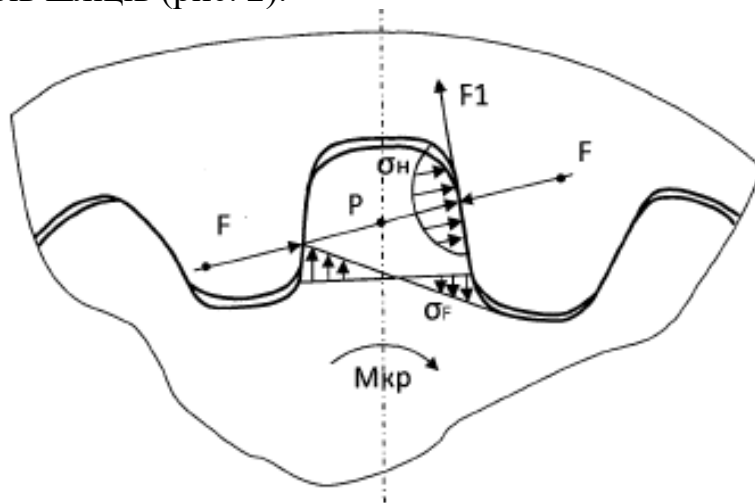


Рис. 2. Динаміка роботи шлицевого з'єднання

При конструюванні шліцевого спряження особлива увага приділяється наступним характеристикам:

- конструктивне забезпечення протидії навантаженням;
- показниками міцності матеріалу, що характеризуються приведеним модулем пружності матеріалу втулки.

При однаковому конструктивному параметрі, довговічність шліцевого з'єднання може бути лімітована тільки показниками міцності матеріалу. Це обумовлює доцільність використання при відновленні шліцевих поверхонь матеріал, що був прийнятий при конструюванні з'єднання. При цьому небажане використання способів, заснованих на нанесенні додаткового матеріалу.

Конструктивно закладеним у шліцеву втулку є та обставина, що нанесення на внутрішні шліци додаткового матеріалу, в більшості випадків, технічно неможливо. А у разі відновлення гальванопокриття неможливо забезпечити високий ступінь адгезії двох різних матеріалів і подальшу механічну обробку шліців протягуванням.

**УДК 631.172**

## **АНАЛІЗ ПРИЧИН ЗНИЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ПОДАЧІ ПАЛИВА**

**С. С. КАРПЕНКО**, магістр

**Ю. І. РЕВЕНКО**, кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: revenko@nubip.edu.ua*

Однією з причин недостатньої надійності системи подачі палива (СПП) є забрудненість палива, що сприяє утворенню смолистих відкладень та нагару на форсунках, що веде до зависання голок клапанів та порушення нормальної роботи двигуна. Відомо, що середнє напрацювання фільтрів грубої і тонкої очищення становить в середньому 25000 км пробігу, тоді як завод-виробник рекомендує змінювати фільтри через 110000-130000 км тобто, 75...90% часу автомобіль експлуатується в екстремальних умовах. На нафтобазах та заправних станціях забруднення потрапляють у паливо із залізничних та автомобільних цистерн. Крім того, у паливо потрапляють продукти корозії резервуарів, трубопроводів та іншої арматури, продукти зношування деталей перекачувальних засобів, атмосферний пил і волога, продукти окислення та ущільнення нестабільних вуглеводнів палива.

Сильне забруднення спостерігається в баках автомобілів, досягаючи 10...40 г/т у звичайних умовах експлуатації та 200...400 г/т в особливо запиленіх регіонах. Розміри частинок переважно становлять 10-40 мкм.

Основними компонентами забруднень є розчинні в паливі органічні речовини, вода та мінеральні сполуки. Смоли, деякі полімери, продукти взаємодії палива з мікроорганізмами та інші органічні речовини, що забруднюють паливо, мають високу в'язкість та липкість. У паливі тверді частинки зазвичай перебувають у дисперсному стані, іноді колоїдному. З часом частки укрупнюються і випадають в осад. При забрудненні палива погіршуються його прокачування та стабільність, підвищується схильність до утворення відкладень та осадів.

Забруднення палива в процесі експлуатації автомобілів викликає порушення технічного стану наступних елементів системи паливної подачі двигуна з електронним керуванням:

- фільтри грубої та тонкої очистки (розрив фільтруючого елемента, забруднення тощо);
- бензонасос (підклинювання роликів, засмічення та забруднення зворотного клапана тощо);
- рампа (засмолення);
- регулятор тиску (порушення герметичності клапана),
- форсунка (засмічення фільтра, зношування та засмічення сопел, зміна часу відкриття та закриття голки клапана аж до його повного заклинювання і т.д.).

Забруднення СПП призводить до зниження потужності двигуна і прийомистості, детонаційним стукам при розгоні автомобіля, нестійкій роботі двигуна на всіх режимах, затруднення запуску двигуна, збільшення витрати палива і т.д., що передбачає значні витрати на усунення відмов.

Одним із основних шляхів усунення та запобігання вищезазначених причин є промивка системи подачі палива.

Однією з причин недостатньої експлуатаційної надійності системи паливоподачі є широке застосування промивних засобів та способів промивання СПП з додаванням миючої присадки в паливний бак. Зазвичай флакон присадки 200...500мл розрахований на 40...80 літрів бензину. Промивка вказаним способом дає позитивний результат тому, що промивці піддаються практично всі компоненти паливної системи: бензобак, паливний насос, бензопроводи, паливна рампа, регулятор тиску, форсунки. Зокрема, у практиці сервісу були випадки відновлення нормальної роботи бензонасоса, який починав «підклинювати» через значні за розміром смолистих відкладень у робочій камері. Однак слід врахувати, що бруд та відкладення, змиті зі стінок бензобака, бензопроводу та фільтра грубого очищення, можуть ще більше засмічувати фільтр тонкого очищення та форсунку. З цього можна зробити висновок, що миття присадками з додаванням до бензину не є дуже ефективним у разі сильного забруднення СПП, і його слід розглядати як засіб для очищення форсунок при чистих залишкових елементах системи. Щоб виключити забруднення форсунок під час промивання, виробники миючих присадок радять повторювати процедуру промивання через кожні 2...4 тис. км пробігу. При промиванні форсунок без демонтажу відбувається так само очищення штоків впускних клапанів та камери згоряння від нагару. Така корисна властивість промивання на двигуні із значним зносом ЦПГ може призвести до зменшення компресії за рахунок випалювання нагару в канавках поршнів. Трапляються випадки, коли після промивання форсунок двигун взагалі не заводиться.

Наступний спосіб промивання форсунок без демонтажу їх з двигуна мийка із застосуванням спеціальних установок подачі миючої рідини в паливну рампу. Працюючи з такими установками бензобак, паливний насос, паливопроводи з процесу промивання виключаються. Розрізняють одно- та двоконтурну установки. При одноконтурній установці проводиться подача миючої рідини тільки до паливної рампи, тоді як двоконтурні установки

включають і зворотну магістраль від рампи. Перевага двоконтурної установки полягає у можливості промивання паливної рампи та регулятора тиску. Це досягається шляхом прокачування миючого розчину по паливній рамі від паливного штуцера, що подає паливо, до штуцера зворотного паливопроводу без відкриття форсунок до початку процесу миття форсунок. Для сильно забруднених паливних систем застосування одноконтурної установки може спричинити засмічення форсунок брудом відшарованої від стінок паливної рампи, що вимагатиме подальшого миття форсунок з демонтажем їх з двигуна навіть заміною. Миття форсунок на миючих установках обох типів проходить шляхом запуску двигуна на миючій рідині та роботі його на різних режимах. Тиск палива в одноконтурних установках задається самою установкою, у двоконтурних штатним - регулятором тиску.

Промивання за допомогою спеціальних установок, таких як, Форсаж, Д-100, досить ефективне. У літературі зазначається одержання позитивного результату у 60...90% випадків. У решті випадках, що залишилися, допомагає або повторне промивання або промивання з демонтажем форсунок. Контроль якості промивки проводиться знову ж таки за непрямыми ознаками.

Демонтовану форсунку промивають шляхом пропускання через неї високоефективних миючих складів або за допомогою ультразвукової ванни. Перший із зазначених методів реалізується на установках, що дозволяють імітувати звичайну роботу форсунки, з тією різницею, що замість бензину подається сольвент, що чистить. При цьому оператор може змінювати тимчасові параметри імпульсів, що живлять форсунку з метою створення на поверхні клапана кавітації утворення повітряних бульбашок. В цих умовах процес очищення йде з максимальною ефективністю. Інший метод, що найчастіше застосовується - це очищення форсунок у миючому сольвенті з впливом ультразвукових коливань, або просто в ультразвуковій ванні. При очищенні ультразвуком можливе використання менш токсичних миючих рідин.

Форсунки забезпечуються змінними фільтрами тонкого очищення. Ці фільтри, а також ковпачки, що знімаються, в робочій частині форсунок рекомендується замінювати на нові після промивання форсунки. При цьому не слід забувати, що при промиванні форсунок з демонтажем не промиваються інші елементи СПП. Якщо вони значно забруднені, то, можливо, в короткий проміжок часу форсунки знову забрудняться. У цих випадках доводиться рекомендувати промивання бензобака, бензопроводів та паливної рампи.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що профілактична промивка системи подачі палива вищезазначеними методами не забезпечує її справного технічного стану.



УДК 631.358:62

## ПРИЧИНИ ВИХОДУ З ЛАДУ ТА МЕХАНІЗМ ЗНОШУВАННЯ ШПОНКОВИХ З'ЄДНАНЬ

**І. В. ЮВЧЕНКО**, магістр

**Ю. І. РЕВЕНКО**, кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: revenko@nubip.edu.ua*

Для підвищення терміну служби шпонкових з'єднань необхідно виявлення причин їх виходу з ладу, механізму і видів зношування і розробка ефективних методів, які збільшують надійність даних з'єднань.

Окремі випадки порушення порушення геометричних форм пазів валу або втулки шпонкових спряжень наведені на малюнку 1.

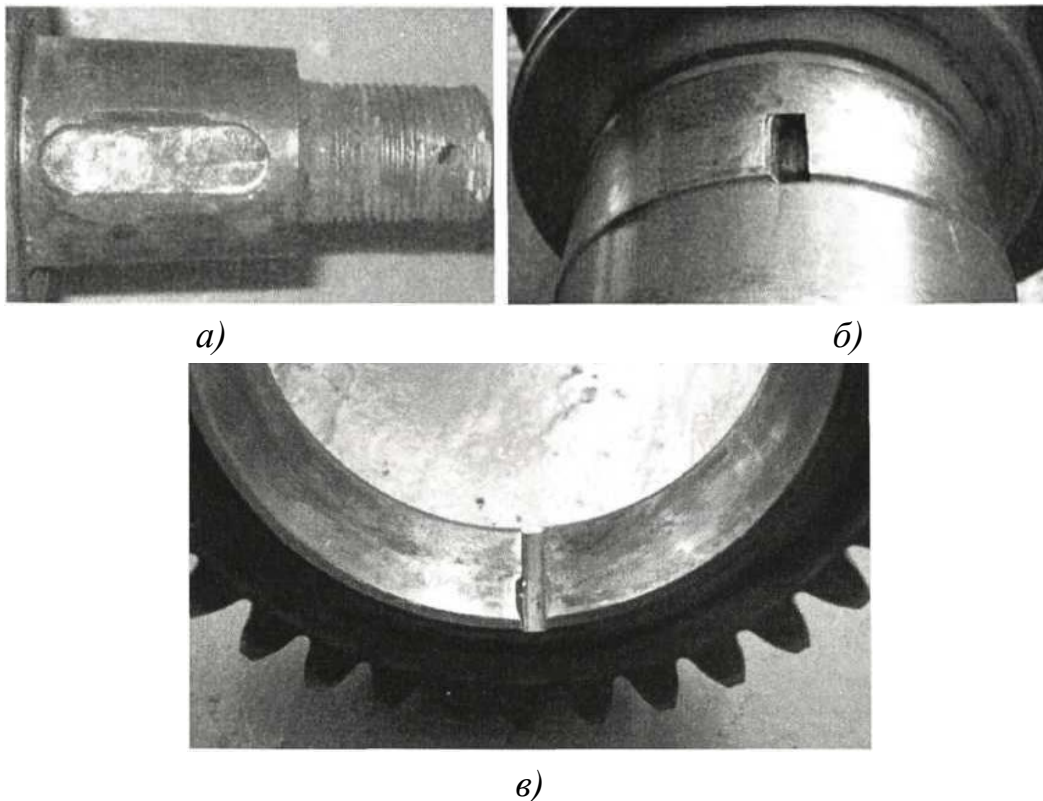


Рис. 1 Порушення геометричних форм пазів вала або втулки:  
а) вал МКШ комбайна «ДОН-1500»; б) колінчатий вал трактора John  
Deer 9420; в) шестерня газорозподільчого механізму трактора John Deer

Слід зазначити, що через зминання шпонки, відносно незначної вартості, вийшов з ладу дороговартісний агрегат - двигун трактора.

Основні види пошкоджень шпонкових з'єднань представлені малюнку 2.

У більшості випадків, деталь, що відмовила, через руйнування шпонкового з'єднання має справну та складну у виготовленні робочу поверхню:

пази шків і евольвентні зуби зірочки, вартість яких становить 80% від загальної вартості деталі.



Рис. 2 Характерні види пошкоджень шпонкових з'єднань

Зношування контактуючих поверхонь шпонки, валу і втулки є найбільш поширеним і передуює іншим видам пошкоджень.

Найбільш частими видами зношування шпонкових з'єднань що зустрічаються є: абразивне, втомне, зношування внаслідок пластичної деформації і фартинг.

Найчастіше шпонкові з'єднання схильні до абразивного зношування, яке виникає через наявність зазорів в даному з'єднанні, що сприяють попаданню в них частинок забруднень.

Дослідження механізму абразивного зношування показали, що на його величину впливають параметри абразивних частинок з основного матеріалу, навантаження, що передається, швидкість обертання з'єднання, амплітуда ковзання, температура і вологість навколишнього середовища. При цьому твердість основного матеріалу та абразивних частинок є основним фактором.

Також для шпонкових з'єднань характерне зношування внаслідок пластичної деформації, що проявляється через значну контактну напругу, пов'язану з динамічними навантаженнями.

Втомне зношування виникає в результаті багаторазового деформування матеріалу поверхні, що призводить до фарбування його частинок і утворення мікротріщин. Існують методики прогнозування довговічності матеріалів та зростання втомних тріщин.

Наведені вище види ушкоджень шпонкових з'єднань виникають за наявності відносних зсувів поверхонь.

Існує також зношування, викликане виникненням та руйнуванням тонких окисних плівок при мікропереміщеннях валу та втулки. Це явище називається фартинг-корозія. Розрізняють такі визначення: фартинг - явище зношування

між двома поверхнями, що мають відносний коливальний рух малої амплітуди; фартинг-корозія – різновид фартингу з переважанням хімічної реакції.

Інтенсивність зношування при фартинг процесі залежить від таких факторів, як амплітуда та частота взаємних переміщень поверхонь, їх відносна швидкість, кількість циклів (тривалість) переміщень, властивості матеріалів поверхонь, величина контактного тиску, наявність мастила та параметри довкілля (температура, вологість).

Слід виділити існування робіт, присвячені обґрунтуванню норм точності та взаємозамінності деталей машин, що контактують та працюють з іншими деталями, розробку методик нормування номінальних, граничних та допустимих значень геометричних параметрів деталей та з'єднань.

Конструктивне компонування механічних приводів зернозбиральних комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки передбачає те, що шпонкові з'єднання розташовуються на вихідних кінцях валів, що є необхідною умовою для їх швидкого розбирання та наступним збиранням, наприклад, при заміні підшипників. Застосування посадок з натягом у випадках не доцільно, оскільки дослідження показують, що після третього або четвертого розпресування деталей величина мікронерівностей, з допомогою їх зминання, зменшується загалом в 3 рази, а величина фактичного натягу зменшується до 2 разів. Звідси випливає, що навіть при дотриманні всіх норм точності при експлуатації сільськогосподарських машин, зазор у з'єднанні «вал - втулка» неминучий.

Таким чином, оптимізація ресурсу та визначення рівня ймовірності безвідмовної роботи шпонкових з'єднань зернозбиральних комбайнів є однією з основних проблем у забезпеченні надійної роботи сільськогосподарської техніки та вимагає подальших досліджень, спрямованих на їх удосконалення. У зв'язку з цим розробка заходів, що забезпечують підвищення працездатності шпонкових з'єднань зернозбиральних комбайнів за рахунок модернізації їх конструкції, становить практичний інтерес і є актуальною.

**УДК 62–729.3**

## **САЛОННІ ФІЛЬТРИ WIX ДЛЯ САМОХІДНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

**В. В. ЛИТВИНЕНКО**, студент магістратури,  
**П. С. ПОПИК**, кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Сучасні самохідні сільськогосподарські машини обладнані різними системами кондиціонування, що створюють мікроклімат в кабіні оператора. Перш ніж повітря потрапить в кабінку трактора чи комбайна воно очищається салонним фільтром.

В самохідній сільськогосподарській машині салонний фільтр має особливе призначення: він захищає оператора від шкідливих для здоров'я включень, що знаходяться в повітрі. Під час роботи машини в кабіні оператора можуть бути присутні наступні забруднення, що негативно впливають на здоров'я людини:

- частинки - пилок рослин, дим, пил, бактерії, волога (краплини води);
- гази - вуглеводневий, окис азоту, окис сірки, озон, пари палива, добрив, толуол.

Деякі із зазначених забруднень у повітрі, крім впливу на здоров'я людини, також створюють неприємні запахи.

При роботі різних мобільних машин склад і концентрація зазначених включень у повітрі кабіни можуть бути абсолютно різними. При виконанні сільськогосподарських робіт основними забруднювачами повітря в кабіні є пил, дим, пилок рослин.

Технічні вимоги до показників роботи салонних фільтрів тракторів і комбайнів, як правило, узгоджуються між виробниками фільтрів та споживачами – виробниками техніки.

В Україні технічні вимоги до робочого місця оператора трактора регламентуються ГОСТ 12.2.120-88 «Кабины и рабочие места операторов тракторов, самоходных строительно-дорожных машин и самоходных сельскохозяйственных машин». У ньому нормується тільки два параметри повітря:

- концентрація окису вуглецю в кабіні при працюючому двигуні - не вище  $20 \text{ мг/м}^3$ ;
- концентрація пилу в кабіні машини в залежності від вмісту  $\text{SiO}_2$ .

В нашій країні відсутні стандарт і відповідне обладнання для випробувань салонних фільтрів на фільтрацію всіх зазначених вище забруднювачів повітря. Оцінку салонних фільтрів проводять тільки за уловлюванням частинок мінеральної пилу, використовуючи ГОСТ - 8002 на випробування повітрязабірників двигунів.

За кордоном для цих цілей діє два міжнародні стандарти: ISO 11155-1 - оцінка салонних фільтрів на уловлювання твердих частинок і ISO 11155-2 - оцінка салонних фільтрів на уловлювання газів. Для таких випробувань використовується комплекс спеціального випробувального устаткування.

Типова конструкція осучаснених салонних фільтрів включає в себе каркас, на якому закріплений двошаровий нетканий матеріал, який не містить просочувальних фенолформальдегідних смол та інших токсичних компонентів.

В фільтрах WIX можливість фільтрації частинок розміром до декількох мікрон досягається внаслідок використання явища тяжіння забруднюючих речовин електростатично зарядженими волокнами. Синтетичні волокна мало гігроскопічні, тому салонні фільтри не деформуються під впливом води. Фільтруюча перегородка в салонних фільтрах виготовлена з повністю

синтетичного нетканого матеріалу. Для більшості моделей тракторів та комбайнів можна придбати фільтр у версії з активованим вугіллям.

Перевагою фільтрів з активованим вугіллям є те, що вони не лише затримують тверді частинки, але і поглинають шкідливі гази, такі як діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю і озон. Завдяки явищу адсорбції, активоване вугілля поглинає запахи, запобігаючи їх потраплянню ззовні в кабінку машини. Також в салонних фільтрах WIX Filters застосовується антибактеріальна система Microban. Завдяки цій системі салонні фільтри стали максимально ефективними з точки зору захисту здоров'я людини. Вони очищають повітря від твердих частинок (пил, сажа, пилок), а також видаляють невидимі для людського ока бактерії і алергени. Окрім того, вони запобігають утворенню цвілі і грибків. Усе це значно покращує не тільки комфорт для оператора, а й здатність його концентруватися при проведенні складних робіт.

Враховуючи все зазначене, ключовими особливостями салонних фільтрів WIX Filters є:

- високоефективні фільтруючі матеріали (при правильно обраному фільтруючому матеріалі фільтри можуть вловлювати частинки розміром до 1 мкм);
- фільтра мають низький початковий опір (не більше 200 МПа);
- використання активованого вугілля (активоване вугілля зв'язує частки шкідливих газів, завдяки чому в кабіні відсутні неприємні запахи);
- антибактеріальна система Microban (покриття, нанесене на фільтруюче середовище, ефективно забезпечує чисте повітря в кабіні самохідної машини та видаляє з повітря майже 100% бактерій і алергенів).

Виходячи з вищесказаного стає очевидним, що фільтри WIX Filters затримують більшість забруднень, що містяться в повітрі. Завдяки цьому можливо забезпечити та підтримувати необхідний рівень комфорту для оператора, навіть для людей які страждають алергією на пилок рослин.

### **Список використаних джерел**

1. Ананьев В.А., Городов А.К., Еремін М.Ю. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. М.: Евроклимат, 2000.- 416 с.
2. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М.: Стройиздат, 1982. - 96 с.
3. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов /Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др. Под ред. Б.Я. Юдина, С.В. Белова. -2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1983. - 432 с.



УДК 636.083.45:62-192

## СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗПОДІЛЬНИКІВ

**А. В. НОВИЦЬКИЙ**, к.т.н., доц.,  
**О. О. ЩЕРБАК** студент магістратури  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: Novytskyy@nubip.edu.ua  
**Р. В. БАЩУК** викладач,  
*Конопотський індустріально-педагогічний фаховий  
коледж СумДУ, м. Конопот,*  
E-mail: bashchuk.roman@ukr.net

У сучасній техніці аграрного виробництва використовуються різноманітні гідравлічні пристрої, які дають змогу підвищити продуктивність виконання технологічних операцій та покращити умови праці операторів машин, механізаторів, водіїв [1].

Проведений аналіз літературних джерел [2-4] показує, що ефективність використання техніки залежить від технічного стану машин, реалізації заходів, які зазначені в нормативно-технічній документації на їх використання та передбачених програмою забезпечення надійності (ПЗН) на стадії експлуатації. Разом з тим ще недостатньо інформації, яка б відображала комплекс заходів ПЗН техніки аграрного виробництва на стадії виготовлення та встановлення [3].

В останні десятиліття ремонт сільськогосподарської техніки пов'язаний зі значними матеріальними і трудовими витратами. Майже 40% металу витрачається на виробництво запасних частин, які в основному, визначають вартість ремонту машин та відновлення деталей [5, 6]. У зв'язку з цим значна увага науковців та виробників приділяється використанню вторинних матеріальних ресурсів в ремонтному виробництві.

Роздільно-агрегатні гідравлічні приводи тракторів, автомобілів меліоративних машин базуються на наступних елементах машини: гідронасосі, гідравлічному циліндрі, гідророзподільнику, баку [5]. Основними моделями вітчизняних розподільників з роздільним приводом агрегатів сільських сільськогосподарських машин [5] є агрегати двох типів продуктивністю 75-80 л/хв. восьми марок (Р75-23, Р80-23, Р75-2, Р80-2 та інші) та з витратою 150 л/хв. чотирьох марок (Р150-23-30-000, Р150-13-20-000 та інші). Одним з найбільш складних і відповідальних вузлів в гідросистемах мобільних енергетичних засобів, поряд з гідронасосами і гідроциліндрами, є гідророзподільники. Від надійності роботи гідророзподільників залежить продуктивність гідравлічних агрегатів.

Гідророзподільник використовується для подачі робочої рідини від насосів до силових циліндрів і зливу її з циліндрів в бак, розвантаження гідронасоса шляхом зливу робочої рідини в бак (коли циліндри не працюють), а

також для захисту всієї системи від перевантаження [5, 6]. Відомо, що деталі сучасних машин і механізмів сільськогосподарської техніки переходять в граничний стан з дуже малим зносом. Понад 85% деталей автомобілів, тракторів і окремих самохідних сільськогосподарських машин переходять в непрацездатний стан при зносі поверхонь деталей до 0,2-0,3 мм. При цьому значна кількість поверхонь елементів і деталей зношується мінімально, що дає можливість ефективно використовувати більшість вибрактованих деталей для їх відновлення і подальшого використання. Між тим, відомо, що за даними рядової експлуатації нормативний 80% ресурс гідророзподільників становить 6 тис. мото-год., а в умовах забрудненої гідравлічної робочої рідини – не більше 2...3 тис. мото-год. Недостатньо високий ресурс гідророзподільників пояснюється в основному низьким ресурсом пари «золотник-корпус».

Аналіз конструкторської та технологічної документації показав, що найскладніше і найбільш трудомістке при виготовленні з'єднання, що визначає довговічність роботи гідророзподільника є золотникова пара. Допуск на діаметр отвору корпусу та золотника гідророзподільника типу Р-75-В становить 0,004 мм за збереження геометричних параметрів (конусоподібності, овальності, співвісності).

Конструктивні особливості отвору корпусу під золотник: велике відношення довжини діаметру ( $105/25 > 4$ ); переривчастий характер (у вигляді поясів) отвору по довжині. Це створює певні труднощі при виготовленні та відновленні прецизійних деталей. Діаметри отворів корпусу та золотників обробляють з технологічним допуском 0,08 мм з наступним розбиванням на 20 розмірних груп при внутрішньому груповому допуску 0,004 мм. Велика кількість розмірних груп ускладнює не тільки організацію комплектування та складання на заводі-виробнику але й створює значні труднощі при ремонті гідророзподільників.

У зв'язку із зазначеним, актуальним є пошук нових нестандартних технологічних рішень для виготовлення, відновлення та підвищення зносостійкості з'єднання «золотник-корпус» за рахунок покращення фізико-механічних властивостей робочих поверхонь деталей [6, 7].

### **Список використаних джерел**

1. Novitskiy Andrey. Professional Reliability of Personnel in System of Development of Innovative Processes. ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. 2018. Vol. 18. No 2, P. 93-102.
2. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Технічна оцінка споживчих якостей сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 264 (2017). С. 293–303.
3. Новицький А. В. Методичні підходи до формування програми забезпечення надійності сільськогосподарської техніки. Центральнотураїнський науковий вісник. Технічні науки, Кропивницький.

Україна. 2022. Вип. 6(37), ч. I. С. 134–143

4. Новицький А. В., Банний О. О., Бистрий О. М. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 39–46.

5. Бурумкулов Ф. Х., Лельчук Л. М., Величко С. А. Восстановление корпусов гидрораспределителей электроимпульсным легированием. В кн.: Восстановление и упрочнение деталей – современный эффективный способ повышения надежности машин. Тезисы семинара. М.: ВНИИТУВИД «Ремдеталь», 1998. С.15-17.

6. Черкун В. Е. Ремонт тракторных гидравлических систем. М.: Колос, 1984. 253 с.

7. Новицький А. В., Карабиньош С. С., Ружило З.В. Організація сервісного виробництва. К.: НУБіПУ, 2017. 212 с.

**УДК 658.58**

## **ПЕРСОНАЛ ПІДПРИЄМСТВА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ**

**О. В. САВИЦЬКИЙ**, студент магістратури,  
**П. С. ПОПИК**, кандидат технічних наук, доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Трудові ресурси підприємства технічного сервісу (ТС) – це сукупність працівників різних професійно-кваліфікаційних груп, які зайняті на підприємстві і входять до його облікового складу.

Трудові ресурси підприємства беруть безпосередню участь у виробничому процесі і тоді вони стають персоналом підприємства.

Персоналом підприємства є сукупність постійних працівників, що отримали необхідну професійну підготовку і мають досвід практичної діяльності.

Трудовим колективом є сукупність усіх працівників, які беруть участь у господарській діяльності підприємства на основі трудового договору та інших форм, що регулюють трудові відносини працівників з підприємством.

Трудовий колектив характеризується складом і співвідношенням окремих категорій і груп працівників підприємства. В залежності від функцій, які виконують працівники підприємства, вони поділяються на дві групи: персонал основної діяльності та персонал неосновної діяльності (допоміжний).

За характером виконуваних функцій персонал підприємства поділяється на такі категорії:

- керівники;
- спеціалісти;

- службовці;
- робітники.

Традиційне співвідношення категорій персоналу – 80% робітників та 20 % керівників, спеціалістів та службовців.

До керівників відносять працівників, що займають посади керівників підприємств ТС та їхніх структурних підрозділів, а також їхні заступники. До них належать директори, начальники, завідувачі, керуючі, головні спеціалісти підприємства (головний агроном, головний інженер, головний бухгалтер, головний економіст тощо).

До спеціалістів відносять працівників, що виконують спеціальні інженерно-технічні, економічні та інші роботи: інженери, економісти, бухгалтери, нормувальники, юрисконсультанти, соціологи тощо.

Службовцями є працівники, що виконують суто технічну роботу, здійснюють оформлення документації, облік, контроль та господарське обслуговування.

Робітниками є категорія працівників, які безпосередньо зайняті у процесі виробництва продукції, виконання робіт та надання виробничих послуг.

Усіх робітників поділяють на основних, які безпосередньо беруть участь у виконанні технологічних операцій з виробництва продукції, та допоміжних - тих, які виконують різні підсобні операції з обслуговування основного виробництва.

Розподіл персоналу підприємства за професіями та спеціальностями.

Професія – це особливий вид трудової діяльності, яка потребує відповідних спеціальних знань та практичних навичок.

Спеціальність – це вид трудової діяльності в межах певної професії, який має специфічні особливості і вимагає від працівника додаткових спеціальних знань і навичок.

Кваліфікація – це сукупність спеціальних знань та практичних навичок, що визначають ступінь підготовленості працівника до виконання робіт певної складності за відповідною спеціальністю.

Структура персоналу характеризується складом і кількісним співвідношенням окремих категорій і груп працівників підприємства ТС.

Професійно-кваліфікаційна структура керівників, спеціалістів та службовців підприємства знаходить своє відображення в штатному розписі.

Робітники за рівнем кваліфікації поділяються на чотири групи: висококваліфіковані, кваліфіковані, малокваліфіковані, некваліфіковані.

Рівень кваліфікації кожного робітника визначається на основі тарифно-кваліфікаційних довідників.

### **Список використаних джерел**

1. Герасимчук Н.А. Організація виробництва: Навч. посібник / Герасимчук Н.А., Кондратюк О.І., Вікарчук О.І. - Вид-во ЖДУ ім. І.Франка, Житомир, 2009. - 244 с.

2. Економіка і організація аграрного сервісу / П.О. Мосіюк, О.В. Крисальний, В.А. Сердюк та ін.; За ред. П.О. Мосіюка. - К.: ІАЕУААН, 2001. - 501 с.

3. Організація підприємницької діяльності та бізнесу [Текст]: навч. посіб. для вищ. навч. закл. / В.К. Збарський та ін.; Акад. праці і соц. відносин, Федер. проф. спілок України. - К.: АПСВ, 2008. - 653 с.

4. Сахно Є.Ю. та ін. Менеджмент сервісу: теорія та практика Навчальний посібник. /Сахно Є.Ю., Дорош М.С., Ребенок А.В. - К.: Центр учбової літератури, 2010. - 328 с.

УДК 62–729.3

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПИЛЕНOSTІ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА

**О. В. МОРОЗ**, студент магістратури,  
**П. С. ПОПИК**, кандидат технічних наук, доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Повітря - один з основних факторів, що забезпечує життєдіяльність людини у всіх сферах її перебування.

Залежно від хімічного складу повітря, його фізичних і інших властивостей (температури, вологості, рухомості, тиску), а також наявності в ньому інших забруднень у вигляді пилу, туману, або диму повітряне середовище може бути сприятливим, несприятливим або навіть небезпечним. Хімічні речовини, які проникають в організм в умовах виробництва навіть у відносно невеликих кількостях, викликають порушення нормальної життєдіяльності та професійні отруєння. Тому дуже велике значення має чистота повітря від бруду і пилу, які утворюються під час подрібнення, розмолу та транспортування твердих, сипучих матеріалів, зварюванні металів, їх обробці різанням тощо.

Зважений у повітрі називають аерозолем, а осівший пил – аерогелем. Пил заповнює пори шкіри людини, утруднюючи потовиділення, що призводить до сухості шкіри, її обезжирення та розвитку захворювань.

Нетоксичні (подрозднюючі) пили – мінеральні, металеві, деревні та інші при контактi з організмом людини викликають подразнення легень та лімфатичних вузлів, а при довiй дії причиняють професійні захворювання – пневмоконіози. Пневмоконіози отримують назву в залежності від виду пилу, що їх викликав (силікоз –  $\text{SiO}_2$ , мангаконіоз –  $\text{Mn}$ , сидероз – пили, що містять в собі залізо, антракоз – вугільний пил та ін.).

Токсичні (отруйні) пили – свинець, цинк, миш'як та інші, які розчиняються у біологічних середовищах організму людини, викликаючи не тільки хронічні, але й гострі отруєння.



Шкідлива дія пилу на організм людини залежить від дисперсності (розміру), форми частинок пилу, їх хімічного складу та кількості пилу, що вдихається. Для нетоксичного (подразнюючого) пилу головним фактором шкідливості є дисперсність (розмір) пилових частинок, для токсичних (отруйних) – їх хімічний склад.

Чим дрібніший пил, тим небезпечнішим він є для людини.

Найбільш небезпечним для людини вважаються частинки розміром 3...10 мкм, які, потрапляючи в легені, при диханні затримуються в них і, накопичившись, можуть стати причиною захворювання.

Частинки розміром менше 3 мкм видихаються, а розміром більше 10 мкм затримуються в горлі та носі. Особливо небезпечними є аерозолі, які за характером дії на організм людини поділяються на нетоксичні (подразнюючі) та токсичні (отруйні).

Для запобігання гострих і хронічних професійних отруєнь та захворювань внаслідок впливу шкідливих речовин на організм людини встановлені гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин. Гранично допустима концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони – концентрація речовини, що в умовах регламентованої тривалості її щоденного впливу при 8-годинній роботі (але не більше 40 годин на тиждень) не може викликати в осіб, що піддаються її впливу, захворювань чи відхилень у стані здоров'я, що виявляються сучасними методами досліджень протягом робочого стажу чи у віддалений термін життя теперішнього і наступного поколінь.

Стандарт ДСН 3.3.6.042-99 (ГОСТ 12.1.005-88) встановлює ГДК для більш ніж 700 видів шкідливих речовин, частина з яких наведена у додатку 1. У залежності від особливостей дії на організм шкідливих речовин для них встановлюється ГДК двох типів: максимально разова та середньозмінна.

Контроль концентрації шкідливих речовин у повітрі здійснюється в лабораторних умовах, шляхом експрес-аналізу або з використанням індикаторів. Лабораторний спосіб є найточнішим, проте найбільш трудомістким. Він полягає в тому, що на робочих чи інших визначених місцях відбирають проби повітря, доставляють їх у спеціальні лабораторії, в яких виконується аналіз цих проб з метою визначення хімічного складу повітря та концентрації шкідливих речовин.

### **Список використаних джерел**

1. Ананьев В.А., Городов А.К., Еремін М.Ю. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. М.: Евроклимат, 2000.- 416 с.
2. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М.: Стройиздат, 1982. - 96 с.
3. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов /Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др. Под ред. Б.Я. Юдина, С.В. Белова. -2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1983. - 432 с.

УДК 658.58

## СИСТЕМА ОЦІНКИ ТРУДОВИХ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

**І. І. ЯЦЕНКО**, студент магістратури,  
**П.С. ПОПИК**, кандидат технічних наук, доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Трудовими ресурсами підприємства технічного сервісу (ТС) є сукупність працівників різних професійно-кваліфікаційних груп, які зайняті на підприємстві і входять до його облікового складу.

Трудові ресурси підприємства ТС беруть безпосередню участь у виробничому процесі і тоді вони стають персоналом підприємства.

Облікова кількість працівників підприємства включає всіх постійних, тимчасових і сезонних працівників, котрих прийнято на роботу незалежно від того, перебувають вони на роботі чи відсутні з будь-яких причин.

Явочна кількість включає всіх працівників, що явилися на роботу.

Середньооблікова кількість працівників за певний період визначається як сума середньомісячної кількості, поділена на кількість місяців у розрахунковому періоді.

Кількісна характеристика трудового потенціалу підприємства ТС – річний фонд ресурсів праці ( $\Phi_{\text{рп}}$ ):

$$\Phi_{\text{рп}} = \text{Ч}_{\text{сп}} \cdot \text{Т}_{\text{рп}};$$

$\text{Ч}_{\text{сп}}$  - середньорічна чисельність працівників;

$\text{Т}_{\text{рп}}$  - середня тривалість робочого періоду в днях або годинах.

Річний фонд робочого часу одного працівника є нормативним показником оптимальної тривалості використання трудових ресурсів. В сільському господарстві при 6-денному робочому тижні він становить 270 днів, в середньому 1800 людино-годин.

Рух трудових ресурсів підприємства ТС характеризують такі показники:

1) *оборот робочої сили по прийому* ( $\text{К}_{\text{оп}}$ ) визначається відношенням кількості прийнятих на роботу ( $\text{Ч}_{\text{пр}}$ ) до середньооблікової кількості працівників за відповідний період ( $\text{Ч}_{\text{сп}}$ ) і виражається у відсотках:

$$\text{К}_{\text{оп}} = (\text{Ч}_{\text{пр}} : \text{Ч}_{\text{сп}}) \cdot 100;$$

2) *оборот робочої сили по звільненню* ( $\text{К}_{\text{оз}}$ ) визначається відношенням загальної кількості звільнених працівників ( $\text{Ч}_{\text{зв}}$ ) до середньооблікової їхньої кількості за відповідний період ( $\text{Ч}_{\text{сп}}$ ) і виражається у відсотках:

$$\text{К}_{\text{оз}} = (\text{Ч}_{\text{зв}} : \text{Ч}_{\text{сп}}) \cdot 100;$$

3) *плинність персоналу* ( $\text{К}_{\text{пл}}$ ) визначається відношенням кількості працівників, звільнених за власним бажанням ( $\text{Ч}_{\text{зв}}$ ) до середньооблікової їхньої кількості за відповідний період ( $\text{Ч}_{\text{сп}}$ ) і виражається у відсотках:

$$K_{пл} = (Ч_{зв} : Ч_{сп}) \cdot 100;$$

4) *стабільність, або „відданість” персоналу*, тобто середній стаж роботи працівника на підприємстві ( $K_{сп}$ ) визначається відношенням загальної суми років роботи на одному підприємстві всього персоналу ( $З_{сп}$ ) до середньооблікової кількості працівників:

$$K_{сп} = З_{сп} : Ч_{сп};$$

5) *рівень дисципліни персоналу* ( $K_{рд}$ ) визначається відношенням людино-днів неявки на роботу ( $Н_{яр}$ ) до загальної кількості відпрацьованих людино-днів ( $Т_{ф}$ ):

$$K_{рд} = Н_{яр} : Т_{ф};$$

Рівень використання трудових ресурсів підприємства ТС характеризують такі показники:

1) кількість відпрацьованих людино-днів (людино-годин) одним працівником за рік;

2) коефіцієнт використання трудових ресурсів.

Коефіцієнт використання трудових ресурсів ( $K_{в}$ ) визначається відношенням фактично відпрацьованого робочого часу одним працівником за рік ( $Т_{ф}$ ) до планового ( $Т_{п}$ ) річного фонду:

$$K_{в} = Т_{ф} : Т_{п}.$$

Сезонність використання трудових ресурсів підприємства ТС характеризують такі показники:

1) *коефіцієнт сезонності* визначається відношенням затрат праці в місяці максимальної зайнятості працівників до середньомісячних затрат;

2) *розмах сезонності* визначається відношенням максимальних місячних затрат праці до мінімальних.

### Список використаних джерел

1. Белінський П.І. Менеджмент виробництва та операцій: підручник. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 624 с.
2. Новицький А.В. Організація сервісного виробництва. Навч. посібник. / Новицький А.В., Карабиньш С.С., Ружило З.В. – К.: НУБіПУ, 2017. – 212 с.
3. Герасимчук Н.А. Організація виробництва: Навч. посібник / Герасимчук Н.А., Кондратюк О.І., Вікарчук О.І. - Вид-во ЖДУ ім. І.Франка, Житомир, 2009. - 244 с.
4. Організація підприємницької діяльності та бізнесу [Текст]: навч. посіб. для вищ. навч. закл. / В.К. Збарський та ін.; Акад. праці і соц. відносин, Федер. проф. спілок України. - К.: АПСВ, 2008. - 653 с.

УДК 621.431.3

## ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФІЛЬТРА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ОЛИВИ СИСТЕМИ МАЩЕННЯ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

А. А. ТРОЦ, к.т.н., доцент, О. М. БИСТРИЙ, старший викладач,

З. В. РУЖИЛО, к.т.н., доцент, О. О. БАННИЙ, к.т.н., доцент,

П. С. ПОПИК, к.т.н., доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: adamtroc@ukr.net*

Система мащення – одна з найважливіших в двигунах внутрішнього згорання. Від її функціонування безпосередньо залежить ресурс двигуна [1, 4, 5].

Всі двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) оснащуються фільтрами для очищення оливи. За останні кілька десятиліть цей елемент системи мащення став максимально уніфікованим – загальна конструкція сучасного фільтра оливи майже однакова для всіх систем [1-3].

WIX Filters пропонує широкий спектр фільтрів для очищення оливи, повітря, палива, охолоджувальної рідини. Безперервний розвиток компанії WIX Filters та її постійні пошуки нових інноваційних ідей у системах фільтрації й особливому контролю якості продукції дає змогу з упевненістю стверджувати, що марка WIX Filters – це продукція преміум класу на сучасному ринку [1].



Рис. 1. Будова фільтра для очищення оливи ДВЗ WL 7323

Розглянемо основні характеристики фільтра:

- WL7323 — високоякісний оливний фільтр від компанії WIX Filters;

- особливості:

- перепускний клапан;

- розміри (мм): A: 75 B: 70 C: 62 D: 0 E: 0 F: 0 G: UNF 3/4"-16 H: 86

- застосування:

- Ford C-Max, Fiesta V (02-), Focus Cabrio, Focus C-Max, Focus II, Galaxy II, Maverick II, Mondeo III (00-07), Mondeo IV (07-), S-Max, Transit (07);

- Mazda 3, 5, 6, MX5, Tribute.

Для проведення досліджень характеристик фільтра оливи системи мащення ДВЗ нами розроблена лабораторна установка стаціонарного типу (рис. 2).

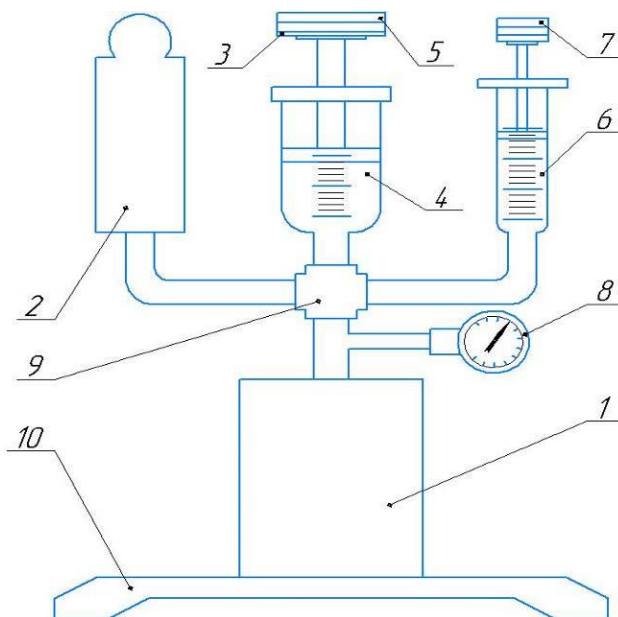


Рис. 2. Лабораторна установка:

1 – фільтр для очищення оливи; 2 – індикатор; 3 – платформа;  
4 – система «грубого» відліку; 5 – грузи; 6 – система «тонкого» відліку;  
7 – грузи; 8 – манометр; 9 – вентиль; 10 – платформа.

Лабораторна установка контролю перепускного клапана фільтра очищення оливи [6] рис. 2. складається з загального вимірювального штатива, на якому закріплений фільтр, що досліджується 1, за допомогою гідрорукава 11 з'єднаний з вимірювальною системою. Вимірювальна система складається з індикатора 2, системи «грубого» відліку 4 і системи «тонкого» відліку 6, оснащених внутрішніми поршнями, що створюють тиск під дією вантажів 5 і 7 відповідно. Індикатор 2, і системи «грубого» і «тонкого» відліку через вентиль 9 з'єднані з манометром 8 і шлангом 11. Лабораторна установка 2 закріплена на платформі 10.

Принцип дії лабораторної установки полягає в наступному. Фільтр 1, що тестується встановлюється на штатив, який закріплений на платформі 10. Вхід до клапана фільтра 1 через вентиль 9 з'єднаний з манометром 8, індикатором 2,



системою «грубого» відліку 4 та системою «тонкого» відліку 6. За допомогою накладання грузів 5 створюється в мережі тиск оливи. При цьому індикатор 2 гасне коли спрацьовує клапан фільтра 1. Величина грузу 5 «грубо» вказує на тиск спрацювання клапана фільтра 1. Для «тонкого» виміру знімається верхній груз 5 (при цьому індикатор 2 загоряється, а клапан фільтра 1 закривається) і за допомогою накладання грузів 6 досягають повторного спрацювання клапана фільтра 1. та відключення індикатора 2. Сума грузів «грубого» і «тонкого» виміру дає значення тиску спрацювання клапана фільтра 1 з достатньою точністю в межах експерименту. На манометрі 8 відображається дублююче значення вимірюваного тиску спрацювання клапана фільтра 1, що тестується.

Основними параметрами контролю якості масляного фільтра є:

- величина параметру  $H$ , мм;
- величина параметру  $G$ , мм;
- величина параметру  $C$ , мм;
- контрольний тиск  $P_{\text{контр}}$ , Па;
- діаметр поршня  $D_{\text{грубо}}$ , м;
- маса вантажу  $M_{\text{грубо}}$ , кг;
- діаметр поршня  $D_{\text{точно}}$ , м;
- маса вантажу  $M_{\text{точно}}$ , кг;
- тиск спрацювання клапана  $P_{\text{клапана}}$ , Па ( атм.).

В основу розрахунку фільтра покладені наступні теоретичні складові [6].

Тиск, який створюється масою грузів та діє на поршень:

$$P = \frac{4M_z g}{\pi D^2}.$$

$P$  – тиск, Па;

$M_z$  – маса, що діє на поршень, кг;

$g$  – гравітаційна стала;

$D$  – діаметр поршня, м.

Тиск на індикаторі визначається за формулою:

$$P_i = \frac{4M_n g}{\pi D_4^2}.$$

$P_i$  – тиск на індикаторі, Па;

$M_n$  – маса контрольного грузу, кг;

$D_4$  – діаметр поршня «грубого» відліку.

Тиск спрацювання перепускного клапану:

$$P_{\text{клапана}} = 0,2 \div 0,5 \text{ атм.}$$

Вимірювання параметру тиску:

Режим «грубого» відліку:

$$P_{\text{грубо}} = \frac{4(M_n + M_5)g}{\pi D_4^2}.$$

$M_5$  – маса вантажів «грубого» відліку, кг.

Режим «точного» відліку:

$$P_{\text{точно}} = \frac{4M_7 g}{\pi D_6^2}.$$

$P_{\text{точно}}$  – тиск «точного» відліку, Па;

$M_7$  – маса грузу «точного» відліку, кг;

$D_6$  – діаметр поршня «точного» відліку.

Тиск спрацювання перепускного клапана:

$$P_{\text{клапана}} = P_{\text{грубо}} + P_{\text{точно}}.$$

Переважає більшість фільтрів для очищення оливи в системах мащення ДВЗ виготовляється в металевому корпусі. Конструкція корпусу фільтра досить проста, складається з металевої чаші з гранями під ключ на тильній стороні і передньої кришки з монтажною різьбою і отворами.

У деяких моделях фільтрів корпус незмінний і при технічному обслуговуванні замінюється тільки картридж. Фільтруючі елементи виготовляється, в основному, з якісного паперу армованого синтетичними волокнами. Пропускний клапан служить для аварійного скидання надлишкового тиску, який може утворитися в фільтрі. При такому стані клапан перенаправляє потік оливи в обхід фільтруючого елементу для забезпечення робочого тиску всередині корпусу.

Дренажний клапан утримує необхідний тиск оливи в забірній магістралі після зупинки двигуна. Це запобігає витоків оливи в піддон при припиненні роботи двигуна і дозволяє системі мащення повноцінно функціонувати з перших секунд після пуску двигуна [3].

Представлена лабораторна установка надає можливість з високою точністю визначити тиск спрацювання клапана фільтра очищення оливи.

### Список використаних джерел

1. Новицький А. В., Карабиньш С. С., Мельник В. І., Ружи́ло З. В., Новицький Ю. А. Характерні відмови та конструкція гідравлічних фільтрів. Агроексперт. 2018. № 12. С. 71-74.
2. Ружи́ло З. В., Новицький А. В., Карабиньш С. С., Мельник В. І., Новицький Ю. А. Усе про фільтри для очищення олив двигунів. Агроексперт. 2018. № 4. С. 72-74.
3. Продеус О. В., Новицький А. В., Ружи́ло З. В. Лідерство в сфері фільтрації - ефективний напрям забезпечення надійності техніки. Матеріали ХІ Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. Кропивницький: ЦНТУ, 2017. С. 255-256.
4. Мельник В.І., Карабиньш С.С., Ружи́ло З.В. 2014. Технологічні основи ремонту сільськогосподарських машин і обладнання. К.: Наукова думка. 2014.- 189 с.
5. Карабиньш С.С., Ружи́ло З.В. 2014. Ремонт машин и оборудования / С.С.Карабиньш, З.В.Ружи́ло. Германия, Саабрюкен, Ламберт, 2014.- 149 с.

6. Савченко Ю. М.. Гідродинаміка. Енциклопедія сучасної України: електронна версія [онлайн] / гол. редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін.; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2006.

УДК 636.3

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

**А. В. НОВИЦЬКИЙ**, к.т.н., доц., **О. В. СТОЯН** студент магістратури  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**В. Г. ВОЩАН** викладач,  
*ВСП «Маслівський аграрний фаховий коледж ім. П.Х. Гаркавого  
Білоцерківського НАУ», с. Маслівка, Київська обл.,  
E-mail: Novytskyy@nubip.edu.ua, volodimirvosan@gmail.com*

Підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних знарядь – одне з актуальних завдань аграрного виробництва, що потребує вирішення [1, 2]. Це визначається не тільки важливістю зниження металомісткості на виготовлення робочих органів, але й вимогами їх експлуатації. Стійкість ріжучих елементів робочих органів сільськогосподарських машин вимірюється напрацюванням до граничного стану. Досвід експлуатації ґрунтообробних знарядь показує, що напрацювання на відмову їх потребує підвищення. Аналіз літературних джерел та умов експлуатації показує, робочі органи часто експлуатують з порушенням агротехнічних умов, вони потребують періодичного відновлення параметрів працездатності [2, 3, 5].

За багатовікову історію розвитку сільськогосподарських машин конструкція лемеша плуга змінилася відносно мало. Удосконалення лемешів проходило, в основному, за рахунок вибору матеріалу, способів його обробки, а також удосконалення геометричної форми лемешів. Разом з тим, ефективність лемешів, особливо при оранці твердих ґрунтів, потребує покращення, і цей недолік все більше позначається на продуктивності праці в землеробстві. Таким чином, підвищення ефективності роботи лемешів, лап культиваторів та інших ґрунтообробних знарядь є актуальним науковим завданням, яке потребує вирішення.

Як показали дослідження, основним напрямом вирішення зазначеної проблеми є створення самогострювальних ріжучих елементів ґрунтообробних робочих органів, які в процесі зношування зберігали б свою працездатність і не потребували ремонту [5].

У порівнянні зі стандартними деталями самогострювальні робочі органи плугів мають цілий ряд переваг. Зазначені переваги мають важливе

значення при забезпеченні технології та організації ремонту [4, 5]:

- протягом всього періоду експлуатації ґрунтообробне знаряддя виконує технологічну операцію з достатньо високою якістю та іншими показниками, що забезпечують агротехнічні вимоги;
- усуваються простої і непередбачувані витрати часу на регулювання при втраті працездатності, що призводить до порушення режиму експлуатації;
- зникає необхідність проведення ремонту плугів та відновлення робочих органів, що затуплюються;
- зменшується потреба в запасних частинах;
- підвищується термін служби та забезпечується відповідний показник довговічності.

Самозаточувальне лезо складається з двох шарів, матеріали яких істотно відрізняються за зносостійкістю. Ріжучий шар, товщина якого встановлюється залежно від агротехнічних вимог до деталі, виготовляється з більш зносостійкого матеріалу. Другий шар – з відносно м'якого і в'язкого матеріалу є несучим, а його призначення – захистити ріжучий шар від пошкоджень. В процесі експлуатації плуга, зносостійкий шар леза повинен постійно виступати та розрізати ґрунт, бур'яни або ж інші сільськогосподарські матеріали. Створення самогострювальних лемешів та інших ріжучих деталей базується на обґрунтованому підборі параметрів леза для різних умов експлуатації плугів.

### **Список використаних джерел**

1. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Технічна оцінка споживчих якостей сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 264 (2017). С. 293–303.
2. Новицький А. В. Методичні підходи до формування програми забезпечення надійності сільськогосподарської техніки. Центральнотериторіальний науковий вісник. Технічні науки, Кропивницький. Україна. 2022. Вип. 6(37), ч. I. С. 134–143.
3. Новицький А. В., Банний О. О., Бистрий О. М. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 39–46.
4. Новицький А. В., Карабиньш С. С., Ружи́ло З.В. Організація сервісного виробництва. К.: НУБіПУ, 2017. 212 с.
5. Новицький А., Карабиньш С., Ружи́ло З. Сучасні методи забезпечення дієздатності плугів [Електронний ресурс]. Журнал Пропозиція. 2008. № 3. Режим доступу: <http://www.propozitsija.com/?page=149&temid=2580&number=83>.

УДК 631.3

## МЕТОДИКА КОНТРОЛЮ СПІВВІСНОСТІ ОТВОРІВ ОПОР ПІД РОЗПОДІЛЬЧИЙ ВАЛ З ПОШКОДЖЕНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ БАЗАМИ

**О. О. БАННИЙ**, доцент,

**О. М. БИСТРИЙ**, ст. викладач

**О. О. ЙОЛДИЧ** студентка магістратури

*Національний університет біоресурсів та природокористування України,*

*E-mail: alexsandrbannyi@gmail.com, anbystry@ukr.net*

В конструкції кожного двигуна базовою складовою частиною є блок циліндрів, його технічний стан забезпечує якість складання і працездатність всіх механізмів і систем. Блок циліндрів має точні просторові геометричні характеристики (із допусками 0,02...0,05 мм) для розміщення складових частин, механізмів, систем і деталей, точність розташування яких може нормуватися в межах десяти мікрометрів.[3].

Допуск співвісності отворів корінних опор  $TPC_{ко}$  та отворів опор розподільчого вала  $TPC_{рв}$  обмежується в межах 30 та 50 мкм, відповідно технічних вимог. Таким чином відхил від співвісності  $EPC$  не повинен перевищувати вказаних значень, тобто:

$$TPC_{ко} \leq 30 \text{ мкм}; \quad TPC_{рв} \leq 40 \text{ мкм}.$$

Прийняті значення обґрунтовані розмірним аналізом з'єднань «шийка вала – підшипник ковзання», які ефективно працюють за умови мінімального функціонального зазору. Збільшення зазору в з'єднанні понижує ресурс його роботи, зменшення зазору може призвести до сухого тертя та аварійного стану з'єднання. Різні допустимі значення співвісності обумовлені різними значеннями початкових зазорів в з'єднаннях. По технічним вимогам значення середнього зазору в з'єднанні «вал розподільний-опора» становить  $S_{сер} = 135$  мкм, в з'єднанні «вал колінчастий – вкладиш корінний» -  $S_{сер} = 128$  мкм. Значення допустимих похибок вимірювання становлять:

для діаметрів опор розподільного вала -  $[Δ]_{орв} = 10$  мкм при допуску  $ITD_{орв} = 40$ , для діаметрів корінних опор -  $[Δ]_{ко} = 6$  мкм з допуском  $ITD_{ко} = 27$  мкм, відповідно.

При контролі відхилів співвісності середніх опор відносно крайніх та одержання їх дійсних значень необхідно виконати вимірювання:

- діаметрів отворів всіх корінних опор (розмір по кресленнику  $Ø98^{+0,027}_{-0,030}$ ), відповідно схемі вимірювання, при наявності відхилів від циліндричності  $EFZ_{ко}$  визначити їх значення (овальність);

- діаметрів отворів 2,3,4 (розміри по кресленнику  $Ø60^{+0,070}_{+0,030}$ ,  $Ø59^{+0,070}_{+0,030}$ ,  $Ø58^{+0,070}_{+0,030}$ , відповідно) опор розподільного вала, відповідно схеми вимірювання,



при наявності відхилів від циліндричності  $EFZ_{орв}$  визначити їх значення (овальність);

- відхилів від співвісності  $EPC_{ко}$ , отворів середніх корінних опор відносно крайніх, із застосуванням ПКВ-1;

- відхилів від співвісності  $EPC_{орв}$ , отворів середніх опор розподільного вала відносно крайніх, із застосуванням ПКВ-2;

В лабораторних умовах відпрацьована методика застосування пристосувань, схеми та техніка вимірювань, операційний час на виконання вимірювань.

В виробничих умовах виконані вимірювання вказаних параметрів блок-картерів в кількості 30-40 одиниць, які поступили в перший ремонт. Одержані значення вимірювань математично оброблені та проаналізовані на предмет метрологічної точності конструкції пристосування.

Складність вимірювання відхилів від співвісності виникає наявністю значних зносів опор розподільного вала, проявів пошкодження метрологічних баз та наявністю відхилів їх форми. Із загальної кількості контрольних блоків - 39, дев'ять блоків, що становить понад 23%, не придатні до використання із-за граничних зносів опор. Зноси решти опор знаходяться в межах допуску, але мають вплив на значення відхилів від співвісності явними відхилами форми.

Одержані закономірності результатів вимірювання представлені на рис.1,2.

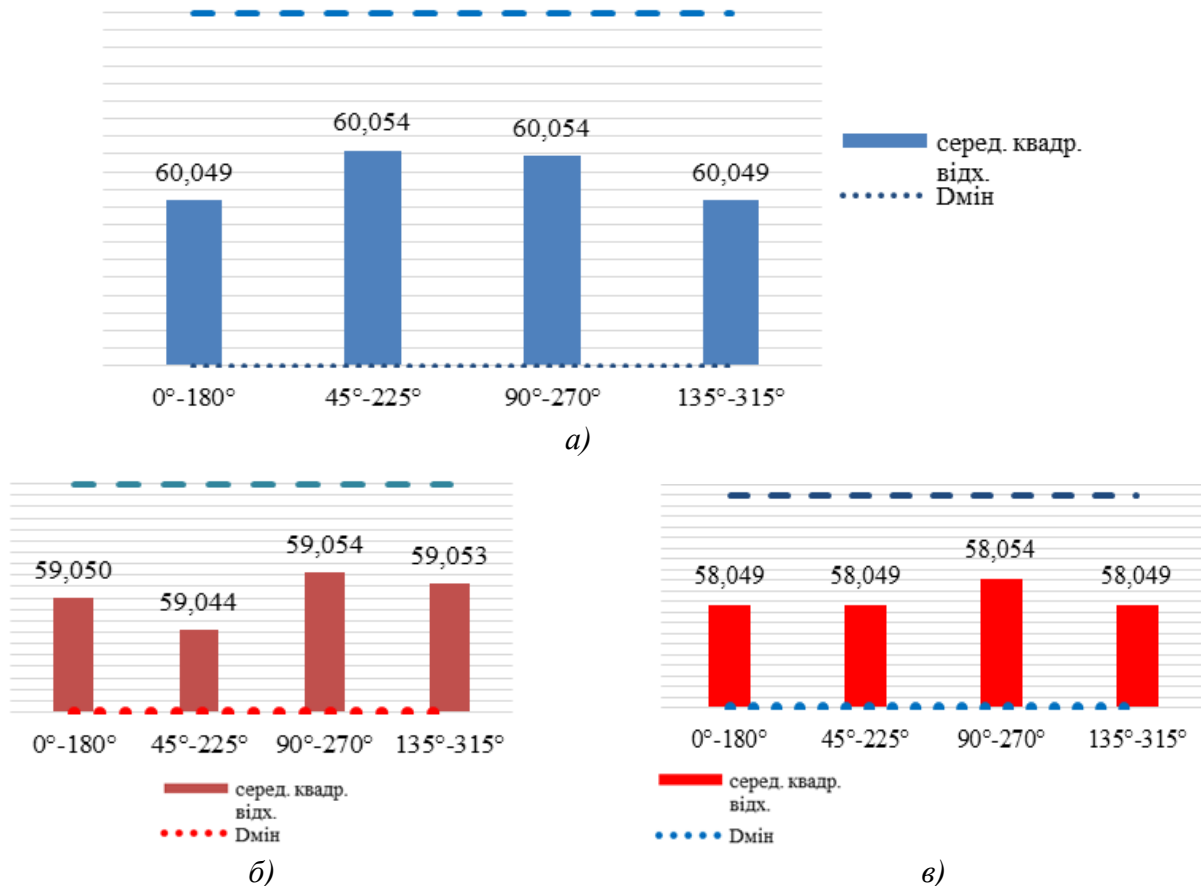


Рисунок 1 - Середньоквадратичні значення дійсних розмірів опор розподільного валу: а – 2 опоры; б – 3 опоры; в – 4 опоры.

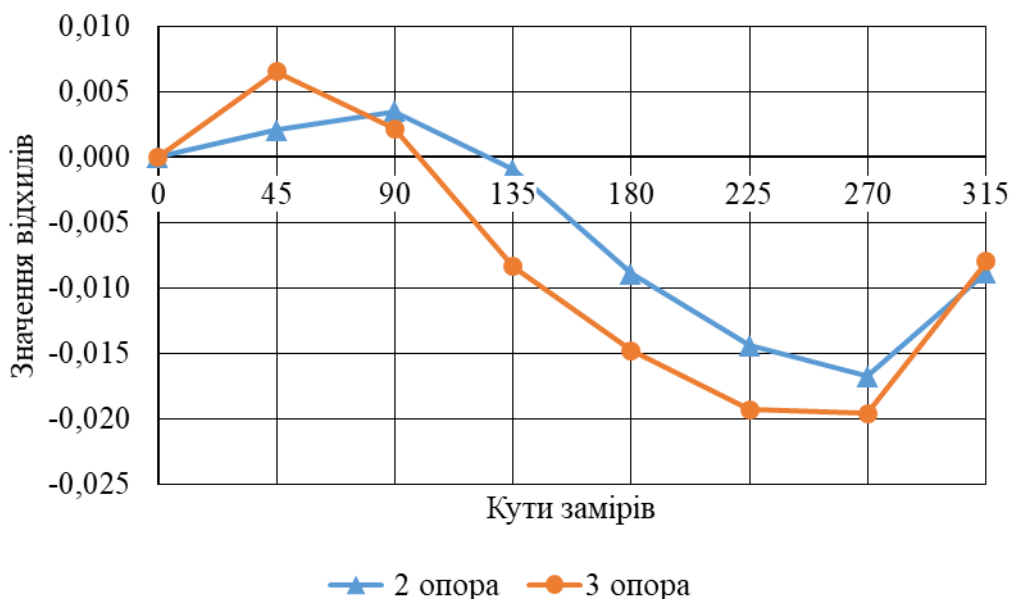


Рисунок 2 - Середні значення відхилів від співвісності середніх опор РВ відносно крайніх

Оброблені результати вимірювань надають підстави робити висновки, що відхили форми отворів опор від циліндричності досягають значень 0,0025 мм на 2 і 4 опорах, до 0,005 мм на третій опорі. При наявності зміни форми технологічних поверхонь, необхідно їх значення враховувати в результати вимірів співвісності. Таким чином дійсні значення відхилів від співвісності 2 та 3 опор розподільчого вала становитимуть:

$$TPC_{pv\_2on} = TPC_{\partial-2on} \pm EFZ_{\_2on}$$

$$TPC_{pv\_3on} = TPC_{\partial-3on} \pm EFZ_{\_3on}$$

### Список використаних джерел

1. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання. Підручник. /О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло, О.В. Тихонов та ін. за ред. проф. О.І. Сідашенко, О.А. Науменко. – Х.: «Міськдрук», 2010. – 744с.
2. Малахов В.С. Методические указания для выполнения лабораторной работы : «Контроль и сортировка блок-картеров двигателей СМД-60, СМД-62, СМД-64»./ Малахов В.С., Бистрий О.М. – К.: 1989
3. Бистрий О.М. Формування якості в технологічних процесах по ремонту дизельних двигунів. / О.М. Бистрий// Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». - Харків, 2014, вип. 2 – С. 48 - 52.
4. Новицький А.В., Банний О.О., Бистрий О.М. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки 2021 Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021, Vol. 12, No 4, p.

УДК 631.3

## ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН

**О. М. БИСТРИЙ**, старший викладач,  
**О. В. МАКАРЧУК**, студент магістратури  
*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України,*  
*E-mail: anbystry@ukr.net*

Діагностика - наукова дисципліна, що розкриває теорію, методи та засоби визначення технічного стану об'єкта без розбирання, або при мінімальному розбиранні [1].

Основним завданням технічної діагностики є підвищення надійності, ресурсу та ефективності експлуатації машин. Найважливішим показником надійності машин є відсутність відмов під час їх функціонування (безвідмовність), оскільки відмова може призвести до невиконання функціональних завдань та економічних втрат.

Теоретичною базою для вирішення основного завдання технічної діагностики стала загальна теорія розпізнання зразків. Різні алгоритми розпізнавання частково ґрунтуються на діагностичних моделях. При обґрунтуванні рішення використовуються методи теорії статистичних рішень. Використовуючи вказані методи, стає можливим, з високим ступенем ймовірності, прогнозувати ймовірність безвідмовної роботи об'єкта за час  $t$  - величина, що статистично характеризується відношенням числа об'єктів  $m$ , які безвідмовно працювали до напрацювання  $t$ , до об'єктів  $n$ , працездатних у початковий момент (при  $i > c$ ),  $p = m/n$  [1].

Залишковий ресурс - прогнозований термін безвідмовної роботи об'єкта до переходу до граничного стану, що обчислюється з моменту прогнозування [2].

Основними завданнями технічного діагностування є:

- моніторинг технічного стану для машин з метою встановлення - відповідності значень параметрів вимогам технічної документації;
- перевірка справності (готовності) машин або її складових частин з високою достовірністю;
- пошук дефектів із установленою глибиною пошуку;
- встановлення місця та причини відмови (несправності);
- збір вихідних даних для прогнозування залишкового ресурсу складових частин;
- призначення рекомендацій за результатами діагностування виду, обсягу, місця та строку ремонтно-обслуговуючих робіт;

Для кожної машини, що діагностується, встановлюються нормативні показники надійності при експлуатації.

Технічне діагностування дуже впливає на інтенсивність використання

техніки, що характеризується коефіцієнтом технічної готовності. Попередження відмов, їх оперативне усунення знижують простої машин з технічних причин, збільшують їх продуктивність і якість виконання операцій, що позитивно позначається на термінах виконання робіт, сприяє отриманню додаткового доходу виробниками продукції (рисунок 1).



Рисунок 1 - Роль технічної діагностики у підвищенні ефективності роботи сільськогосподарської техніки

Тому діагностування практично застосовується в тому чи іншому обсязі при всіх видах технічного обслуговування та ремонту техніки.

### Список використаних джерел

1. Надійність сільськогосподарської техніки : підручник / [М. І. Черновол, В. Ю. Черкун, В. В. Аулін та ін.] ; за ред. М. І.Черновола. – друге видання, перероблене і доповнене. – Кіровоград: КОД, 2010. – 320 с. : іл.
2. Методологія технічного діагностування сільськогосподарської техніки за граничним станом: монографія. В.В. Яременко, О.М. Черниш – К: Центр навчальної літератури, 2020. – 605 с.

## **Секція 2 «Прикладна механіка»**



УДК 629.114.2.073.286

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РУХУ АСИМЕТРИЧНОГО ПОСІВНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

**В. М. БУЛГАКОВ**, доктор технічних наук, академік НААН України,  
*Національний університет біоресурсів та природокористування України*  
**В. Т. НАДИКТО**, доктор технічних наук, член-кореспондент НААН України  
*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

Практично усі існуючі агрегати для посіву просапних культур (кукурудза, соняшник, соя та ін.) є симетричними. За їх вирівняного у поздовжньому напрямку положенні умовний центр опору технологічної частини (сівалки) знаходиться в площині, яка проходить через поздовжню вісь симетрії трактора. Використовувані при цьому енергетичні засоби обладнані такою ходовою системою, для якої виконуються наступні дві умови:

$$B_r - 2\Delta \geq B_k; \#(1)$$

$$k = \frac{B_t}{B_r} = \text{ціле парне}, \#(2)$$

де  $B_r$ ,  $\Delta$  – ширина міжряддя і ширина захисної зони рядка вирощуваної культури відповідно, м;  $B_k$  – ширина шини колеса/гусениці трактора, м;  $B_t$  – колія трактора, м.

У разі використання орно-просапного трактора серії ХТЗ-160 має місце варіант посівного агрегату, для якого умова (1) виконується, а умова (2) – ні. В результаті при парному числі висівних секцій сівалки число  $k$  дорівнює 3, тобто є непарним.

Із-за цієї причини отримано асиметричний агрегат, у якого сівалка зміщена у поперечному напрямку щодо осі симетрії трактора на половину ширини міжряддя, яке для соняшника, кукурудзи, ріпаци і інших просапних культур частіше за все дорівнює 70 см. На практиці таке зміщення сівалки виконано шляхом її навішування на трактор за допомогою спеціально сконструйованого перехідного пристрою.

Математичним моделюванням руху посівного агрегату у горизонтальній площині встановлено, що асиметричне приєднання сівалки до трактора не призводить до погіршення курсової стійкості посівного агрегату. Причому такий результат справедливий навіть при обладнанні просапної сівалки механічним маркером, який створює додатковий розвертальний момент.

Результати теоретичних досліджень підтверджено даними польових експериментів. З їхнього аналізу випливає, що асиметричне приєднання просапної сівалки до трактора не погіршує прямолінійність руху посівного агрегату. При заданих 70 см ширина стикових міжрядь висіяної культури

(соняшника) змінювалася в досить вузьких межах:  $68.0 \pm 0.4$  см, а коефіцієнт варіації цього показника не перевищував 5%.

УДК 539.3:539.42:624.012

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ АРМОВАНОЇ БЕТОННОЇ ПЛИТИ З ПОВЕРХНЕВОЮ ТРІЩИНОЮ

**А. Г. КУЦЕНКО**, кандидат фізико-математичних наук, доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: kutsenko@nubip.edu.ua

Незгасаючий інтерес до досліджень тріщиностійкості залізобетонних конструкцій (ЗБК) є актуальними практично стільки ж часу, як існують самі ЗБК. Це пояснюється безпосереднім відношенням цього питання до гарантування безпечної експлуатації житлових, громадських та промислових споруд, адже практично кожна сучасна споруда включає до свого складу залізобетонні елементи (наприклад, перекриття багатоповерхових споруд, стіни панельних будинків, фундаменти малоповерхових будівель і т.п. [1]). Нехтування норм та правил експлуатації таких об'єктів є неприпустимим і може призвести до важких наслідків.

У роботі розглянута бетонна прямокутна плита довжини  $L$ , ширини  $W$  та товщини  $h$ , армовану поздовжніми сталевими стрижнями з кроком  $2s$  по ширині плити (рис. 1). Осі арматурних стрижнів розташовані на відстані  $a$  від нижньої поверхні плити, а їхній діаметр рівний  $d$ . Будемо вважати, що в такій плиті в деякому її поперечному перерізі виникла крайова тріщина постійної глибини  $l$ , яка більша за глибину залягання арматури:  $l > a + d/2$ . Іншими словами, берег тріщини повністю охоплює арматурні стрижні в перерізі її розташування.

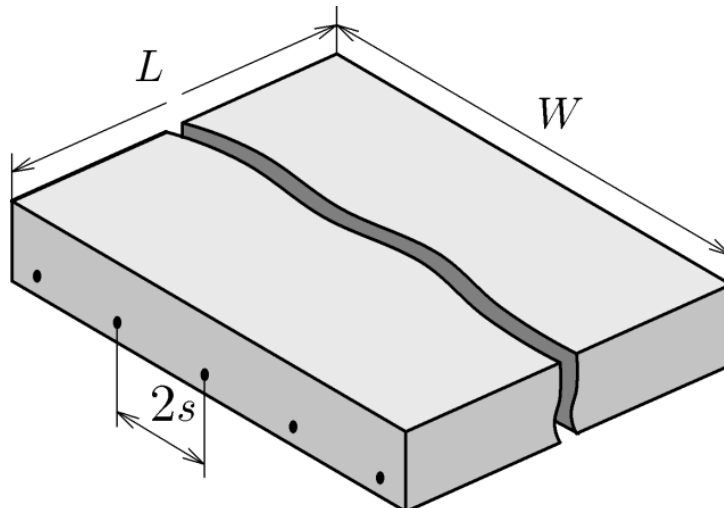


Рис. 1. Загальний вигляд ЗБП

У якості зовнішнього навантаження розглядались поздовжні напруження, прикладені до торців плити: постійні розтягуючі напруження та лінійно розподілені напруження максимальної інтенсивності, тим самим моделювались чистий розтяг та чистий згин плити.

Таким чином, задача полягала у визначенні коефіцієнта інтенсивності напружень (КІН) залежно від геометричних параметрів ЗБК. Вона була зведена до задачі лінійної теорії пружності, яка розв'язувалася за допомогою скінченно-елементного пакету CalculiX за змінних значень геометричних параметрів системи.

У якості метода розв'язку поставленої задачі було використаний метод скінченних елементів (МСЕ), реалізований в пакеті CalculiX. Даний пакет дозволяє визначати напружено – деформівний стан у твердих деформівних тілах різної реологічної природи під дією силових та температурних навантажень [2].

На рис. 2 показана частина скінченно-елементної моделі CalculiX в околі виходу арматурного стержня на берег тріщини при  $\bar{s} = 1$ ,  $\bar{l} = 0,3$ ,  $\bar{a} = 0,1$ ,  $\bar{d} = 0,1$ .

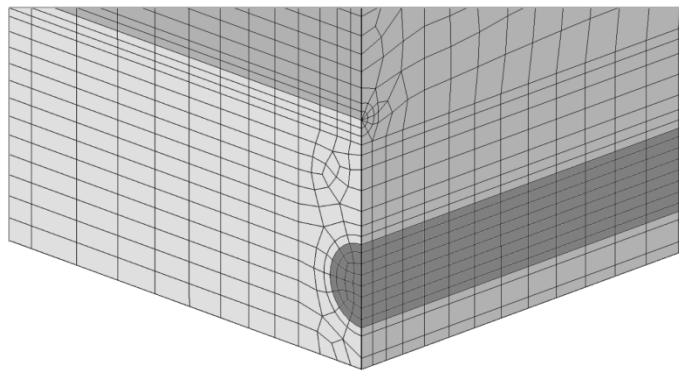


Рис. 2. Скінченно-елементна модель для  $\bar{s} = 1$ ,  $\bar{l} = 0,3$ , берег біля арматури

На основі отриманих чисельних результатів були встановлені загальні закономірності залежності коефіцієнтів інтенсивності напружень від геометричних параметрів ЗБК. Як виявилось для всіх значень геометричних параметрів КІН є періодичною та монотонною на півперіоді ширини плити функцією, приймаючи мінімальне значення навпроти арматурних стрижнів, та максимальне посередині між ними. Крім того, максимальна швидкість зростання КІН відповідає інтервалу, наближеного до його мінімуму. У випадку неглибоких тріщин вплив арматури носить локальний характер: мінімальне значення КІН слабо залежить від довжини періоду плити, а сам КІН швидко зростає до свого максимального значення.

### Список використаних джерел

1. Куліков П.М., Плоский В.О., Гетун Г.В. Конструкції будівель і споруд. Книга 1: підручник. Київ: Ліра-К, 2021. 816 с.
2. CalculiX: A free software three-dimensional structural finite element program. URL: <http://www.calculix.de> (дата звернення: 01.06.2022).

**УДК 631.3.022**

## **НАУКОВІ ПРОБЛЕМИ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ**

**І. В. ГОЛОВАЧ**, чл.-кор. НААН, д.т.н., проф.  
**Національний університет біоресурсів і природокористування України**  
*E-mail: golovach@nubip.edu.ua*

Незважаючи на визнані, загальновідомі проблеми землеробської механіки, які були сформульовані ще у минулому сторіччі, сучасні умови розвитку агроінженерної науки вимагають внесення у зазначену сукупність нових основних проблем, якими є наступні:

1. Математичне моделювання загальної екосистеми, яку необхідно розглядати як сукупність взаємопов'язаних факторів: зовнішнього середовища, людини, технології, машини, енергозабезпечення, наслідків діяльності тощо. Метою розв'язування даної проблеми є вибір кращого варіанта в разі наявності при цьому моделюванні декількох варіантів запропонованих рішень.

2. Розробка ефективних прогностичних моделей формування врожайності сільськогосподарських культур при випадковій взаємодії агроландшафтних, ґрунтово-кліматичних, агрономічних, технологічних, технічних та антропогенних факторів.

3. Розробка наукових основ з розрахунків за допомогою ІТ-технологій, спрямованих на реалізацію оптимальності системи у складі: параметри агросередовища – продуктивність машини – втрати продукції.

4. Розробка нових математичних моделей формування потоку рослинного матеріалу, що надходить у технологічну машину, з кількісною та якісною оцінкою його стану у будь-який момент часу.

5. Розробка наукових та конструкторських рішень, що дозволять підтримувати оптимальні режими роботи робочих органів та сільськогосподарських машин та машинних агрегатів при випадкових варіаціях параметрів її чинників.

6. Розробка наукових основ автоматичного керування робочою швидкістю переміщення польової технологічної машини для досягнення сталості заданої продуктивності при різних варіаціях зовнішніх параметрів агросередовища.

7. Розробка наукових основ та конструктивних рішень при застосуванні механізованих технологій, що базуються на мостовому та колійному землеробстві.

8. Розробка наукових основ застосування у сучасному високотехнологічному сільськогосподарському виробництві роботизованих систем.

Тільки при успішному вирішенні перелічених проблем, гарантованому їх застосуванні та впровадженні результатів є можливість більш глибокого та докорінного реформування агропромислового комплексу.

**УДК 539.38**

**ЕФЕКТИ ПРОЯВИ ДІЛЯНОК ТЕКУЧОСТІ У ЛИСТОВИХ  
АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВАХ З РІЗНИМ ВИХІДНИМ ФАЗОВИМ  
СКЛАДОМ ЗА РАХУНОК РЕАЛІЗАЦІЇ УДАРНО-КОЛИВАЛЬНОГО  
НАВАНТАЖЕННЯ**

**М. Г. ЧАУСОВ**, доктор технічних наук, професор,  
**А. П. ПИЛИПЕНКО**, кандидат технічних наук, доцент  
*Національний університет біоресурсів та природокористування України*  
E-mail: chausov@nubib.edu.ua, pylypenko@nubip.edu.ua

Проведено аналіз результатів експериментальних досліджень з впливу початкового фазового складу алюмінієвих сплавів D16ChATW і 2024-T351 і Т, який по своїм фізико-механічним характеристикам близький до сплаву 6013, з різним процентним вмістом елементів Cu, Mn і Mg, на ефекти появи площадок текучості сплавів за рахунок попереднього ударно-коливального навантаження різної інтенсивності при наступному статичному розтягу.

Виявлено суттєвий вплив початкового фазового складу сплавів, зокрема процентного вмісту елементу Cu, на ефекти прояви і довжину площадок текучості досліджуваних алюмінієвих сплавів.

Запропоновано фізичну модель цього фізичного явища, яка базується на аналогії з процесом надпластичної деформації. Однак, за надпластичної деформації основним механізмом є зернограничне проковзування, а в досліджуваному випадку – проковзування між блоками матеріалу за рахунок створення при імпульсних підвантаженнях рідиноподібних дисипативних аморфних структур (каналів гідродинамічній течії).

При математичному моделюванні деформаційного процесу в якості основної характеристики введено поняття ефективної зсувної в'язкості  $\mu$ , під час утворення дисипативної тонкосмугової рідиноподібної структури в сплавах. Побудовані експериментальні залежності параметра ефективної зсувної в'язкості  $\mu$  від інтенсивності імпульсного введення енергії в досліджувані сплави якісно і кількісно пояснюють різницю між довжинами площадок текучості різних сплавів.

Фізично обґрунтовано та пояснено вплив початкового фазового складу сплавів на ефекти прояви і довжину площадок текучості досліджуваних сплавів. Основною причиною помітного впливу початкового фазового складу сплавів на ефекти виникнення площадок текучості різної довжини при

реалізації ударно-коливального навантаження різної інтенсивності є суттєва відмінність в кількості наявної  $\theta$ -фази ( $Al_2 Cu$ ). Вона безпосередньо пов'язана з вихідною концентрацією міді в сплавах.

## **REVIEW OF DEVELOPMENT OF AN INSTRUMENTATION SYSTEM FOR MEASURING TRACTIVE PERFORMANCE OF TRACTOR**

**A. A. BABALOLA**, Agricultural and Biosystems Engineering Department,  
**Olabisi Onabanjo University Ibogun Campus, Ifo, Ogun State Nigeria**

**A.F. ADISA, A. A. ADERINLEWO**, Agricultural and Bioresources  
Engineering Department, **Federal University of Agriculture, Abeokuta**

**J. K. ADESODUN** Department of Soil Science,  
**Federal University of Agriculture, Abeokuta**

### **Introduction**

Tractors are major investment in farming, and the significant costs of tractors makes it worthwhile to do research before purchasing them (PAMI, 1996). The primary purpose of agricultural tractors, especially those in the middle to high power ranges, is to perform drawbar work, Zoz and Grisso (2003). Due to the rising demand for highly efficient machineries that directly influence agricultural productivity, it is essential that tractor testing be carried out (Abrahám *et al.*, 2015).

Test procedures and standards for agricultural tractors have been recognized in several developed countries for many years (Sim *et al.*, 2011). These standards are built on transparency, liberality, equity, unanimousness, effectiveness, and due process (OECD, 2014). Standardization offers significant advantages to manufacturers and farmers by guaranteeing that tractors produced or purchased meet all national and international safety and performance standards (Bertram and Liberatori, 1998). Results from these standardized tests may also be useful for comparing the performances of various tractor models, as well as to help farmers obtain unbiased performance and safety information before making a purchase decision (Sim *et al.*, 2011). Tests are done by instrumented systems developed specifically for the purpose of measuring the performance of the tractor. These systems could be onboard (on the tractors) or remote (as seen in precision agriculture).

### **Instrumented Systems in Agriculture.**

An instrumented system consists of primary and secondary transducers, sensors, signal conditioning systems, and data acquisition systems respectively.

A lot of attempts have been made to gain substantive information on the performance indices of the tractor in field operations. Rasool *et al.*, (2017) developed an instrumentation system for the evaluation of tractive performance of walking tractors. Manuwa *et al.*, (2011) developed an outdoor soil bin facility for soil tillage dynamics research using load cells and load cell amplifiers for the measurement of



soil/tool interaction forces and moments. Many systems have been developed to measure the performance of tractors in field operations. Younis et al., 2010 developed a local instrumented system for the measurement of tractor performance. The system comprised of hydraulic pull dynamometer for the measurement of drawbar force and strain gauge dynamometer. Raheman and Jha (2007) developed a microcontroller-based slip sensor for a 2WD tractor for measuring slip values during field use of the tractor.

Alimardani, (1987) Developed a computer-based instrumentation system for measuring tractor field performance using Micro logger, Analog Printer digital tape recorder and programming module as instrumentation system for measuring tractive performance. Other efforts include the use of mechanical sensors, strip charts, oscillographs and manual recording of data (Cullum *et al.*, 1989), use of computer-based systems to monitor tractor performance (Carnegie *et.al.* 1983., Harter and Kaufman, 1979., Lin , 1980., Wendte and Rozeboom, 1981) and similarly using microcomputer and microelectronics-based system utilizing onboard computer and signal conditioning hardware respectively (Tompkins and Wilhelm, 1982).

Despite the wide availability of these innovations, little work has been done to develop a robust on-field evaluation of agricultural tractors using instrumented systems for tractor performance especially in Nigeria. The progress made in the development tractive performance measurement systems in Nigeria has not measured favourably and not compared to the other developing countries of the world countries hence, it is needed that an instrumented system be developed to measure tractive parameters.

### **Developments in Instrumentation of Tractive Performance**

Most of the already instrumented alternatives are very expensive, complex and hard to set up without specialized technical knowledge. This has limited the availability and affordability of tractive performance instrumented technology to many developing nations in their quest to standardize local agricultural machinery industries and agricultural mechanization respectively. Furthermore, some of the instrumented systems come at a cost to the environment and adversely affect the soil-machine productivity.

### **Arduino Modules as a Data Acquisition Platform**

Arduino is an open-source prototyping platform that is based on easy-to-use hardware and corresponding software (Tutorialpoint, 2019). It consists of a programmable circuit board, (also known as a microcontroller) and a corresponding development environment called Arduino IDE (Integrated Development Environment), which is used to write and upload the computer code to the physical board (Tutorialpoint, 2019). With a dynamic ability to acquire data from various analog and digital sources at low power, the Arduino platform represents an important opportunity for tractive performance instrumentation to become widely available to many developing nations and therefore enabling them to build robust systems to be built for measuring the draft, travel speed, tillage depth, ride comfort, noise and vibration levels respectively.

A schematic figure of a proposed force measuring system is shown in the figure below:

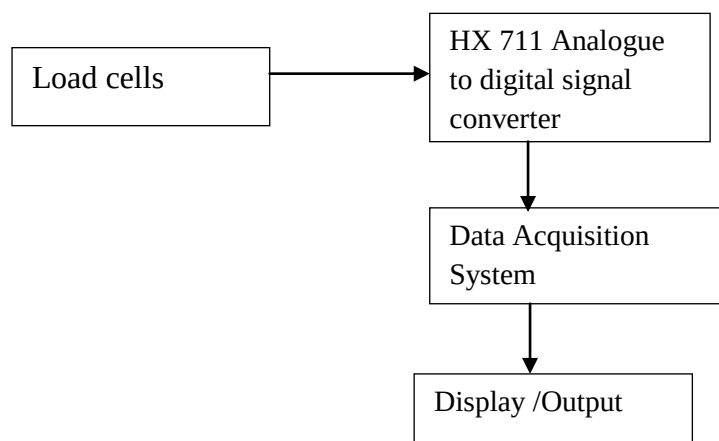


Figure 1: A proposed force measuring schematic for the three-point hitch dynamometer in an existing study.

### **Conclusion**

This article reviews existing body of knowledge and different attempts at developing instrumented systems for measuring tractive performance of agricultural tractors. The existing methods are highly specialized, expensive and way beyond the technical reach of many developing nations. It was also highlighted that Arduino platforms be used as alternative platforms for data acquisition while reliable low cost and durable sensors and signal conditioning systems be adopted for use by nations, farmers and industries seeking to gain the edge in the sustainable development of agricultural machinery for field operations in their localities.

### **References**

Abrahám, R. Majdan, R. and Drlička, R. 2015. Possibilities of improving the wheel tractor drive force transmission to soil. Research in Agricultural Engineering Vol. 61, 2015, Special Issue: S37–S42

Alimardani 1987. A computer based instrumentation system for measuring tractor field performance. A Dissertation Submitted to the Graduate Faculty in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Of Doctor Of Philosophy. Available online at <https://www.proquest.com/openview/fec9741ab28633366007ee0c866c2000/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>

Carnegie, E.J., Grinnell, R.R. and Richardson, N.A., 1983. Personal computer for measuring tractor performance. Microfiche collection

Cullum, .R.F. Graham, W.D. Gaultney L.D.. Tillage energy requirements in interior Alaska. Soil Tillage Res., 13 (1989), pp. 317-327.  
Harter, D.D. and Kaufman, K.R., 1979. Microprocessor based data acquisition system for tractor tillage measurements. Paper-American Society of Agricultural Engineers (USA). no. 79-5026

Lin, T.W., 1980. microprocessor based data acquisition system to measure performance of a small four-wheel drive tractor

Manuwa, S.I., Ademosun, O.C., Agbetoye, L.A.S. and Adesina, A., 2011. Aspects of the development of outdoor soil bin facility (at FUTA) for soil Tillage Dynamics Research. *Journal of Agricultural Engineering and Technology (JAET)*, 19(1), pp.1-8.

PAMI 1996. Standardized Tractor Performance Testing What It Is—and Isn't. Research Update 727. July 1996. ISSN 1188-4770, Group (12a). Available online at [https://pami.ca/pdfs/reports\\_research\\_updates/\(12a\)%20Tractors/727.PDF](https://pami.ca/pdfs/reports_research_updates/(12a)%20Tractors/727.PDF)

Raheman, H. and Jha, S.K., 2007. Wheel slip measurement in 2WD tractor. *Journal of terramechanics*, 44(1), pp.89-94.

Rasool, S., Raheman, H. and Upadhyay, G., 2017. Development of an instrumentation system for evaluating the tractive performance of walking tractors. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(10), pp.759-770.

Tompkins, F.D. and Wilhelm, L.R., 1982. Microcomputer-based, tractor data acquisition system. *Transactions of the ASAE*, 25(6), pp.1540-1543.

Tutorialpoint 2019. Arduino Tutorial. Available online at <https://www.tutorialspoint.com/arduino/index.htm>. Accessed on the 15<sup>th</sup> February 2023.

Wendte, R.W. and Rozeboom, H., 1981. Data acquisition for tillage energy evaluation. Paper-American Society of Agricultural Engineers (Microfiche collection) (USA). no. fiche no. 81-1045

Zoz F.M and Grisso R.D 2003. Traction and Tractor Performance. ASASE Distinguished Lecture Series. ASAE Publication Number 913C0403. Available online at [https://www.researchgate.net/publication/237106038\\_Traction\\_and\\_Tractor\\_Performance](https://www.researchgate.net/publication/237106038_Traction_and_Tractor_Performance) last visited 12th February 2022.

УДК 658.562.2:635.11:633.63

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАЛЬНОГО РУХУ ОЧИСНИКА ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛІДНИХ КУЛЬТУР ВІД ЗАЛИШКІВ ГИЧКИ НА КОРЕНІ

**М. І. БУДЗАНІВСЬКИЙ**, аспірант

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва  
Національної академії аграрних наук України*

Збирання гички коренеплідних культур на корені, передбачає суцільне її видалення на корені на заданій висоті зрізу гичкозбиральною машиною і подальше очищення головок від залишків за допомогою очисника.

Нами розроблений очисник головок коренеплідних культур від залишків гички на корені вдосконаленої конструкції, який навішується позаду на агрегатуючий трактор. За результатами проведених польових випробувань було

встановлено, що якість очищення головок від залишків залежить від коливального руху очисника, пневматичні копіювальні колеса якого рухаються по нерівностях поверхні ґрунту.

Дослідження впливу конструктивних параметрів очисника головок коренеплідних культур від залишків гички на корені було здійснене на основі аналізу математичної моделі, яка описує його плоскопаралельний рух у поздовжньо-вертикальній площині за умови дії зовнішнього збурення у вигляді коливань ординат поздовжнього профілю поля.

Для вказаного математичного моделювання була розроблена еквівалентна схема, що представлена на рис.

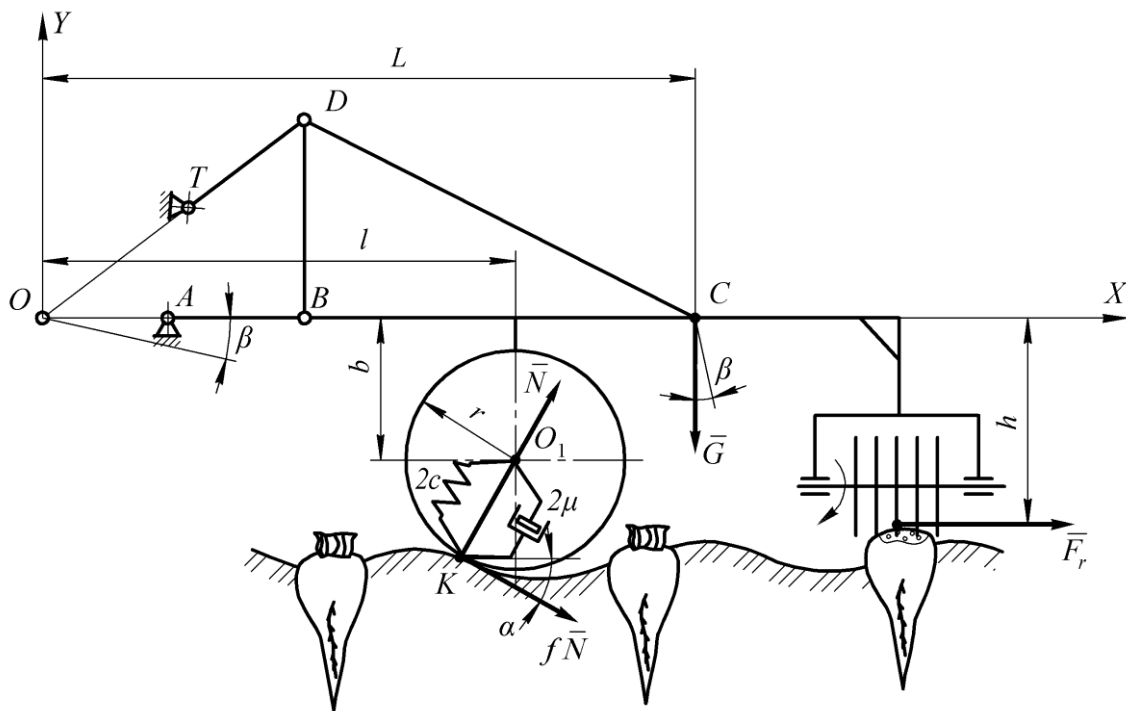


Рис. Еквівалентна схема руху очисника головок коренеплідних культур від залишків гички на корені по нерівностях поверхні ґрунту

Використовуючи вихідні рівняння у формі Лагранжа 2-го роду:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\beta}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \beta} = Q_{\beta} - \frac{\partial P}{\partial \beta} - \frac{\partial R}{\partial \dot{\beta}}, \quad (1)$$

було складене диференціальне рівняння, яке описує коливання рами очисника у поздовжньо-вертикальній площині:

$$a_2 \cdot \ddot{\beta} + a_1 \cdot \dot{\beta} + a_0 \cdot \beta = b_1 \cdot \dot{y} + b_0 \cdot y + C, \quad (2)$$

де  $\beta$  – узагальнена координата, тобто кут на який відхиляється рама очисника при коливаннях.

Для числового рішення диференціального рівняння (2) було використано метод операційного числення, заснований на перетворенні Лапласа. Для цього здійснено перехід від оригіналів функції до їхніх відображень шляхом введення оператора, який має такий вигляд:

$$s = \frac{d}{dt}. \quad (3)$$

Використання цього дозволило перейти від диференціального рівняння (2) до алгебраїчного рівняння, яке буде мати такий вигляд:

$$(a_2 \cdot s^2 + a_1 \cdot s + a_0) \cdot \beta(s) = (b_1 \cdot s + b_0) \cdot y(s) + C \cdot 1(s). \quad (4)$$

Числові розрахунки отриманого рівняння (4) коливального руху задньоначіпного очисника головок коренеплідних культур від залишків гички на корені проводили на комп'ютері із застосуванням програмного середовища РТС Mathcad 15 і сформованих для цього вихідних числових даних.

Шляхом математичного моделювання з'ясовано вплив коливань нерівностей поздовжнього профіля поля на кутові коливання очисника головок коренеплідних культур у поздовжньо-вертикальній площині проєкцій за різних значень коефіцієнтів жорсткості та демпфірування його опорно-копіювальних коліс, а також поздовжньої координати їх розміщення на рамі очисника.

Результати проведеного дослідження дали можливість визначити, що значення коефіцієнта  $c$  жорсткості шин (7.50R16) опорно-копіювальних коліс очисника коренеплідних культур від залишків гички на корені має знаходитися на рівні  $315 \text{ кН} \cdot \text{м}^{-1}$ , що забезпечується шляхом устанавлення тиску повітря у вказаних пневматичних шинах на рівні  $135 \text{ кПа}$ .

Встановлено, що зміна значення коефіцієнта  $\mu$  демпфірування шин опорно-копіювальних коліс очисника головок коренеплідних культур у діапазоні  $350 \dots 1350 \text{ Н} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^{-1}$  практично не впливає на амплітудні і фазові частотні характеристики його кутових коливань за умови дії коливань ординат поздовжнього профіля поля у визначальному діапазоні частот  $0 \dots 24 \text{ с}^{-1}$  і мало залежить від зміни значення поздовжньої координати розміщення його опорно-копіювальних коліс.

З урахуванням характеру функціонування очисника головок коренеплідних культур під впливом коливань ординат поздовжнього профілю поля у визначальному діапазоні частот  $0 \dots 24 \text{ с}^{-1}$  місце фактичного розміщення його опорно-копіювальних коліс має визначатися з урахуванням особливостей конструкції машини.

Результати проведеного дослідження дали можливість стверджувати, що характер функціонування динамічної системи у вигляді очисника головок коренеплідних культур від залишків гички на корені мало залежить від зміни поздовжньої координати установки його опорно-копіювальних коліс. Місце фактичного їх розміщення у конкретних конструкціях очисників має визначатися з урахуванням її конструктивних особливостей (рядності, габаритів, координат центру маси тощо).

UDC 697.92; 533.6; 636.5.033.

## USING CFD SIMULATION IN POULTRY HOUSE WITH SIDE VENTILATION SYSTEM

V. I. TROKHANIAK, Associate professor of department  
of Heat and Power Engineering,  
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*  
E-mail: trohaniak.v@gmail.com

**Abstract.** Exposure and the outbreak of diseases result in significant losses in large scale poultry operation. New ventilation systems are necessary to provide safe and homogenous internal environment at large enterprises, especially under the changeable climatic conditions of global warming. Within the framework of this investigation, computational fluid dynamics (CFD) simulation of a side ventilation system in a poultry house during winter seasons has been conducted. As a results, 3D temperature fields, current lines and pressures in a poultry house have been found. It has been determined that fresh air valves arranged at a height of 200 mm from flooring work better than those traditionally arranged at a height of 400 mm. The erection of walls on the inside of a poultry house framework as well as the decrease in the height of flooring improve poultry house aerodynamics.

**Key words:** CFD, aerodynamics, poultry house, side ventilation system, fresh air valves

The authours of the paper [1] suggested a new cooling system to be applied in a poultry house with the use of heat-exchangers of a special design [2, 3] CFD simulation of air flows and heat-and-mass exchange in a poultry building is presented. Here, water from subterranean wells is used as a cooler. There are recommendations provided for choosing the design of ventilation systems in poultry houses. In their follow-up studies [4] the authours optimize the height of extractor-type fan arrangement. It is shown that it is to the point to arrange ventilation equipment at a height of 1.5 m. Here, the area of dead-air zones and the inequality of air velocity distribution close to poultry decreases.

Aimed at the decrease of energy cost and the increase of quality indices of air environment when providing the necessary conditions for poultry management [5], the authors conducted experimental research and numerical simulation. In the process of investigation, the decrease of energy expenditures for establishing microclimate during broiler management has been obtained. The quality of air environment in poultry houses has been increased. It makes it possible to decrease the disposal of feeding stuffs and the loss of poultry stock and, as a results, increase the economic efficiency of production and product quality.

The ventilation scheme was constructed in such a way that air flow reached the center of the building in winter season in order to normalize the aerodynamic parameters of a poultry house. Such a method made it possible to reduce the loss of



fresh air pressure in the poultry building. Thus, the following structural alterations were made: the width of the building was increased from 21 m, which was typical in a traditional design, to 22.36 m in a new design (see fig. 1).

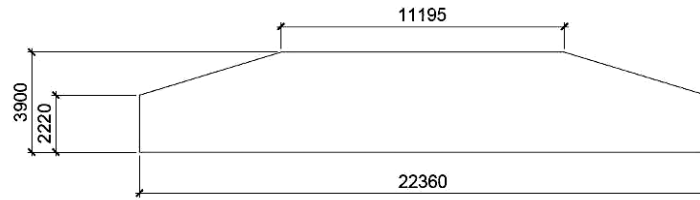


Fig. 1. Suggested cross sectional diagram of poultry house structural dimensions

Numerical simulation was conducted at valve opening being 0.1 m, 0.066 m and 0.049 m, respectively. Ventilation valves Wlotpowietrza 857x337 mm 3000-VFG Przepustowocs 2900  $\text{v}^3/\text{h}$  were applied. They were arranged on the side walls being 79 pcs in total.

The results of CFD 3D simulation of a poultry house has made it possible to compare three modifications of valve opening in case of side poultry house ventilation system. Prior to conducting numerical simulation, 3D mesh has been generated applying the finite-element method in ANSYS Meshing.

Fig. 2 present air flow hydrodynamics in a poultry house. As it has been already mentioned, air flow is directed upwards by fresh air valves. However, due to low entry pressures and velocities, after passing the third of the building the air falls down. The valves are arranged at a height of 200 mm from the flooring (Fig, 2a). The air smoothly moves close to the flooring area and is directed to the center of the building. The valves, that are arranged at a height of 400 mm from flooring cannot provide the same impact. This can be caused by perturbation due to large building airspace. The average entry velocity at various air expenditures ranges from 6.39 m/s to 9.62 m/s.

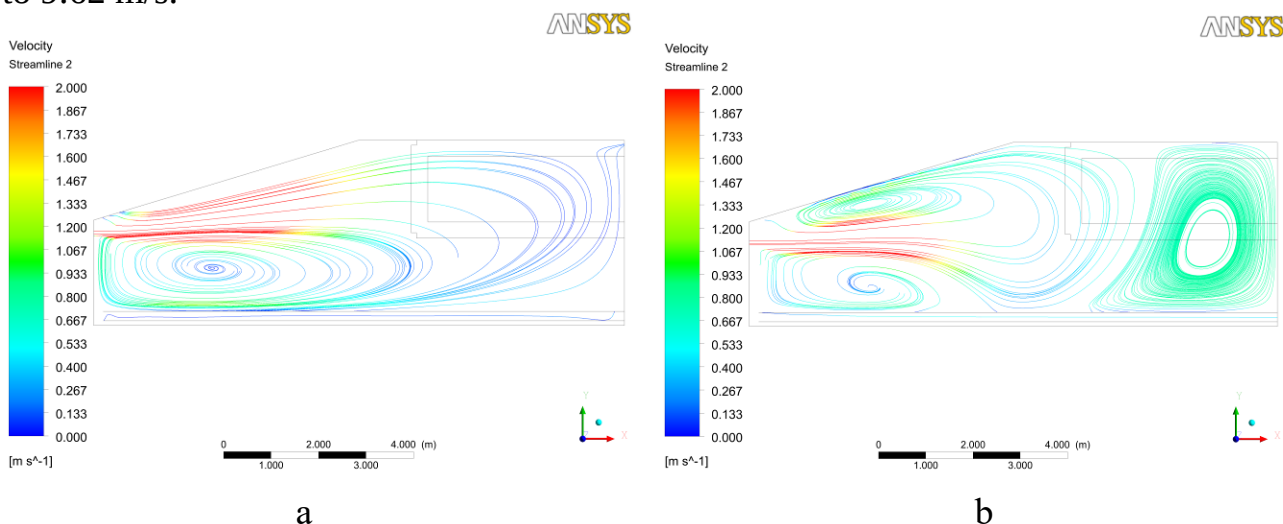


Fig. 2. Stream lines (m/s) in a poultry house at valve opening being 0.049 m at a distance from the front end wall of: a – 10.3 m; b – 52.3 m

Fig. 3 present pressure loss values in fresh air valves. The least pressure loss is

shown to be 24.3 Pa at valve opening being 0.1 m and the greatest one – 55.68 Pa at 0.049 m, respectively.

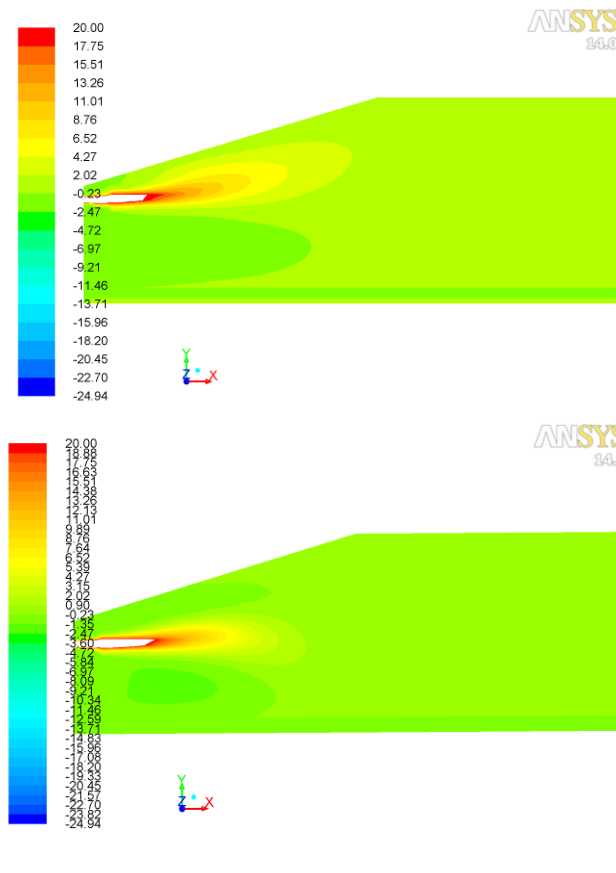


Fig. 3. Pressure loss (Pa) in a fresh air valve of a poultry building at valve opening being 0.049 m at a distance from the front end wall of: a – 10.3 m; b – 52.3 m

**Conclusions.** The design of a poultry house has been improved. It has been suggested arranging spoilers above fresh air valves at an angle of 75° from a vertical line; mounting outside walls on the inside of a concrete framework; increasing the width of a poultry house up to 22.36 m; decreasing the height of flooring up to 3.9 m above the floor level.

Effective arrangement of fresh air valves and the improvement of aerodynamic characteristics in a poultry house building have been investigated applying CFD. It has been determined that the least pressure loss is 24.3 Pa at valve opening being 0.1 m and the greatest loss is 55.68 Pa at 0.049 m, respectively.

The conducted research shows that the valves, which are arranged at a height of 200 mm from flooring are much more effective. The valves, which are arranged at a height of 400 mm from flooring cannot provide the same impact.

## REFERENCES

1. Gorobets V.G., Trokhaniak V.I., Antypov I.O., Bohdan Yu.O., (2018), The numerical simulation of heat and mass transfer processes in tunneling air ventilation system in poultry houses, *INMATEH: Agricultural Engineering*, vol.55, no.2, pp.87-96.

2. Gorobets V., Bohdan Y., Trokhaniak V., Antypov I., Masiuk M., (2019), Summarizing of Nusselt numbers and Euler numbers in depending of Reynolds number for the compact tube bundle of small diameter tubes by experimental and numerical methods of researches. *E3S Web of Conferences*, vol. 128, p. 04003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912804002>.

3. Gorobets V.G., Bohdan Yu.O., Trokhaniak V.I., Antypov I.O., (2018), Experimental studies and numerical modelling of heat and mass transfer process in shell-and-tube heat exchangers with compact arrangements of tube bundles, *MATEC Web of Conferences*, vol. 240, p. 02006. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201824002006>.

4. Gorobets V.G., Trokhaniak V.I., Rogovskii I.L., Titova L.L., Lendiel T.I., Dudnyk A.O., Masiuk M.Y., (2018), The numerical simulation of hydrodynamics and mass transfer processes for ventilating system effective location. *INMATEH: Agricultural Engineering*, vol. 56, no 3, pp. 185-192.

5. Trokhaniak V.I., Rutylo M.I., Rogovskii I.L., Titova L.L., Luzan O.R., Bannyi O.O., (2019), Experimental studies and numerical simulation of speed modes of air environment in a poultry house. *INMATEH Agricultural Engineering*, vol. 59, no 3, pp. 9-18. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-59-01>.

## УДК 631

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ МІЖ ГВИНТОВИМИ СЕКЦІЯМИ ТРАНСПОРТЕРА

**О. М. ТРОХАНЯК**, кандидат технічних наук, доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Шнекові транспортери знайшли широке застосування при переміщенні різних сипких матеріалів, переважно сільськогосподарського виробництва, до яких відносяться: зернові, гранульовані насіннєві матеріали, дерть, полова, висівки, комбікорми, пластівці, гранули мінеральних добрив та ін.

Для підвищення надійності функціонування гнучкого гвинтового конвеєра пропонується його робочий орган виконувати з окремих гвинтових секцій, які шарнірно з'єднані між собою.

Методика проведення експериментальних досліджень наступна. За базу був прийнятий перевантажувальний патрубок, опис будови та принцип роботи якого наведено в роботі [1]. В якості сипкого матеріалу було вибрано зерно із домішками гранул пластмасового матеріалу різного кольору. Безпосередньо під вивантажувальним патрубком був розташований лоток, на який вивантажували матеріал і за допомогою кінозйомки встановлювали дальність польоту сипкого матеріалу фіксуючи траєкторію різнокольорових гранул. Кут вильоту матеріалу

фіксували при значеннях  $\lambda = 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ . Згідно теоретичних досліджень [2] при куті  $\lambda = 270^\circ$  довжина  $L$  польоту матеріалу є мінімальною, а тому для забезпечення неперервного руху матеріалу між сусідніми гвинтовими секціями необхідно враховувати найбільш несприятливий варіант. Частоту обертання робочого органу  $n$  та кут його нахилу до горизонту  $\varphi$ , згідно з результатами теоретичних досліджень вибрали при таких значеннях  $n = 450, 600, 750 \text{ rev/min}$ ;  $\varphi = 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ .

Також був поставлений багатфакторний експеримент. Факторне поле мало наступний діапазон зміни параметрів:  $450 \leq n \leq 750 \text{ rev/min}$ ;  $0 \leq \lambda \leq 270 \text{ deg}$ ;  $10 \leq \varphi \leq 30 \text{ deg}$ .

На основі статистичної обробки рівняння регресії для встановлення зміни  $L$  має вигляд

$$L = -0,06384 + 0,304 \cdot 10^{-3} \cdot n + 0,1783 \cdot 10^{-2} \cdot \varphi - 0,1853 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda + 0,715 \cdot 10^{-7} \cdot n^2 - 0,377 \cdot 10^{-5} \cdot n \cdot \varphi - 0,86 \cdot 10^{-7} \cdot n \cdot \lambda - 0,455 \cdot 10^{-4} \cdot \varphi^2 + 0,194 \cdot 10^{-5} \cdot \varphi \cdot \lambda - 0,48 \cdot 10^{-7} \cdot \lambda^2. \quad (1)$$

При встановленні впливу двох факторів на величину  $L$  третій приймається незмінним із його середнім значенням. Середні значення факторів такі:  $n = 600 \text{ rev/min}$ ;  $\lambda \leq 270 \text{ deg}$ ;  $10 \leq \varphi \leq 30 \text{ deg}$ .

Поверхні відгуку дальності польоту частинок зернового матеріалу  $L$  наведено на рис. 1.

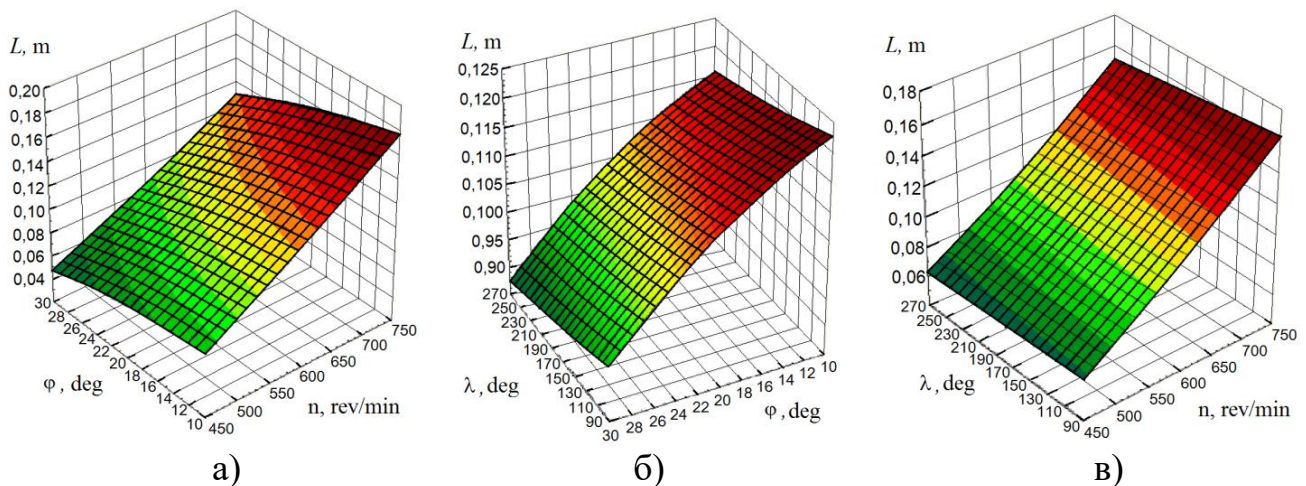


Fig. 4 – Поверхні відгуку дальності польоту матеріалу  $L$ :  
а -  $L = f(\varphi; n)$ ; б -  $L = f(\lambda; \varphi)$ ; в -  $L = f(\lambda; n)$

На основі проведеного аналізу рівняння регресії та поверхонь відгуку встановлено, що максимальний вплив на величину  $L$  має частота обертання робочого органу  $n$ . Так, при середніх значеннях  $\lambda$  і  $\varphi$  зростання  $n$  від 450 до 750  $\text{rev/min}$  призводить до збільшення величини  $L$  на 0.092 м. Наступним за інтенсивністю впливу на величину  $L$  є кут нахилу осі секції шнека до горизонту  $\varphi$ . Його збільшення від  $10^\circ$  до  $30^\circ$  при середніх значеннях  $\lambda$  і  $n$  спричиняє

зниження величини  $L$  на 0.028 m. Мінімальний вплив на величину  $L$  має кут  $\lambda$ , зростання якого від  $90^\circ$  до  $270^\circ$  при середніх значеннях  $\varphi$  і  $n$  призводить до зниження величини  $L$  на 0.009 m.

#### Список використаних джерел

1. Hevko R.B., Klendii M.B., Klendii O.M. (2016), Investigation of a transfer branch of a flexible screw conveyor, *INMATEH: Agricultural Engineering*, vol. 48, no.1, pp. 29-34, ISSN 2068 – 2239, Bucharest / Romania;
2. Hevko R.B., Yazlyuk B.O., Liubin M.V., Tokarchuk O.A., Klendii O.M., Pankiv V.R., (2017), Feasibility study of mixture transportation and stirring process in continuous-flow conveyors, *INMATEH: Agricultural Engineering*, vol.51, no.1, pp.49-59, ISSN 2068 – 2239, Bucharest / Romania;

УДК 621.9.048

### РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВІБРАЦІЙНОЇ СУШАРКИ ДЛЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

**О. М. ЧЕРНИШ**, к.т.н., доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: chernysh@nubip.edu.ua

**Мета дослідження.** Обґрунтувати використання вібраційної сушарки для сипких матеріалів з точки зору її мінімальної енергомісткості шляхом застосування в її конструкції подвійного маятникового механізму вільного ходу.

**Результати досліджень.** Проблема вибору методів і засобів сушіння різноманітних матеріалів мають місце у більшості сучасних технологічних процесів. При цьому разом із задачами прискорення процесу сушіння та підвищення його якісних показників існує також актуальна задача зменшення енергозатрат на його здійснення. Таку задачу можна розв'язати шляхом розробки і створення енергоощадного обладнання і технологій вібраційного типу.

Доцільність та ефективність застосування вібраційних сушарок полягає в тому, що енергетичні затрати процесу сушіння суттєво зменшуються, особливо при використанні вібраційного поля в поєднанні із механічною дією.

Конструкція вібраційної сушарки (рис. 1) містить сушильну камеру 1 U-подібної форми з перфорованим днищем 26, яка встановлена на пружинах 2 і оснащена механічним віброприводом 3 та газорозподільною решіткою у вигляді пустотілого циліндра 4 із перфорованою боковою поверхнею, який розміщений по осі сушильної камери 1 і на якому розміщені чотири лопаті-перемішувачі 10-13 із еластичними скребками або щітками з ворсу 14-17.



При цьому перша і друга лопаті-перемішувачі 10, 11 зі скребками або щітками 14, 15 встановлені з можливістю рухомого контакту з поверхнею перфорованого днища 26 сушильної камери 1, а третя та четверта лопаті-перемішувачі 12, 13 зі скребками або щітками 16, 17 встановлені з можливістю рухомого контакту з перфорованою поверхнею пустотілого циліндра 4, який встановлений на опорах 18, 19 і з однієї сторони з'єднаний з системою подачі-відбору сушильного агента 20. Крім того, лопаті-перемішувачі 10-13 з еластичними скребками або щітками 14-17 нерухомо з'єднані з корпусами 6, 7 підшипників 8, 9, які з'єднані з втулкою 21, на якій розміщено механізм вільного ходу 22 з маятниками 23 і 24, які знаходяться зовні сушильної камери 1, які через пружини 25 з'єднуються між собою та камерою 1.

До нижньої частини сушильної камери встановлено всередині дифузор 27, який через пружне еластичне з'єднання 28 сполучений з системою подачі-відбору сушильного агента 20.

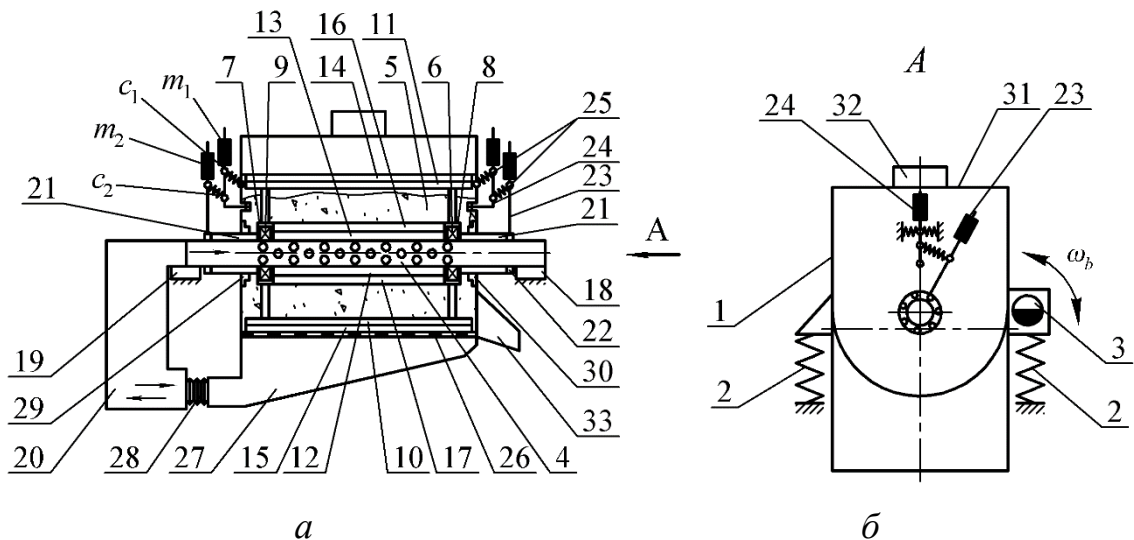


Рис.1

Сушильна камера 1, що ущільнена пружними вставками 29, 30, у верхній кришці 31 має завантажувальну горловину 32, а на рівні днища розташований розвантажувальний лоток 33.

Вібраційна сушарка працює наступним чином. Від вібратора 3, що обертається із кутовою швидкістю  $\omega$ , колові коливання передаються у вертикальній площині U-подібній камері 1, в торцях якої встановлені підпружинені маятники 24.

Гармонійні коливання, що генеруються приводом, кінематично збурюють крутильні коливання маятників 24. Власні частоти коливань маятників із вантажами вибираються приблизно однаковими із частою коливань камери. Але частота маятників не повинна бути однаковою для створення їх протифазних коливань. Через пружини, які з'єднують маятники, крутильні коливання передаються від маятників 24 до маятників 23. Останні через механізми вільного ходу приводять в обертний рух втулки 21, що виконані у



вигляді внутрішніх обойм механізмів вільного ходу, які в свою чергу нерухомо з'єднані з корпусами 6, 7 підшипників 8, 9, які нерухомо з'єднані з лопатями-перемішувачами.

Крутильні коливання 23 перетворюються в обертовий рух лопатей-перемішувачів. Завдяки пружним вставкам 29 між втулкою та камерою високочастотні коливання камери на пустотілий циліндр не передаються.

Варіюючи величинами мас вантажів  $m_1$  і  $m_2$  та жорсткостями  $c_1$  і  $c_2$ , здійснюється регулювання величин крутного моменту і кутової швидкості обертання лопатей-перемішувачів, які забезпечують очистку перфорованих поверхонь сушильної камери 1, пустотілого циліндра 4 і перемішують сипкий матеріал 5.

**Висновки.** Наведена конструкція вібраційної сушарки дозволяє приводити в обертання її лопаті-перемішувачі без використання додаткового приводного механізму, що зменшує енергетичні витрати на виконання технологічної дії та додатково інтенсифікує процес сушіння сипких матеріалів.

УДК 631.332.81

## ДО ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ УДАРУ ПІД ЧАС ПОДІЛУ КОРЕНЕВИЩ МІСКАНТУСУ НА ЧАСТИНИ ТА РИЗОМИ

**В. Г. ПРИСЯЖНИЙ** *к. т. н., старш. наук. співроб.*

**І. К. КАСПРОВИЧ**, *наук. співроб.*

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН*

*E-mail: victor-pris@ukr.net, vkasprovichr412@gmail.com*

Під час досліджень процесу поділу кореневищ міскантусу на частини та ризоми важливим є визначення сили удару- $F_{уд}$ , яка забезпечує руйнування зв'язків коріння кореневища з ґрунтом.

Визначення величини сили удару кореневищ міскантусу по пальцях надбарабання проводилося експериментально – методом тензометрування.

Для реєстрації вимірюваних параметрів було розроблено та змонтовано електричну систему рис 1.

Вимірювальна система складається з тензорезистивних датчиків 1 з'єднаних за мостовою схемою[1,2], і живиться постійним струмом стабільною напругою 5V від джерела 2. Під час поділу кореневищ міскантуса на частини та ризоми діють змінні навантаження на нерухомі пальці надбарабання, які обладнані чутливими тензоелементами датчиків, опір яких змінюється і фіксується аналого-цифровим перетворювачем 3. Інформація передається в ПЕОМ 4. завдяки відповідному програмному забезпеченню LGraph2. На ПЕОМ відбувається збір, візуалізація, реєстрація і експорт аналогових сигналів поданих на вхід аналогово-цифрового перетворювача[3].

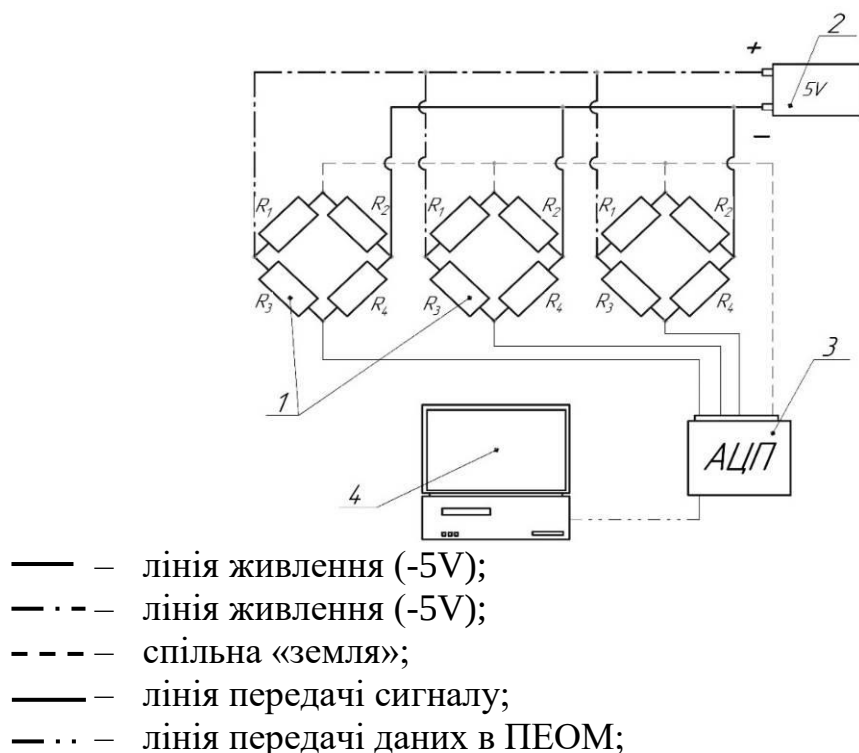


Рис. 1. Електрична схема для визначення сили удару кореневищ міскантусу по пальцях надбарабання

Перед проведенням досліджень проводять тарування тензодатчиків вимірювальної системи, навантажуючи по чергово кожен з трьох пальців надбарабання (рис. 2), певним заданим зусиллям і вимірюванням напруги.

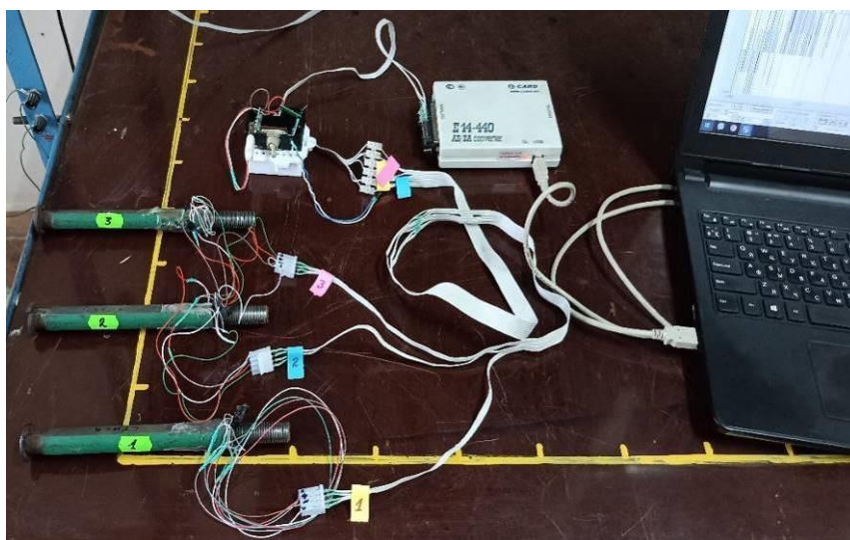


Рис. 2. Вигляд електричного вимірювального обладнання для визначення сили удару кореневищ міскантусу по пальцях надбарабання

За даними тарування отримали графік залежності напруги від прикладеного навантаження, який буде використано для визначення сили удару кореневищ міскантусу по пальцях надбарабання.

**Висновки.** Розроблено структурну схему та виготовлено систему

вимірювання величини ударного навантаження на пальці надбарабання адаптера під час поділу кореневищ міскантуса на частини та ризоми, для визначення сили удару кореневищ по пальцях надбарабання під час поділу їх на частини та ризоми.

### Список використаних джерел

1. Высоцкий А. А. Динамометрирование сельскохозяйственных машин. Издание третье, переработанное и дополненное. *Машиностроение. Москва, 1968.*-С.286.
2. Рузга З. Электрические тензометры сопротивления. – М.: 1964. - С. 357.
3. LGraph2. Руководство пользователя Москва, Ноябрь 2012.-С. 98.

УДК: 631.361.22

## ОБГРУНТУВАННЯ МАСИ ОБРІЗНИКА ЗАЛИШКІВ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ

**В. А. БОЙКО**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,  
Тернопіль, Україна*

*E-mail: boykovolodymyr24@gmail.com*

Подальша інтенсифікація сучасного розвитку сільськогосподарського виробництва можлива на основі механізації всіх виробничих процесів шляхом забезпечення розробки та впровадження сучасних високоефективних технологій збирання продукції сільськогосподарських культур, у тому числі і коренеплодів [1].

У технологічному процесі виробництва коренеплодів, однією з найбільш трудомістких операцій є збирання гички. Сучасні напрямки розвитку однофазних самохідних бункерних коренезбиральних машин передбачають блочно-модульний принцип їх побудови.

Першим етапом однофазної технології збирання коренеплодів кормових буряків є збирання гички двостадійним способом – зрізування основного масиву гички роторним гичкорізом з наступним зрізуванням залишків гички з головок коренеплодів обрізником типу «пасивний копір-пасивний ніж» [2].

Розробку та вдосконалення конструктивно-компонувальних схем гичкозбиральних машин (модулів) та обґрунтування параметрів їх робочих органів необхідно проводити з урахуванням агробіологічних характеристик кормових буряків і специфічних властивостей процесу копіювання та зрізування головки кормових буряків, що є особливо важливим і актуальним у плані забезпечення необхідних показників якості роботи згідно з агротехнічними вимогами [3].

Відомий обрізник залишків гички з головок коренеплодів, конструктивну схему якого наведено на рис. 1.

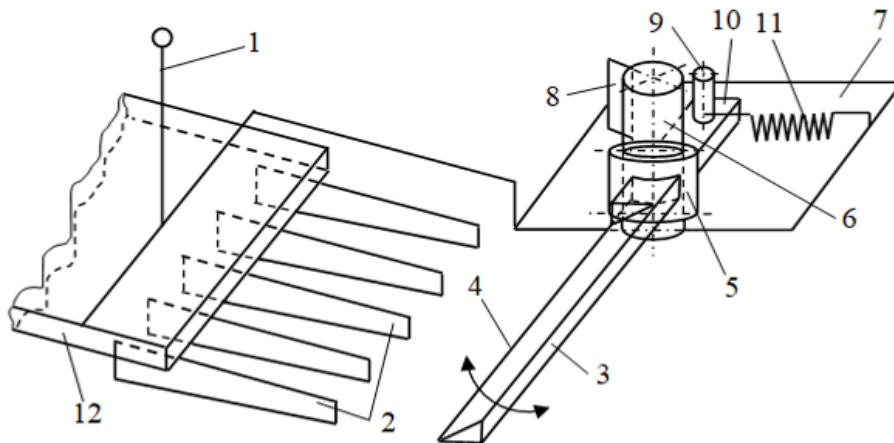


Рис. 1. Конструктивна схема обрізника залишків гички з головок коренеплодів

Для більш ефективного усунення вивалювання та пошкодження коренеплодів в процесі динамічного контакту копіра 2 (рис. 1) з коренеплодом нами запропоновано удосконалену конструкцію обрізника головок коренеплодів, застосування якого дозволяє значно підвищити показники якості зрізування залишків гички та загальні показники процесу збирання кормових буряків. Для зменшення динамічного навантаження на тіло коренеплоду було удосконалено конструкцію стояка 1, який зв'язаний з паралелограмним механізмом (на рис. 1 не показано), копіром 2 та ножом 3.

Удосконалену конструкцію стояка наведено на рис. 2.

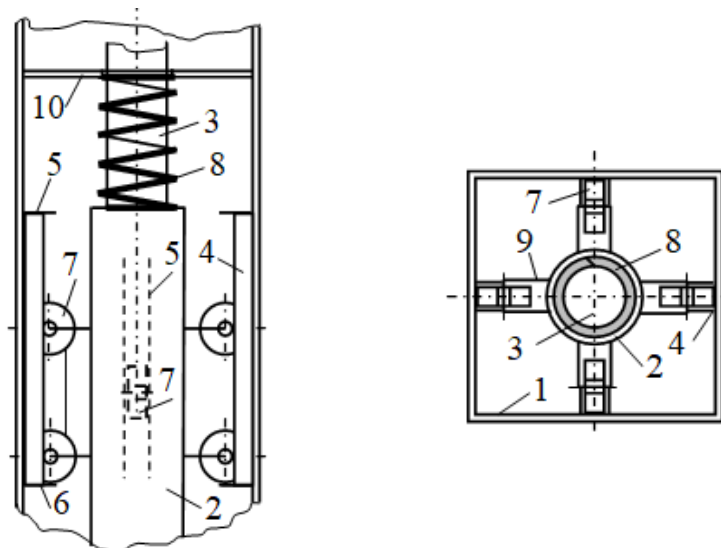


Рис. 2. Узагальнена схема удосконаленого стояка обрізника залишків гички з головок коренеплодів: 1 – стояк; 2 – тяга рухома; 3 – палець; 4 – боковина обмежувальна; 5, 6 – обмежувач ходу, відповідно, верхній і нижній; 7 – ролик; 8 – пружина стиснення; 9 – кронштейн ролика

У процесі роботи частина динамічного навантаження, яке виникає в результаті контактної взаємодії копіра 2 (рис. 1) з головкою коренеплоду передається через рухому тягу 2 (рис. 2) та компенсується (витрачається) на стиснення пружини 8, що зменшує складові (горизонтальну та нормальну дотичну) сили тиску на коренеплід.

За результатами теоретичних досліджень і умови формалізації процесу, що характер руху копіра є прямолінійним рівномірним було отримано залежності для визначення допустимої маси рухомих частин обрізника головок коренеплодів із умови не вивалювання коренеплодів з ґрунтового середовища та не пошкодження коренеплодів, які не перевищують встановлену межу згідно агротехнічних вимог до коренезбиральних машин, відповідно:

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_{pi} \leq \frac{1}{g} \left\{ \frac{[P_{c.max}]}{NV_M \sin \varphi_k} - c \Delta x \sin \beta - \sum_{i=1}^{n_k} p_{0i} l r_n \sqrt{4f^2 + 0,25\pi^2} \cos \beta \right\}; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_{\sigma i} \leq \frac{1}{g} \left\{ \frac{[\sigma_{n.max}]}{S_k NV_M} - c \Delta x \sin \beta - \sum_{i=1}^{n_k} p_{0i} l r_n \sqrt{4f^2 + 0,25\pi^2} \cos \beta \right\}. \quad (2)$$

При початкових умовах  $N = 5$  шт.,  $\varphi_k = \pi / 3$  (град),  $c = Gd_n^4 / 8D_n^3 z = 70$  кг/м,  $\Delta x = 0,1$  м,  $\beta = \pi / 4$  град згідно з формулами (1), (2) побудовано графічні залежності зміни допустимої маси рухомих частин обрізника для умови не вивалювання та не пошкодження коренеплодів як функції  $\sum_{i=1}^{n_k} m_i = f_m(V_M)$  та

$\sum_{i=1}^{n_k} m_i = f_m(\varphi_k)$ , які наведено на рис. 3.

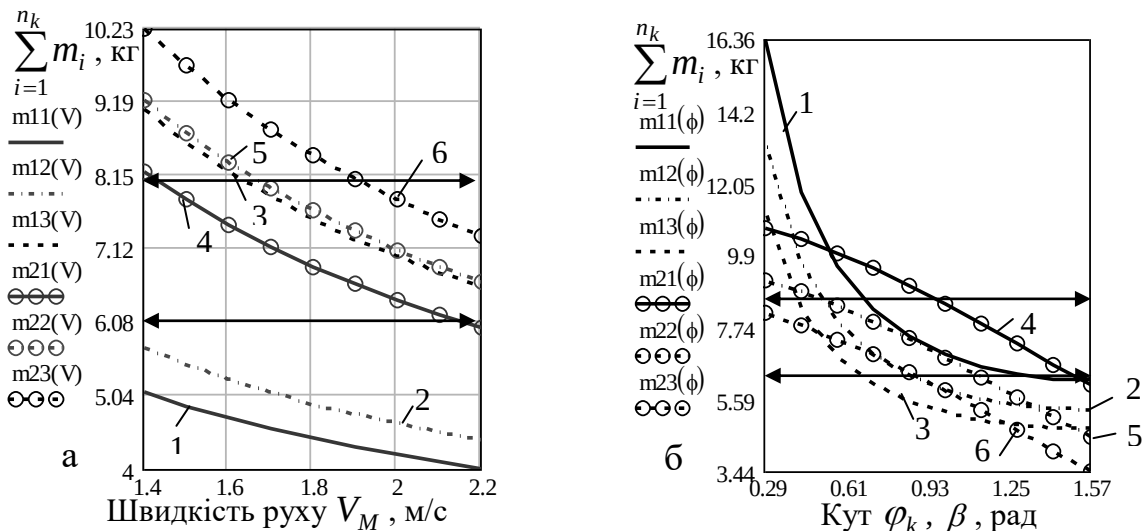


Рис. 3. Залежність допустимої маси рухомих частин обрізника для умови не вивалювання та не пошкодження коренеплодів: а – від швидкості руху  $V_M$ : 1, 2, 3 – відповідно,  $[P_{c.max}] = 140, 170, 300$  (Н); 4, 5, 6 – відповідно  $[P_{n.max}] = 300, 350, 400$  (Н); б – 1, 2, 3 – від кута  $\varphi_k$ , відповідно,  $[P_{c.max}] = 140, 170, 300$  (Н); 4, 5, 6 – від кута  $\beta$ , відповідно  $[P_{n.max}] = 300, 350, 400$  (Н)

На основі аналізу рис. 3 можна констатувати, що за допустимої



горизонтальної і нормальної сили, відповідно,  $[P_{c,max}] = 220 \text{ Н}$  і  $[P_{n,max}] = 350 \text{ Н}$  параметри робочих органів обрізника залишків гички з головок коренеплодів повинні бути: швидкість руху модуля повинна знаходитися в межах  $1,6 \leq V_M \leq 1,9 \text{ (м/с)}$ ; кут встановлення копіра відносно горизонтальної площини повинен бути у межах  $20 \leq \varphi_k \leq 35 \text{ (град)}$ ; кут встановлення пружини між тягами паралелограмної підвіски відносно горизонтальної площини повинен бути у межах  $45 \leq \beta \leq 60 \text{ (град)}$ .

### Список використаних джерел

- 1 Herasymchuk H.A. et al. (2018). Analytical research results of the combined root digger. INMATEH – Agricultural Engineering, 54, (1/2018): 63 – 73.
2. Baranovsky V.M. et al. (2014). Basics of development of adapted transport-technological systems of root harvesting machines : monograph. Ternopil Ivan Puluj National Technical University: 351.
3. Baranovsky V. et al. (2020). Research of a contact impact of a root crop with a screw auger. Research in Agricultural Engineering, 66 (1): 33–42.

УДК 631.356.22

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДРІБНЕННЯ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ РОТОРНИМ ГИЧКОРІЗОМ

О. Г. КУХАР

*Dresden University of Technology, Dresden, German*

*E-mail: kukhar.oleksiy@gmail.com*

На сучасному етапі гичкозрізувальні пристрої зрізують основний масив гички коренеплодів переважно за принципом «на корені», які виконують різання гички без копіювання головок коренеплодів [1].

Основне зрізування гички при цьому способі здійснюється ножами 4, 5 (рис. 1) роторного гичкоріза, які закріплені шарнірно на приводному барабані 3, при цьому ножі 4, 5 виконують різання гички без підпору, тобто без протиризальних елементів чи зустрічного руху ножів.

Це зумовлено, в першу чергу, фізико-механічними властивостями гички та технологією її збирання – використання гички на корм або у якості органічних добрив шляхом її розкидання на зібране поле.

За результатами теоретичного аналізу рис. 1 було отримано залежності, які характеризують розмірні значення початкових частин подрібнених стебел гички коренеплодів різальною кромкою ножа під час обертання барабана роторного гичкоріза залежно від його конструктивно-кінематичних параметрів



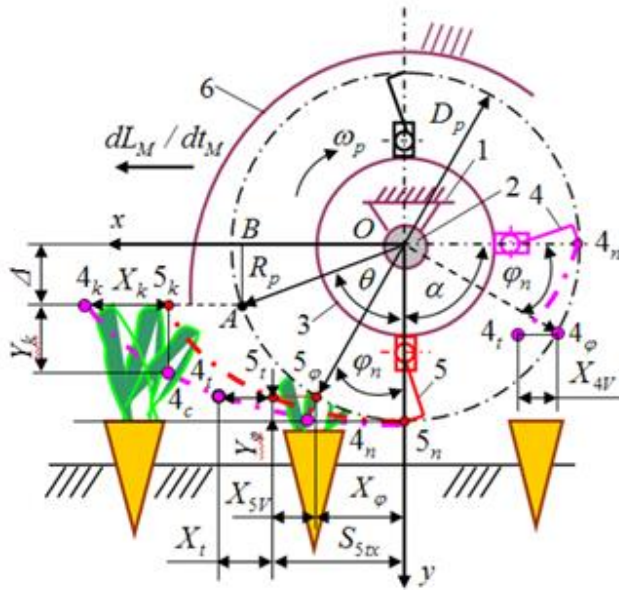


Рис. 1. Схема до визначення розмірних частин подрібненої гички:

1 – рама; 2 – опора; 3 – барабан ротора; 4, 5 – ножі; 6 – кожух

і швидкості руху гичкозбирального модуля:

$$\left\{ \begin{aligned} X_k &= \frac{g_M}{\omega_p} \left( \alpha - \operatorname{arctg} \frac{\Delta}{\sqrt{(0,5d_p + \Delta_r + l_n)^2 - (\Delta)^2}} \right) + \\ &+ [d_p + 2(\Delta_r + l_n)] \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cos \left[ \left( \operatorname{arctg} \frac{\Delta}{\sqrt{(0,5d_p + \Delta_r + l_n)^2 - (\Delta)^2}} \right) - \frac{\alpha}{2} \right]; \\ Y_k &= (0,5d_p + \Delta_r + l_n) \cos(\omega_p t_c - \alpha) - \Delta; \\ t_c &= \frac{1}{g_M} \left[ \sqrt{(0,5d_p + \Delta_r + l_n)^2 + (\Delta)^2} - \right. \\ &\left. - (0,5d_p + \Delta_r + l_n) \sin(\omega_p t_c - \alpha) \right] + \\ &+ \frac{1}{\omega_p} \operatorname{arctg} \frac{\Delta}{\sqrt{(0,5d_p + \Delta_r + l_n)^2 - (\Delta)^2}} \end{aligned} \right. , \quad (1)$$

де  $\omega_p$  – кутова швидкість ножа, рад/с;  $\alpha$  – центральний кут між розташованими найближчими (суміжними) ножами, які рухаються по одній траєкторії за напрямком повороту ротора гичкоріза, рад;  $d_p$  – діаметр барабана ротора гичкоріза, м;  $\Delta$  – відстань від зовнішньої поверхні барабана до центра шарніра кріплення ножа, м;  $l_n$  – довжина ножа, м.

Для встановлення диференційного закону розподілу випадкових величин розмірних значень подрібнення гички провели експериментальні дослідження, реалізацію яких здійснювали з використанням експериментальної польової установки.

Загальний вигляд агрегату ГМ+МТЗ-82 наведено на рис. 2.

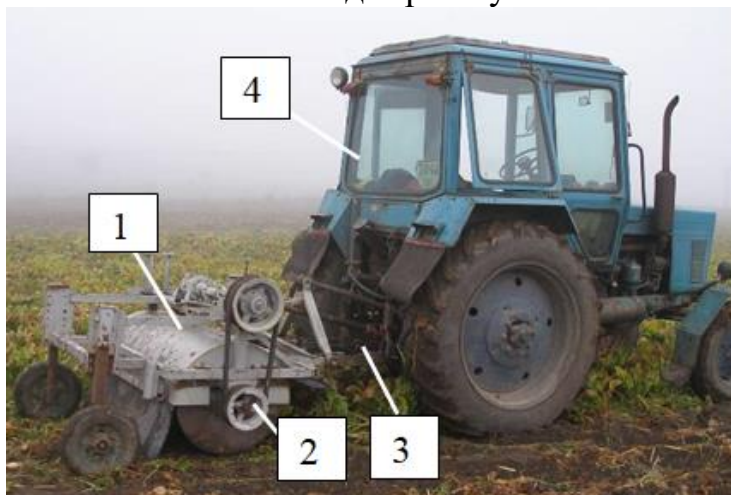


Рис. 2. Загальний вигляд агрегату для зрізування гички «ГМ+МТЗ-82»:  
1 – ГМ; 2 – роторний гичкоріз;  
3 – начіпна система трактора;  
4 – трактор МТЗ-82

У результаті обробки генеральної вибірки проведених експериментальних досліджень (кількість вимірів кожного значення розмірних частин подрібнених стебел гички  $X_k^{(e)}$  і  $Y_k^{(e)}$ , або об'єм вибірки –  $N \geq 100$ ) встановлено, що диференційний закон щільності розподілу  $X_k^{(e)}$  і  $Y_k^{(e)}$  близький до нормального (рис. 3, крива 1), а безпосередньо диференційний закон ймовірності щільності

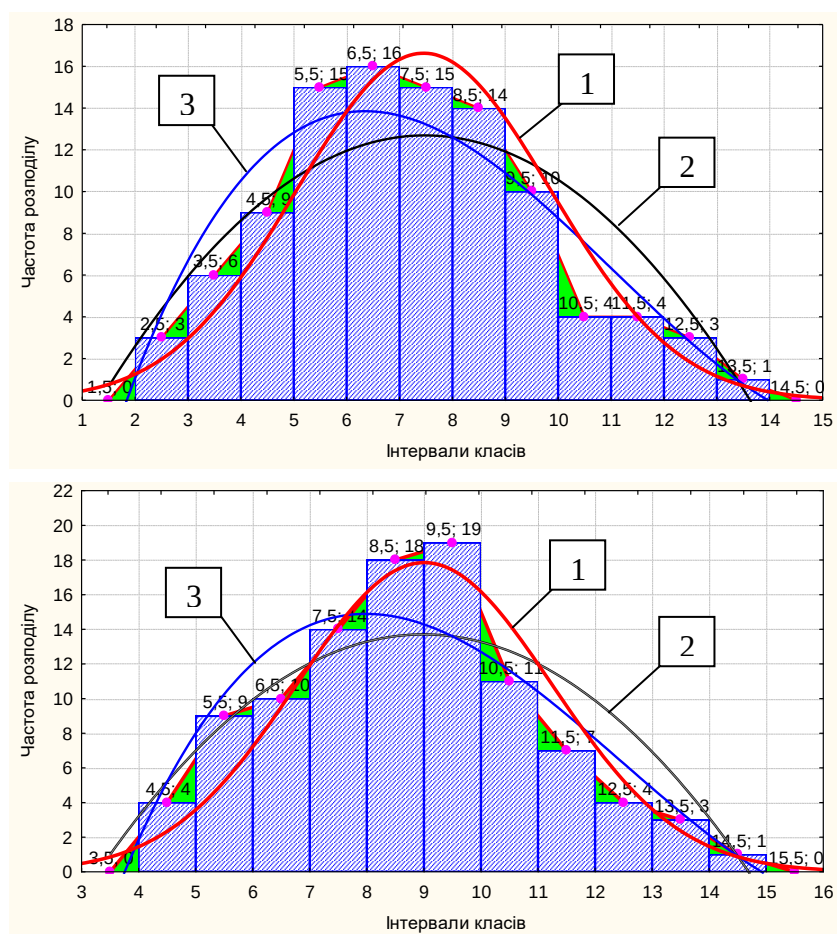


Рис. 3. Гістограма та полігон щільності розподілу: а –  $X_k^{(e)}$ ; б –  $Y_k^{(e)}$ :  
1 – нормальний закон розподілу; 2 – квадратичний закон розподілу;  
3 – кубічний закон розподілу

розподілу у загальному випадку має вигляд [3]:

$$f(x) = f\left(X_k^{(e)}\right) = \frac{1}{7,5\sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2}\left(\frac{x-2,4}{7,5}\right)^2}; \quad f(y) = f\left(Y_k^{(e)}\right) = \frac{1}{9,0\sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2}\left(\frac{y-2,3}{9,0}\right)^2}, \quad (2)$$

де  $\sigma$  – середнє квадратичне відхилення;  $\mu$  – математичне сподівання.

### Список використаних джерел

1. Baranovsky V., Pankiv M., Dubchak N. (2017). Experimental research of stripping the leaves from root crops. *Acta Technologica Agriculturae* 20, 3: 69–73.
2. Baranovsky V.M., Potapenko M.V. (2017). Theoretical analysis of the technological feed of lifted root crops. *INMATEH: Agricultural Engineering* 51, 1/2017: 29–38.

УДК 631.356

## ПОРІВНЯННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ФРОНТАЛЬНОЇ ГИЧКОЗИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

Є. І. ІГНАТЬЄВ, к.т.н.,

І. І. ЧИБІЧИК, студент механіко-технологічного факультету  
*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

E-mail: yevhen.ihnatiev@tsatu.edu.ua

Проведеними агрономічними дослідженнями було встановлено, що гички цукрового буряка може використовуватися як корм у тваринництві, у зеленому виді або у вигляді силосу, оскільки має достатні поживні властивості. Крім того, гичка цукрового буряка тепер широко використовується як сировина при виробництві біогазу, а також як добриво для ґрунту відразу після її зрізання й здрібнювання.

Метою роботи є дослідження експлуатаційних показників фронтально навішеної на колісний агрегуючий трактор роторної гичкозбиральної машини при її коливаннях у повздовжньо-вертикальній площині.

Агротехнічні показники ділянки поля, на якому проведені експериментальні дослідження, були такими: вологість ґрунту 22,5%; твердість ґрунту 2,0 МПа; урожайність коренеплодів 53,3 т·га<sup>-1</sup>; врожайність гички 13,3 т·га<sup>-1</sup>; форма гички на головках коренеплодів по характеру розміщення листів: розетка 21,1%, напіврозетка 50,8%, конус 28,1%.

Для проведення експериментальних досліджень по визначенню експлуатаційних характеристик нової гичкозбиральної машини були розроблені часткові методики [1], а також використовувалися загальні методики проведення польових випробувань сільськогосподарських машин [2].

Зафіксовані під час експериментальних досліджень експлуатаційні характеристики розробленої нами гичкозбиральної машини були зібрані й оброблені на ПК. Для статистичної обробки експериментальних даних використовувався пакет «Аналіз даних» Microsoft Excel [1, 2]. Регресійний аналіз, проведений з його допомогою, використовувався при визначенні залежностей для досліджуваних параметрів за допомогою методу найменших квадратів, по якому коефіцієнти рівнянь регресії підбираються за умови, що суми квадратів відхилень знайдених значень від дійсних значень мінімальні:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - y_{i\text{roz}})^2 = \min. \quad (1)$$

Апроксимацію й згладжування отриманих графіків залежностей проводимо з використанням лінії тренда поліноміального виду в Excel при вірогідності апроксимації  $R^2 \approx 1$  [9]:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n}}, \quad (2)$$

де  $y_i$  – експериментальне значення;  $\tilde{y}_i$  – математичне очікування.

Чим більше цей показник, тим краще описує отримана лінія тренда досліджуваний процес, більш детально даний алгоритм описано в [1, 2]. Як результат необхідно отримати емпіричні залежності показників від параметрів гичкозбиральної машини для адекватного опису їхнього впливу.

Польові експериментальні дослідження гичкозбиральної машини були проведені при її агрегуванні із просапним колісним трактором МТЗ-82.1, обладнаним переднім валом відбору потужності (рис. 1).

Оскільки при розв'язку задачі оптимальні значення встановити однозначно не вдалося, то було проведено додаткову серію експериментів при висоті зрізу 0,02 м і частоті обертання ротора 1000 об·хв<sup>-1</sup> та зі зміною значення швидкості руху машини від 0,5 до 3,0 м·с<sup>-1</sup> з кроком 0,5 м·с<sup>-1</sup>. Згідно аналізу отриманих результатів встановлено, що раціональними значеннями швидкості руху гичкозбиральної машини будуть 1,5...2,0 м·с<sup>-1</sup>.

Таблиця 1. Експлуатаційні показники розробленої експериментальної гичкозбиральної машини й серійної

| Показник                                               | Експериментальна машина | Базова машина БМ-6А |
|--------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Продуктивність, га·год <sup>-1</sup>                   | 2,15                    | 1,63                |
| Питома витрата палива, кг·га <sup>-1</sup>             | 3,02                    | 5,58                |
| Питомі інвестиційні вкладення, грн·га <sup>-1</sup>    | 291,33                  | 338,31              |
| Приведені експлуатаційні витрати, грн·га <sup>-1</sup> | 441,18                  | 596,70              |

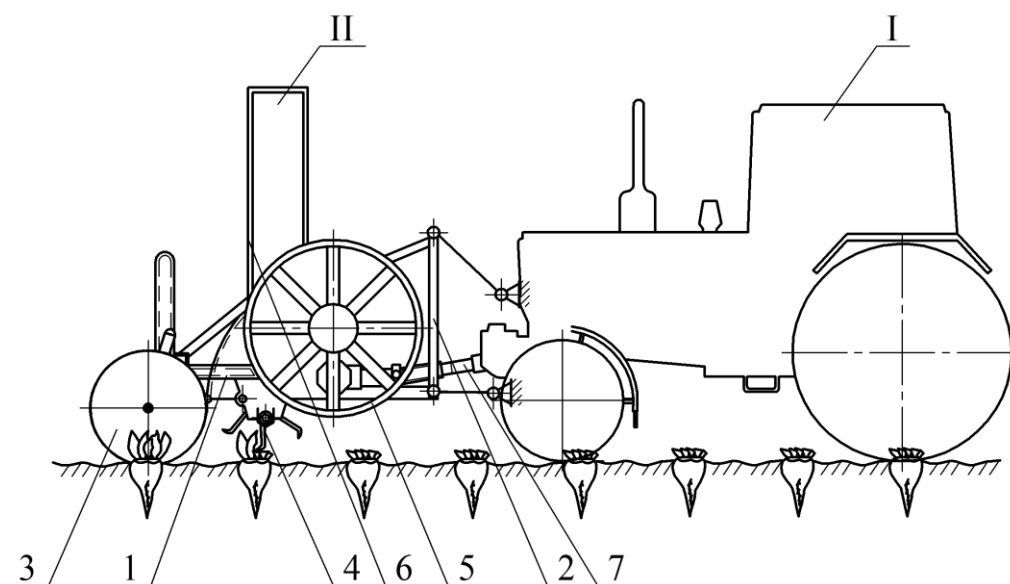


Рис. 1. Схема гичкозбирального агрегату: 1 – рама; 2 – начіпний пристрій; 3 – опорне колесо; 4 – роторний ріжучий пристрій; 5 – транспортуючий робочий орган; 6 – завантажуючий пристрій; 7 – привід

Питома потужність за результатами польових експериментальних досліджень, що потрібна на виконання всього технологічного процесу збирання гички гичкозбиральною машиною, становить із урахуванням ККД приводу, близько 14,48 кВт при швидкості поступального руху гичкозбирального агрегату  $1,2 \dots 2,2 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

За рахунок менших енергетичних витрат на виконання технологічного процесу збирання гички при рівній робочій ширині захвату порівнюваних агрегатів (табл. 1) спостерігається зменшення витрати палива на  $2,5 \text{ кг} \cdot \text{га}^{-1}$ , внаслідок чого приведені експлуатаційні витрати зменшуються на  $156,6 \text{ грн} \cdot \text{га}^{-1}$ .

**Висновки.** За результатами проведених польових експериментальних досліджень отримані експлуатаційні показники роботи гичкозбиральної машини. Так, продуктивність, при агрегуванні з колісним трактором класу 1.4, дорівнює  $2,15 \text{ га} \cdot \text{год}^{-1}$ ; питома витрата палива –  $3,02 \text{ кг} \cdot \text{га}^{-1}$ ; питомі інвестиційні вкладення –  $291,33 \text{ грн} \cdot \text{га}^{-1}$ ; приведені експлуатаційні витрати –  $441,18 \text{ грн} \cdot \text{га}^{-1}$ .

#### Список використаних джерел

1. Bulgakov V., Adamchuk V., Ivanovs S., Ihnatiev Y. Theoretical investigation of aggregation of top removal machine frontally mounted on wheeled tractor. Engineering for rural development. – Jelgava, 2017. – Vol. 16. – p.p. 273–280.
2. Bulgakov V., Adamchuk V., Nozdrovický L., Ihnatiev Ye. Theory of Vibrations of Sugar Beet Leaf Harvester Front-Mounted on Universal Tractor. – Acta Technologica Agriculturae. – 2017, Volume 20: Issue 4, Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae. – pp. 96-103.

### **Секція 3 «Надійність технологічних систем у рослинництві»**



УДК 631.004.02

## **BASIC CONCEPTUAL PROVISIONS OF PRODUCTION MANAGEMENT OF AGROENGINEERING**

**I. L. ROGOVSKII**, Doctor of Technical Sciences, Professor  
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine*  
E-mail: rogovskii@nubip.edu.ua

Production management of agricultural engineering it is an integral part of operational management of the production of pharmaceutical products and its quality; material and technical stocks and maintenance [1].

The purpose of production management is to ensure the economic efficiency of achieving the goals of the enterprise and ensuring the satisfaction of the demand for pharmaceutical products while minimizing the total amount of costs [2].

The production of agricultural engineering technical services can be multi-batch (agroholdings) and small-batch (at small enterprises) [3]. Production planning of technical service services of agricultural engineering involves a decision on how to operate the system of production activity taking into account changes in the aggregate demand for goods, the market situation, the dynamics of volumes of imported or exported products [4].

For each period covered by the plan, two variables must be defined:

1) volume of technical service services of agricultural engineering production in the current period;

2) the number of employees involved in the current period of production management of technical service services of agricultural engineering products.

There are three types of strategies for planning the total volume of production:

1) the strategy of a constant volume of production with a constant number of workers or a constant volume of output is allowed regardless of fluctuations in demand;

2) the strategy of variable volume of production with a constant workforce or the volume of output changes depending on demand;

3) the strategy of variable volume of production with variable numbers of the workforce or hiring and firing workers in accordance with changes in the volume of production.

Management of the quality of technical service services of agricultural engineering as a set of properties that provide the ability to satisfy consumers in accordance with their purpose and the requirements of current legislation is regulated [5]. Management of stocks of manufactured technical service services of agricultural engineering products is divided into management of stocks with dependent demand and with independent demand. The type of inventory management system is determined by the type of demand for a certain technical service service of agricultural engineering products. The process of operational management involves

comparing the results of the system's operation with the accepted standards and taking corrective measures when the process deviates from these standards.

The production management system contains the following main elements: management process or parameter; feedback; estimated standards of process productivity (comparison); adjustment factor; human planning system (Fig. 1).

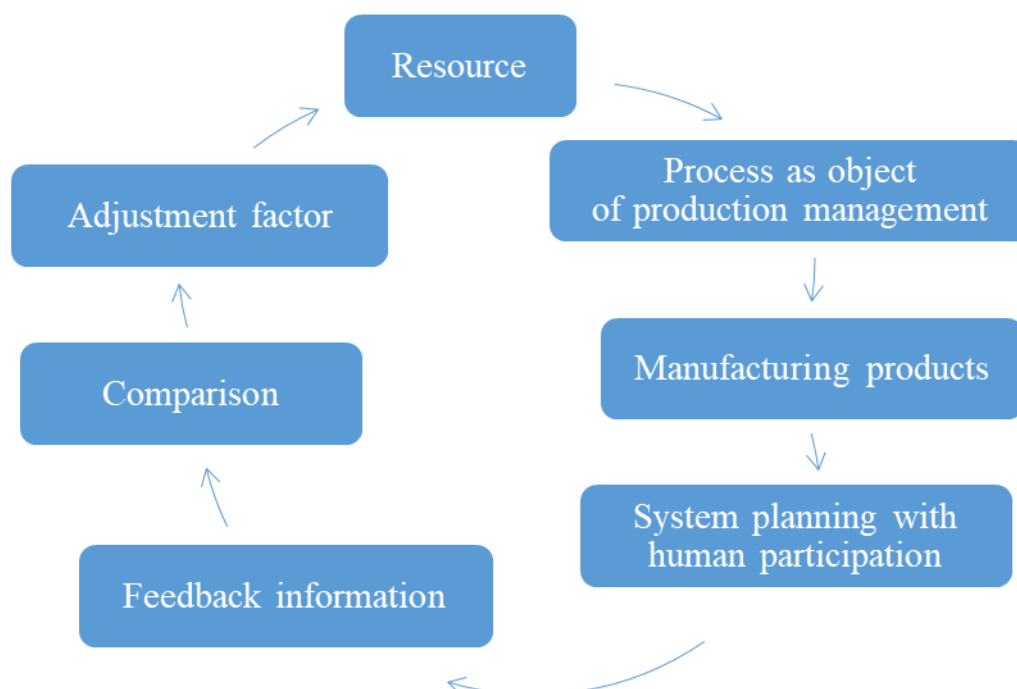


Fig. 1. The general process of operational management of production.

As a tool of production management of agricultural engineering, a computer version of the electronic planning schedule is used, which can be used at all stages (for planning, dispatching, issuing work orders, determining the deadlines for work) and which has the following main properties: no event can happen until , until all the works included in it are finished; no work resulting from a particular event can begin until that event has occurred; no subsequent job can start before all previous jobs are finished.

### References

1. 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>.
2. 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>.
3. Rogovskii I. L. Analysis of grain losses by the classic threshing-separating device of the combine harvester. Scientific reports of NULES of Ukraine: electronic

edition. Kyiv. 2021. № 4(92) (2021). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.04.012>  
file:///C:/Users/Ivan/Downloads/15140-35724-1-PB.pdf.

4. Rogovskii I. L. Methodology of performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. Collection of abstracts of the XXII International Scientific Conference "Modern Problems of Agricultural Mechanics". October 16-18, 2021. Kyiv. Nizhyn. 2021. P. 122-125.

5. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Mikola Ohienko, Olga Snezhko, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss, Liudmyla Berezova. Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2021; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 214, illus., tabs., bibls. [https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon\\_Rogovskii.pdf](https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon_Rogovskii.pdf).

**УДК 631.001.04**

## **МОДЕЛЬ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ ОДНОВИМІРНОГО РУХУ НЕСТИСКУВАНИХ РІДКИХ СЕРЕДОВИЩ ГІДРОСИСТЕМ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА**

**Д. В. ЗАДОРЖНЮК**, аспірант

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: dimitrio380@gmail.com*

Застосуємо підхід Лагранжа до розрахунку динаміки одновимірного руху нестискованих рідких середовищ з рухомими межами в каналах гідравлічних магістралей зі струминними апаратами гідросистем зернозбирального комбайна (рис. 1). У якості прикладу розглянемо інжектор у каналах з рухомими межами [1].

Тут крім закону збереження і перетворення енергії і закону збереження маси рідкого середовища необхідно додатково використовувати також і закон про зміну її кількості руху [2]. Цей закон застосовується тут для розрахунку величини підвищення тиску в камери змішення струминного апарату в процесі змішування активної і пасивної рідин в камері (рис. 1).

Розглянемо задачу розрахунку процесів запуску інжектора при заповненні робочої рідиною основного каналу гідравлічної системи приводу [3]. Розрахунок зводиться до задачі визначення координат  $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$  та  $s_3(t)$  фронтів рідини, що переміщуються в основному каналі та каналі інжектора [4].

В якості контрольних поверхонь (поверхонь рухливих кордонів) в цьому випадку приймаються:

- рухома вільна поверхня (поверхня фронту потоку) низьконапірного рідкого середовища в каналі основної магістралі, позначена координатою  $s_1(t)$ ;

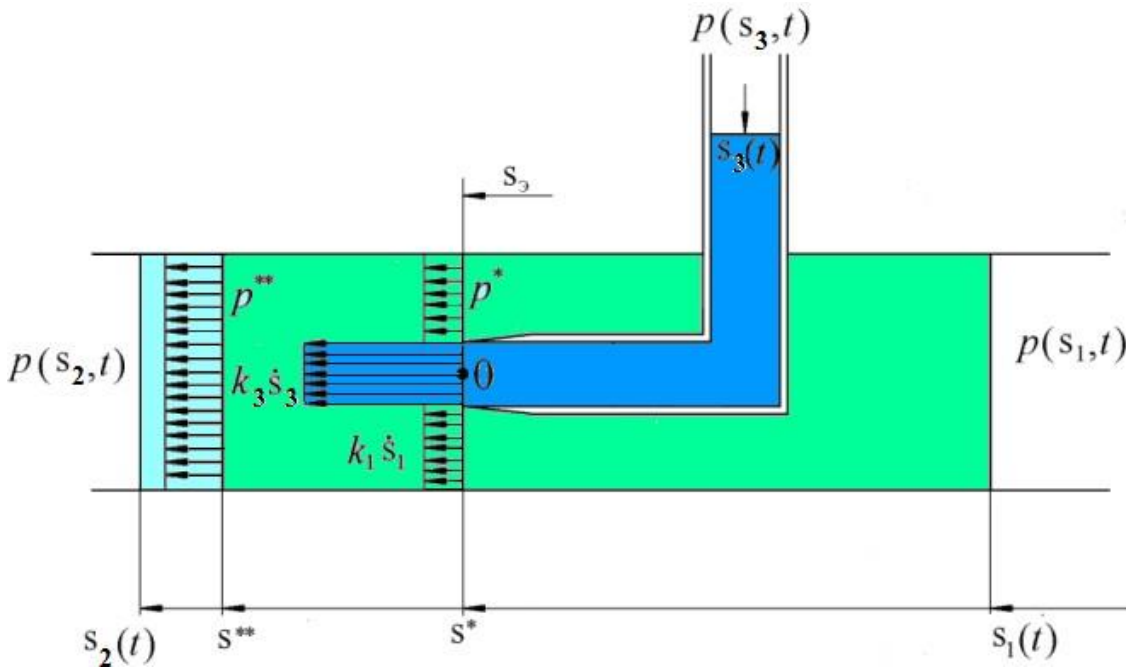


Рис. 1. Розрахункова схема інжектора в каналі з робочою рідиною, що має рухливі межі

- рухома вільна поверхня рідкого середовища в каналі основної магістралі на виході з інжектора, позначена координатою  $s_2(t)$ ;
- рухома вільна поверхня високонапірного (активного) рідкого середовища в каналі магістралі інжектора, позначена координатою  $s_3(t)$ ;
- нерухомий поперечний переріз  $s^*$  основної магістралі в місці розташування зрізу сопла інжектора;
- нерухомий поперечний переріз  $s^{**}$  на виході з камери змішування апарату.

Параметри, що відносяться до перетину зрізу сопла з координатою  $s^*$ , відмічені зірочкою, а що відносяться до перетину з координатою  $s^{**}$  відзначені двома зірочками.

Перебіг рідини тут як і раніше вважається одновимірним, а рідина – нестискуваною [5].

Рівняння, що описують рух рідких середовищ на окремих ділянках гідравлічних ліній приводу, мають наступний вигляд [6].

Магістраль пасивної рідини від основного бака до входу в інжектор, ділянка  $s^* \leq s \leq s_1(t)$ :

$$\rho \sigma(s_1) \int_{s_1(t)}^{s^*} \frac{ds}{\sigma(s)} \ddot{s}_1 + \frac{1}{2} \rho \sigma^2(s_1) \left[ \frac{1}{(\sigma_{KC} - \sigma_c)^2} - \frac{1}{\sigma^2(s_1)} \right] \dot{s}_1^2 = p(s_1, t) - p^*(t) + \rho g [z(s_1) - z(s^*)] n_z(t) - \frac{1}{2} \rho \sigma^2(s_1) x \left[ \lambda \int_{s_1}^{s^*} \frac{ds}{\sigma^2(s) \delta(s)} + \sum_k \frac{\zeta_k(t)}{\sigma_k^2} \right] \dot{s}_1^2 \text{sign } \dot{s}_1. \quad (1)$$

де  $\sigma_{KC}$  – площа поперечного перерізу камери змішування інжектора;  $\sigma_c$  – площа перетину на зрізі сопла інжектора;  $(s_1, t)$  – координата рівня рідини в баку.

Магістраль активної рідини, ділянка  $s_3(t) \leq s \leq s^*$ :

$$\rho\sigma(s_3) \int_{s_3(t)}^{s^*} \frac{ds}{\sigma(s)} \ddot{s}_3 + \frac{1}{2} \rho\sigma^2(s_3) \left[ \frac{1}{\sigma_c^2} - \frac{1}{\sigma^2(s_3)} \right] \dot{s}_3^2 = p(s_3, t) - p^*(t) +$$

$$\rho g[z(s_3) - z(s^*)] n_z(t) - \frac{1}{2} \rho\sigma^2(\dot{s}_3) x \left[ \lambda \int_{s_3(t)}^{s^*} \frac{ds}{\sigma^2(s)\delta(s)} + \sum_k \frac{\zeta_k(t)}{\sigma_k^2} \right] \dot{s}_3^2 \text{sign } \dot{s}_3. \quad (2)$$

Магістраль рідини після камери зміщення інжектора, ділянка  $s_2(t) \leq s \leq s^{**}$ :

$$\rho\sigma(s_2) \int_{s^{**}}^{s_2(t)} \frac{ds}{\sigma(s)} \ddot{s}_2 + \frac{1}{2} \rho\sigma^2(s_2) \left[ \frac{1}{\sigma_c^2(s_2)} - \frac{1}{\sigma_{kc}^2} \right] \dot{s}_2^2 = p^{**}(t) - p(s_2, t) +$$

$$\rho g[z(s^{**}) - z(s_2)] n_z(t) - \frac{1}{2} \rho\sigma^2(\dot{s}_2) x \left[ \lambda \int_{s^{**}}^{s_2(t)} \frac{ds}{\sigma^2(s)\delta(s)} + \sum_k \frac{\zeta_k(t)}{\sigma_k^2} \right] \dot{s}_2^2 \text{sign } \dot{s}_2. \quad (3)$$

де  $s_2(t)$  – координата фронту потоку рідини, що заповнює канал магістралі після інжектора.

### Список використаних джерел

1. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 6(7–108). P. 71-79. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217747>.
2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
3. 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>.
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. P. 291-298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451>.
5. 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>.
6. 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 631.001.04

## TENDENCIES OF PARK OF GRAIN HARVESTING COMBINERS

**V. V. ISHCENKO**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine*  
 E-mail: ishchenko@nubip.edu.ua

Harvesting is the most responsible stage of agricultural work [1]. High organization of harvesting, sufficient provision of technical means, timely and correct regulation of working bodies allows harvesting grown bread in agrotechnical terms and with acceptable losses [2]. In Ukraine, more than 98% of the areas under grain, cereal, leguminous crops and rice are harvested with grain harvesters [3].

Without exaggeration, the combine harvester today is a technically perfect object, extremely intellectualized, highly productive, energetically powerful [4]. Naturally, under such conditions, the total number of harvesters is gradually decreasing: in the period from 1990 to 2020, their number in agricultural enterprises of our country decreased by almost 72% and reached its critical level of 26,500 units. Under such conditions, the seasonal load on one combine harvester only for the harvesting of early grains in Ukraine increased to 240 hectares, while in the EU countries it is 80 hectares [5]. The number of grain harvesters in Ukraine per 1,000 hectares of arable land is 1.4 units, which is an order of magnitude less than in the leading countries of the world (Fig. 1).



Fig. 1. The number of grain harvesters per 1000 hectares.

Not simple economic conditions today force agricultural producers to optimize production processes, to look for ways to reduce costs. These issues are also relevant for the domestic agricultural industry. The decision regarding options for updating the fleet of equipment for the majority of domestic agricultural enterprises in today's difficult conditions should be reasonable, economically and technologically feasible.



Under such conditions, an important task is to find ways to increase the efficiency of the use of grain harvesters.

Analysis of the development of designs of grain harvesters indicates a significant increase in the efficiency of machines, which is associated with an increase in their productivity, high quality of work, operational reliability, equipment of combines with electronic control systems for work and technological processes.

In the development of grain harvesters over the last decade, the following main trends are noted:

- increase in throughput and productivity in the most powerful combines with a rotary separation system (up to 25 kg/s);
- increasing the power of the power unit;
- to increase productivity with the compact dimensions of the harvester, the area of the threshing device is intensively increased with practically unchanged other parameters, which is achieved thanks to the rotary or multi-drum threshing system;
- universalization of combine harvesters for harvesting various agricultural crops (corn, sunflower, etc.), improvement of working conditions for mechanized operators;
- increasing use of on-board information and control systems.

In addition, combine harvesters embody advanced achievements in ensuring environmental indicators and meeting safety requirements, in accordance with global standards and achievements: pressure on the soil up to 80-120 kPa, reduction of the content of harmful impurities in exhaust gases, reduction of dust generation, etc.

In the designs of modern grain harvesters, on-board information and control systems are widely used, based on the use of sensors and executive mechanisms of the mechatronic system of the combine.

In addition to sensors for monitoring the frequency of rotation of working bodies and sensors for controlling the level of losses by separating devices, sensors for course movement, recording of the harvested crop, humidity and clogging of bunker grain are becoming widely used. The use of global positioning systems allows you to build yield maps of harvested fields. The use of material flow sensors and electric servo-regulators of the transmission drive in the inclined chamber allows you to automatically change the speed of the harvester in the field. The use of electromechanical regulation of the modes of working bodies (sieve, fan, drum, deck, etc.) allows you to change the corresponding modes without stopping the threshing process.

### **References**

1. 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>.

2. 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>.

3. Rogovskii I. L. Analysis of grain losses by the classic threshing-separating device of the combine harvester. Scientific reports of NULES of Ukraine: electronic edition. Kyiv. 2021. № 4(92) (2021). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.04.012> file:///C:/Users/Ivan/Downloads/15140-35724-1-PB.pdf.

4. Rogovskii I. L. Methodology of performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. Collection of abstracts of the XXII International Scientific Conference "Modern Problems of Agricultural Mechanics". October 16-18, 2021. Kyiv. Nizhyn. 2021. P. 122-125.

5. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Mikola Ohienko, Olga Snezhko, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss, Liudmyla Berezova. Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2021; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 214, illus., tabs., bibls. [https://www.wsia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon\\_Rogovskii.pdf](https://www.wsia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon_Rogovskii.pdf).

**УДК 631.001.04**

## **GRAIN LOSSES AT THRESHER AND GRAIN PURITY IN BUNKER OF GRAIN HARVESTER**

**O. V. VELGAS**, Post Graduate Student

***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine***

*E-mail: velgas@nubip.edu.ua*

The main indicators of the quality of work of grain harvesters are the total loss of grain after the thresher and the cleanliness of the grain in the hopper (Fig. 1). Losses of grain during threshing and separation are divided into direct, or irreversible, and indirect [1]. The first includes grain lost in one way or another that cannot be collected, the second includes grain that has lost its sowing, productive or bread-making qualities [2]. During harvesting and postharvest processing, the grain is subjected to mechanical action, as a result of which it is injured. Mechanical damage (macro- and micro-damage) negatively affects both seed and food grains [3].

Macro damage includes crushed, flattened and crushed grains [4]. Microdamages include grains with damaged germ, shell, and endosperm, as well as hidden internal defects such as dents, clogged areas, and cracks [5].

Grains with macro damage are usually few. The number of grains with microdamages sometimes reaches 50–80% or more, which sharply reduces the quality of seed, marketable, baking, and other grains. 0.5 tons of rye, 0.3 tons of spring barley, 0.2 tons of spring wheat, 0.6 tons of oats, and 0.8 tons of corn are not

harvested from 1 ha of injured seeds. Therefore, every 10% of damaged seeds as future seeding material reduces productivity by an average of 0.1 t/ha.



Fig. 1. Combining grain.

Damage to grain during threshing, separation and transportation depends on many factors. These include: physical and mechanical properties of the threshed mass; parameters and design features of threshing and separating devices of combines; technological regulation and mode of operation of the main mechanisms of the harvester, especially threshing and separating devices, technical condition of parts, etc.

The threshing and separating device is the main working body of the threshing machine of the grain harvester. The execution of the technological process and other working organs of the thresher depends on the quality of its work. Based on the results of research, it was found that up to 60–70%, and this is the main share of injury to grain material, is caused by threshing and separating devices. Depending on the design features of the threshing-separating devices, modern grain harvesters are divided into three main types: combines with a classic scheme of threshing-separating devices, rotary and combined types of combines.

### **References**

1. 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>.

2. 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>.

3. Rogovskii I. L. Analysis of grain losses by the classic threshing-separating device of the combine harvester. Scientific reports of NULES of Ukraine: electronic edition. Kyiv. 2021. № 4(92) (2021). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.04.012> file:///C:/Users/Ivan/Downloads/15140-35724-1-PB.pdf.

4. Rogovskii I. L. Methodology of performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. Collection of abstracts of the XXII International Scientific Conference "Modern Problems of Agricultural Mechanics". October 16-18, 2021. Kyiv. Nizhyn. 2021. P. 122-125.

5. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Mikola Ohienko, Olga Snezhko, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss, Liudmyla Berezova. Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2021; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 214, illus., tabs., bibls. [https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon\\_Rogovskii.pdf](https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon_Rogovskii.pdf).

**УДК 631.001.04**

## **EFFICIENCY OF GRAIN HARVESTER WITH CLASSIC SCHEMETHRESHING-SEPARATION DEVICE AND WITH AXIAL-ROTOR TYPE**

**O. V. NADTOCHIY**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine*  
E-mail: o\_nadtochiy@nubip.edu.ua

Combine harvesters with a classic threshing-separating device scheme have gained the greatest distribution throughout the world. Characteristic features of this type of threshing-separating device are the presence in the design of a ball or pin threshing drum and a keyboard straw shaker. Due to the structure of the straw shaker, combines with a classic threshing-separating device scheme are also called keyboard combines.

Threshing of the bread mass in the threshing-separating device of the classical type is carried out due to impacts and wiping of the bread mass, which moves tangentially in the gap between the drum and the drum. Part of the grain, together with chaff and small impurities, falls through the drumming grid and is directed to the sieves of the grain cleaning system, and the threshed mass, which still has a lot of grain, moves further and enters the straw shaker keys. As a result of the reciprocating



movements of the keys, the bread mass is moved and loosened, and its final separation takes place.

The scheme of action of a threshing-separating device of the classic type is designed specifically for harvesting grain crops and is traditional for such a process. Keyboard-type combines are well suited for working with wheat, barley, rapeseed, etc. Combine harvesters with a threshing-separating device of the classic type work quite reliably in difficult harvesting conditions: weediness, high humidity of straw and grain. Note that these are the easiest to set up and the cheapest combines.

The specific nominal throughput of combines with a single-drum threshing-separating device of the classic type ranges from 4.8 to 5.9 kg/s per 1 m of thresher width. The results of research and tests show that the increased specific nominal throughput of combine threshers with this type of threshing-separating device can be realized only under favorable harvesting conditions. Under the conditions of harvesting wet and littered crops, the separating surfaces of the threshing-separating device are stuck with wet plant mass and soil. On overripe bread mass, such threshing-separating devices overload the grain cleaning system of the harvester with crushed straw particles. As a result, both in the first and second cases, grain losses behind the thresher of the combine grow.

The peculiarity of combine harvesters with a threshing-separating device of the classic type is that as productivity increases, grain losses in straw increase sharply, even under favorable conditions. Under the conditions of harvesting high-yielding fields or in difficult conditions, such combines can allow large losses of grain. Thus, according to the results of the tests, when the thresher was overloaded by 8–11%, the loss of grain by grain harvesters with a threshing-separating device of the classic type increased twice (from 1 to 2%), and when the supply increased by 15–23%, it increased by 4 times.

In order to increase the productivity of keyboard combines and reduce grain losses, leading companies are constantly improving threshing and grain separation systems.

Increasing the efficiency of threshing-separating devices of the classic type is carried out in the direction of increasing the angle of the deck drum girth, the area of separation, increasing the number of drums (multi-drum threshing-separating devices), working out the parameters of the working surface of the deck (Fig. 1).

These structural innovations are primarily aimed at ensuring maximum separation of grain in the area of its milking and a corresponding percentage reduction in straw entering the key straw shaker for final separation. It should be noted that for the high-quality operation of threshing-separating devices of the classic type, it is necessary that about 90% of the grain is separated from the bread mass through the drumming of the threshing devices, since the keyboard straw shaker is capable of separating only about 10% of the grain.

The intensification of the separation of grain from a coarse pile on a key straw shaker is achieved thanks to the lengthening of the keys to 4600–5000 mm, an increase in the area of the straw separator to 7.5–7.7 m<sup>2</sup>, the use of devices and mechanisms (beaters-separators, stirrers above the straw shaker, etc.) that ensure

higher quality operation of the system with bread mass of high straw content and a significant amount of weeds.



Fig. 1. Grain-harvesting combine with a multi-drum threshing and separating device

In combines with threshing and separating devices of the axial-rotor type, the main working body is a longitudinal rotor placed in a cylindrical tray. It replaces the threshing drum, beater beater and straw shaker. In rotary harvesters, the threshing and separation processes take place simultaneously in a single working body. The front part of the rotor threshes the bread mass, and the rear part separates the grain. For the axial movement of the mass along the axis, bulls or vanes are installed on the rotor, and guides are placed on the deck along a helical line.

A significant part of the grain in rotary threshing systems is separated due to wiping and centrifugal force, so the grain is less damaged and better retains its sowing and marketable qualities. Thanks to the intensification of the separation process in the rotary working bodies, minimal grain losses are ensured even with high crop yields and high humidity. However, under such conditions, the proportion of chopped straw increases, and the bales formed from it are poorly picked up by the baler, which leads to unproductive losses of straw in the field.

Harvesters with threshing-separating devices of the axial-rotor type have attracted the increased interest of specialists since their appearance on the market. Let us note the advantages of threshing-separating devices of this type, comparing with classical and combined systems: high intensity of threshing and grain separation; the level of grain or seed damage is lower; increased stability of work quality indicators in changing assembly conditions; compactness and simplicity of design.

Combine harvesters with threshing-separating devices of the axial-rotor type are advisable to use under high yield conditions. Optimal conditions for using this



type of combine harvester are low humidity. Unlike the keyboard, the axial-rotor combine is more efficient at harvesting corn and sunflower.

The main disadvantages of axial-rotor combines include: sticking of the separating surfaces of the tray with raw plant mass and soil; twisting the straw mass into bundles under the conditions of harvesting wet long-stemmed crops, especially those clogged with weeds; increased energy consumption vs. threshing-separating devices of the classic type.

Under the conditions of harvesting grain crops with axial-rotor combines, in which the mass of straw is greater than the mass of grain, and the stalks have not lost their strength, specific fuel consumption increases by 20–30%.

During operation of the device, foreign objects that could cause deformation of the rotor are not allowed. In case of repair, its dynamic balancing is required, which is carried out in factory conditions.

According to the results of studies of a number of combine harvesters, in particular those with rotary threshing and separating devices, in different natural and climatic zones, it was established that combine harvesters with a rotary scheme provided additional grain harvesting in the amount of 2.2–3.1 t/ha. The grain crushing level of 0.4–0.6% in combines with such threshing-separating devices is significantly lower than in combines with a classic scheme of 2.7–7.9%.

### **References**

1. 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>.
2. 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>.
3. Rogovskii I. L. Analysis of grain losses by the classic threshing-separating device of the combine harvester. *Scientific reports of NULES of Ukraine: electronic edition*. Kyiv. 2021. № 4(92) (2021). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.04.012> file:///C:/Users/Ivan/Downloads/15140-35724-1-PB.pdf.
4. Rogovskii I. L. Methodology of performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. *Collection of abstracts of the XXII International Scientific Conference "Modern Problems of Agricultural Mechanics"*. October 16-18, 2021. Kyiv. Nizhyn. 2021. P. 122-125.
5. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Mikola Ohienko, Olga Snezhko, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss, Liudmyla Berezova. *Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises*. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2021; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 214, illus., tabs., bibls. [https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon\\_Rogovskii.pdf](https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon_Rogovskii.pdf).

УДК 631.001.04

## SMART TECHNOLOGIES OF TECHNICAL CONTROL OF MACHINE USE OF SELF-PROPELLED BEET HARVESTERS

**M. V. KOBERNIK**, Post Graduate Student  
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine*  
E-mail: kobernik@nubip.edu.ua

First control unit for self-propelled harvesters: Smart Turn combines for the first time on a sugar beet harvester the mechanical steering system [1] and the Terra Control turn control system with GNSS turn control [2], as is already known from tractor technology [3]. At the same time, for the first time, automatic turning on the headland is possible – including lifting and automatic re-dipping of the lifter [4], as well as the necessary turning maneuver [5].

The Reich Hardt co-development complements the Terra Dos T4 with state-of-the-art automatic control and smart farming functions to optimize beet harvesting and soil protection [6]. This system has been awarded the silver medal of the German Agricultural Society.

1. Acoustic signal indicates the optimal time to start the turn (Fig. 1). The driver activates Smart Turn. Terra Dos T4 automatically completes lifting at the planting boundary and raises the lifter at the ideal time.

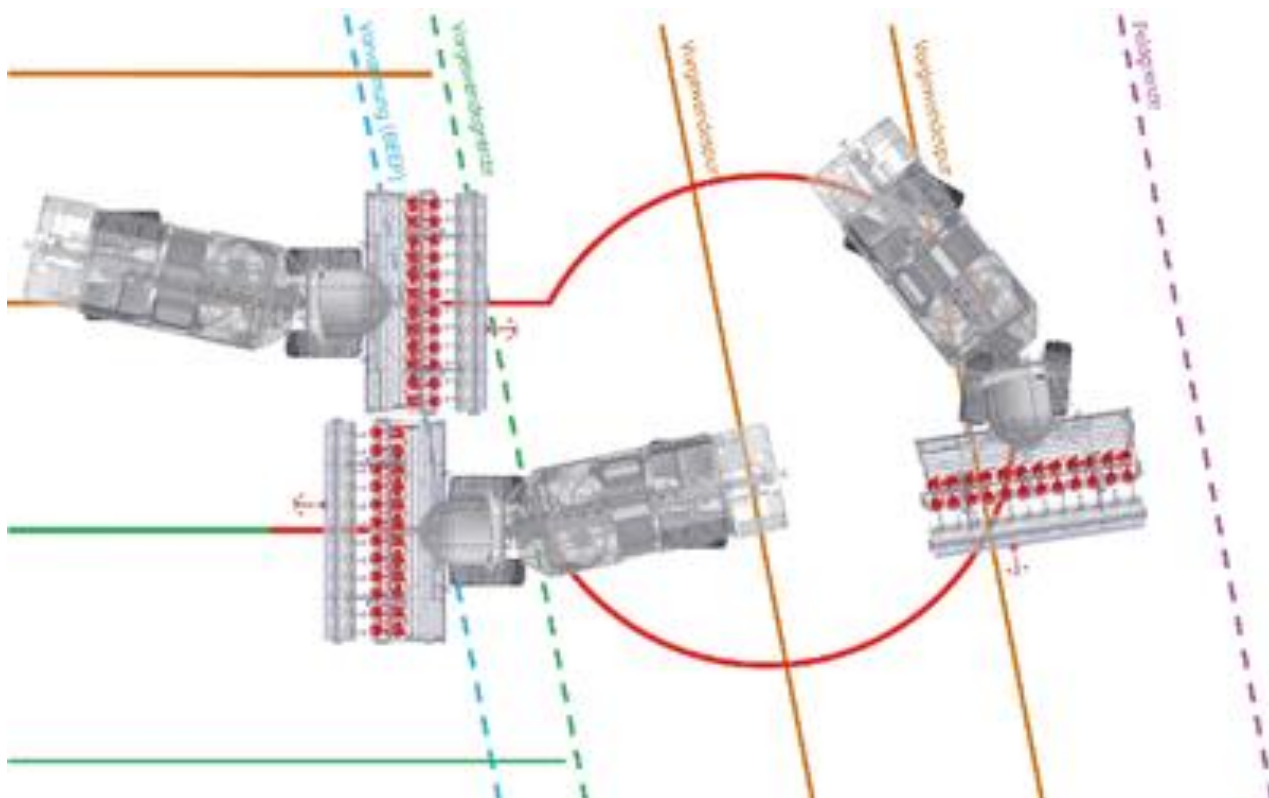


Fig. 1. Smart Turn self propelled beet harvester.

2. At the same time, the GNSS system takes over the control of the turn process, while choosing the best track. After turning around, the system automatically selects the next track.

3. There, the Smart Turn automatically lowers the stump back into the soil at the ideal time point. The well-proven automatic system then takes over the control of the machine in the track. Reich Hardt Smart Control records all reversal information; the stored data is available for documentation and subsequent evaluation.

Reversal in a tricky way:

- automatic vehicle control system using GNSS and probes allows the driver to fully concentrate on quality control of uprooting;
- always the best and shortest headland paths without unnecessary maneuvers – the most careful use of the soil;
- automatic lifting and immersion of the puller at the right time – to reduce wear and reduce fuel consumption;
- quick turn on the headland – the minimum time for preparing the machine;
- automatic immersion in the desired row – to facilitate the work of the driver and to avoid losses during harvesting.

The EcoPower system is unique in the field of self-propelled sugar beet harvesters (Fig. 2). Depending on the actual driving mode (harvesting or moving), as well as depending on the load on the undercarriage drive, the EcoPower system selects the optimal range of operation of the diesel engine and the undercarriage drive. This ensures optimum performance and power with low fuel consumption.

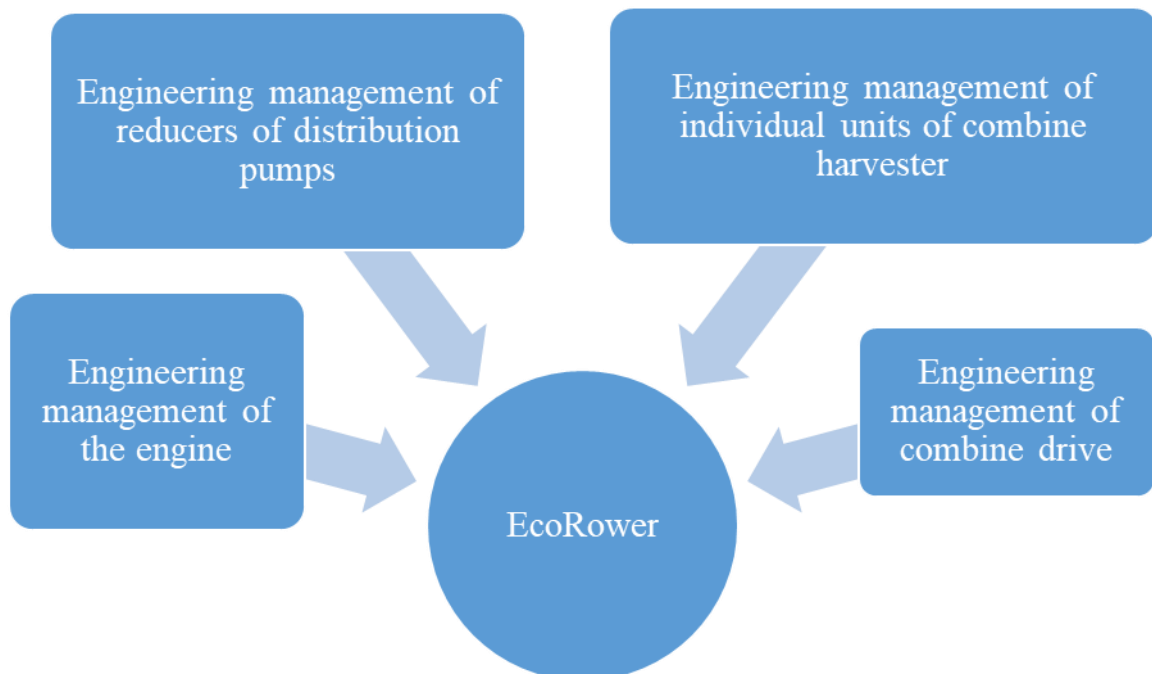


Fig. 2. Engineering management of shutdown of hydraulic circuits.

Optimal operation of the diesel engine, a significant increase in the efficiency of all drives of structural units, as well as the drive of the running gear, regardless of the technological process:

- increased efficiency due to an increase in the number of pumps and an optimal coordination of the functioning of pumps and components;
- comprehensive optimization of the entire energy management system;
- disabling unused mechanisms to reduce fuel consumption.

### **References**

1. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6(7–108). P. 71-79. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217747>.
2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
3. 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>.
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. P. 291-298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451>.
5. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash S. A., Sokolova V. A., Tarandin G. S., Polyanskaya O. A. Modeling the weight of criteria for determining the technical level of agricultural machines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 677. P. 022100. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022100>.
6. Rogovskii I. L., Zapadlovskij O. S., Voinash S. A., Maksimovich K. Y., Sokolova V. A., Alekseeva S. V., Taraban M. V. Research of vibroacoustic signals in diagnostics of technical condition of engines of beet harvesters combines. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1679. P. 042032.

УДК 631.001.04

## APPROACHES TO FORMATION OF PARK OF HIGHLY PRODUCTIVE GRAIN HARVESTING COMBINERS

**D. Yu. KALINICHENKO**, Candidate of Technical Sciences  
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine*  
E-mail: kalinichenko@nubip.edu.ua

Today, almost all the world's leading manufacturers present and actively advertise, in particular on the Ukrainian market [1], new models of high and ultra-high productivity combines [2]. It can be said that large combines are in demand today like never before, and this trend is increasing [3].

Introducing super-powerful models of grain harvesters to the market (Fig. 1) is not a whim of equipment manufacturers, because it is farmers who dictate the pace of the market [4]. Customers tend to buy the most powerful machines possible, and these are usually rotary harvesters [5]. Although there are high-performance keyboard models on the market, it is better to harvest grain in fields with a stable high yield using rotary or hybrid machines [6]. Therefore, almost every manufacturer of grain-harvesting equipment has at least one model of a rotary combine in its line.



Fig. 1. A unified row of the interior of the combine harvester cabin.

Thus, the amount of grain that needs to be collected is increasing, in connection with which reapers with a wider grip are used and the need for more powerful and more productive machines is increasing. The limiting factor in the design of keyboard combines for grain harvesting in high-yield fields is the capacity



of the harvested mass. Therefore, it is advisable to use keyboard combines for harvesting fields with a yield of up to 5 t/ha.

In contrast, rotary harvesters can pass mass along the entire length of the rotor. However, this does not mean that keyboard combines are uncompetitive - manufacturers are constantly improving threshing and grain separation systems, responding to the growing demands of farmers.

The processes of threshing and grain separation in the construction of rotary combines are carried out once in one working body. In addition, the grain here is mainly "wiped" from the spikelets, which allows to minimize damage to the grain and preserve its marketable characteristics. Due to the high intensity of separation in the rotor, this condition is met even with high crop yields and high moisture content of the harvested grain. However, in the presence of a large amount of straw, this can lead to a noticeable overconsumption of fuel.

How can you choose the optimal model of a grain harvester for the farm, if we take into account first of all its characteristics of productivity and economic operation?

First, it is worth abandoning the outdated system of calculating fuel costs per hectare, because fuel costs per ton of harvested crop are taken into account all over the world. The fuel consumption will not be the same on a hilly and flat field, on wet and dry soil, and, finally, with a yield that is twice as different.

Secondly, everything must be considered in the complex. After all, you can harvest, for example, wheat twice as fast as usual and spend 10-20% more/less fuel. Is it good or bad? After all, with every additional day of early grain harvesting, grain losses increase more or less in geometric progression. They did not make it in time - consider that part of the harvest, which can be thousands and tens of thousands of dollars, remained in the field. It was collected on time, therefore, it was safely transported, the stubble was peeled on time, sown, etc. On the other hand, evaluating combine harvesters only from the point of view of fuel consumption is unlikely to be correct. And all the more, it is worth deciding on an approach to the formation of a fleet of harvesters in the farm. Should it be, relatively speaking, three large cars or eight smaller ones?

The fact is that if we use many small and medium-sized combines, and not a smaller number of high-performance models, then we are largely dependent on the human factor. It is necessary to find and maintain a large staff of mechanics, to ensure working conditions for everyone, to establish high-quality operational maintenance of machines - there is no shortage of trouble. And in the end, it will take no less fuel.

Therefore, many agricultural holdings rely on powerful machines with wide-reaching reapers in order to harvest as quickly and calmly as possible in the fields of a particular unit.

For example, you can compare two combine harvester models: the first one with an engine volume of 9 l and a header width of 9 m, and the second one with an engine volume of 13 l and a header width of 14 m. Working under equal conditions on a field with a high yield, the engine the smaller model will be loaded at 110% and,



of course, will consume more fuel. Instead, the loading of the engine of a larger combine will be 50-60%, it will not "stress", and the productivity of its work will be much higher. Fuel consumption in both cases will be practically the same.

The additional bonuses of using high-performance machines are obvious. It is necessary to maintain not two harvesters, but only one, and also to keep fewer operators. It is also possible to reduce the number of refueling, i.e. significantly save on maintenance and operation.

At first glance, the best option seems to be that it is better to have one or two reliable high-performance machines than several times smaller models. But it can also have its disadvantages. Far from all regions have a service network that allows the combine to be launched into the field within a few hours after a breakdown.

Indeed, this aspect can turn into a serious problem if a farm bets on one or two harvesters without adequate insurance options. There are quite a lot of such farms.

Therefore, it seems to us that it is optimal to have one or two high-performance flagship machines in the household and two more smaller ones for insurance. In addition, giant combines must have an effective service program from the selling company, these are not bicycles, after all. There will be a guarantee of an instant response of the service department - and you can calmly plan your work. If this is impossible for one reason or another, then it is better to look for some intermediate option.

### **References**

1. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 6(7–108). P. 71-79. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217747>.
2. Rogovskii I. L. Analysis of grain losses by the classic threshing-separating device of the combine harvester. Scientific reports of NULES of Ukraine: electronic edition. Kyiv. 2021. № 4(92) (2021). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.04.012> file:///C:/Users/Ivan/Downloads/15140-35724-1-PB.pdf.
3. 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>.
4. Rogovskii I. L. Methodology of performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. Collection of abstracts of the XXII International Scientific Conference "Modern Problems of Agricultural Mechanics". October 16-18, 2021. Kyiv. Nizhyn. 2021. P. 122-125.
5. 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>.

6. 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. P. 291-298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451>.

**УДК 631.001.04**

## **SELF-PROPELLED SPRAYERS: DESIGN COMPARISON**

**I. S. LIUBCHENKO**, Post Graduate Student  
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine*  
*E-mail: lub4enko.ira@gmail.com*

The chemical method of plant protection is the most popular and effective in protecting plants from both pests and diseases [1]. The main advantages of this method can be identified: instant effect after the first application, versatility and fairly quick payback [2]. With the correct agrotechnical norm for the introduction of plant protection chemicals, the crop does not lose its nutritional value and can be consumed by humans without harm to health. In order to achieve yield increases in both physical and monetary terms, many agrarian farms spend numerous resources in order to obtain a large return on these investments [3]. One of the main components of achieving such a result is a properly selected technique for the introduction of chemical plant protection products [4]. As a rule, sprayers of various types (trailed, mounted or self-propelled) are used, depending on the cultivated areas (Fig. 1). It should be noted that with regular and high-quality maintenance of agricultural sprayers, it increases their performance, which affects compliance with agrotechnical standards [5].

Greater productivity, high-quality work while using fewer machines and completing agricultural tasks in a short time - these are the requirements of modern agriculture. And this is what today allows agricultural enterprises to remain successful in the market in the face of fierce competition. This is increasingly forcing farmers to use more powerful and versatile machines. Therefore, engineers developing agricultural machinery are faced with the task of achieving maximum productivity of agricultural work using the minimum number of technical units. In particular, this requirement of modern farming has prompted the emergence of large heavy-duty field liners, namely self-propelled sprayers. For farmers, when choosing such complex modern machines as self-propelled sprayers, an important criterion is their cost, quality of work, reliability, availability of service from the manufacturer or dealer of equipment. Given the relevance of this issue, we present the main characteristics and advantages of some self-propelled sprayers on the Ukrainian market, which will help farmers navigate the variety of market offers and choose the unit that will best meet the needs of your particular farm.



Fig. 1. Types of sprayers.

The aim of the study is to analyze and evaluate the failures that occur on agricultural sprayers due to improper maintenance. After analyzing the data of service centers and repair shops, there was an opinion that some agricultural enterprises are trying to save on spare parts and on qualified employees. Thereby exposing themselves to economic losses. The most frequent breakdowns of sprayers occur due to untimely passage of various kinds of maintenance. In addition, when operating these types of machines, one should not forget that chemicals are used that expose the main elements of the sprayer to untimely wear. Another possible reason for the failure of such equipment can be a liquid containing abrasive particles. As a rule, many machine operators forget to change filter elements in a timely manner, which leads to contamination of valves and nozzles, as well as rupture of pump membranes (Fig. 2).

In order to timely prevent or correct an already occurring malfunction or breakdown, there are a number of recommendations that the machine operator or service center master should directly follow. Timely replacement of filter elements helps to prevent clogging of atomizers and rupture of membranes. Before replacing the diaphragm, it is necessary to drain the mixture of oil and liquid, flush the inside of the pump with a solvent. Then fill the pump with specialized oil to the required level. Also, the pump must be lubricated by using a specialized syringe through the grease fittings in the covers. We must not forget about the seals, which must be checked in a timely manner for tightness and integrity, and if necessary, replace them with new ones.

Therefore, the choice of the right model of self-propelled sprayer should be approached carefully, having previously analyzed the capabilities and needs of your farm, the volume of processing, the suitability of the characteristics of the unit and its parameters in accordance with the characteristics of the crops you grow, the desired machine power necessary for an effective and cost-effective solution to specific

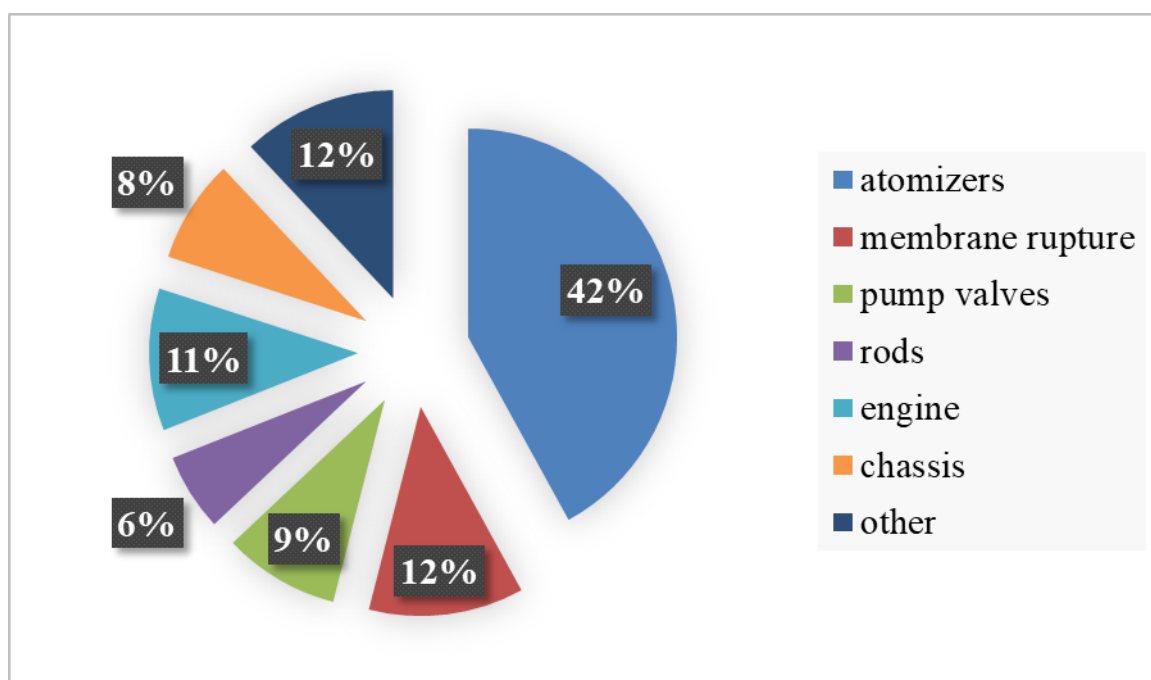


Fig. 2. Failure analysis of agricultural sprayers.

problems in the economy. That is, you should pay attention to all the important technical parameters and choose exactly the model that will work most effectively in your conditions and on your land. Do not forget to take into account the natural, climatic and geographical features of your area and the relief of the fields, because these factors also play an important role in the operation of a self-propelled sprayer! So if your farm has a lot of slopes and hills, you should choose a more powerful machine. Thus, having analyzed and studied the failures of agricultural sprayers, we can conclude that most of the malfunctions occur due to violations of the terms of maintenance and elementary rules of maintenance by the machine operator.

### References

1. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Analytical provisions of the influence of completeness of technical control on the reliability of self-propelled sprayers. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: mechanization and automation of production processes. 2021. Issue 1 (43). P. 14-21. <https://doi.org/10.32845/msnau.2021.1.3>.
2. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Analytical coefficient of technical readiness of self-propelled sprayers with variable seasonal operating time. Scientific and technical principles of development, testing and forecasting of agricultural machinery and technologies. XXI International Scientific Conference, village Research, Ukraine, September 22, 2021: abstracts of the conference. Research. 2021. P. 71-75.
3. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Safety measures in recovery of self-propelled sprayers. OSHAgro – 2021. I International Scientific and Practical Conference, Kyiv, Ukraine. September 30, 2021: abstracts of the conference. Kyiv. 2021. P. 154-157.



4. 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.

5. Rogovskii I. L. Methodology of performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. Collection of abstracts of the XXII International Scientific Conference "Modern Problems of Agricultural Mechanics". October 16-18, 2021. Kyiv. Nizhyn. 2021. P. 122-125.

**УДК 631.001.04**

## **STORAGE OF GRAIN HARVESTERS UNDER CANOPY**

**I. M. KUZMICH**, Post Graduate Student  
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine*  
*E-mail: beliy1994@meta.ua*

On Ukrainian agricultural holdings [1], grain harvesting equipment is usually stored either outdoors (on hard-surfaced sites) or under sheds (Fig. 1). Due to the impressive size of the units in our country [2], they are rarely stored in closed hangars [3]. But, not all owners of combine harvesters pay due attention to the rules of storage under sheds [4]. As a result [5], certain equipment units quickly fail, and the preparation of the combine for the new season ends with large-scale repairs and missed deadlines [6]. Let's figure out how to keep grain harvesters under a canopy and look at a few important rules that will help save expensive combines and put them into operation as quickly and conveniently as possible after off-season storage [7].



Fig. 1. Equipped storage shed for harvesters.



Basic storage methods for harvesters. In total, there are three ways to store combine harvesters: closed; open; combined. With the closed method, agricultural machinery and all its components with parts are placed in hangars or other specially equipped premises. The main advantage of this option is the minimum time and effort spent on preparing for storage. The disadvantage is the rather impressive financial costs of organizing a room with all the necessary additional equipment (shelves for installing various elements of combines, racks, boxes, etc.). The open method involves the storage of agricultural units on open-air sites. With this option, all removable parts and assemblies are sent to the premises during the off-season. If you follow all the rules of conservation, the method allows you to get the optimal level of protection of units against corrosion and damage. But, this option is suitable only for such agricultural machines as: cultivators, rakes, harrows, rollers, etc.

The combined option is a method of storing combine harvesters, in which agricultural machinery is sent in the off-season to specially equipped open platforms protected by canopies. And all removable components and parts are placed in the warehouse. With this solution, the most commonly used PVC wall. The combined solution has all the advantages of the two previous methods, and is also distinguished by the relative simplicity of organization and minimal financial costs. It is important to understand that if the grain harvesting equipment has aware of more than 70%, it will not be possible to use it for its intended purpose, since it needs a long and expensive repair, restoration of important components and working elements. Therefore, it is better never to bring combines to such a state. To avoid this problem, it is necessary to follow simple and quite feasible storage rules. Let's analyze these rules for equipment that is sent under sheds in the off-season, because in our country this is the most common storage option.

Depending on the specific type of combine harvester, first of all, it must be carefully inspected. All identified serious malfunctions and minor problems with working units, if possible, must be eliminated before being sent under a canopy. After that, all removable parts must be removed, cleaned of contaminants, preserved and sent to a storage room.

Grain harvesting equipment, which is stored under a canopy, must:

1. Carefully and closely inspect at least once a month. And if there was bad weather the day before (strong wind, snowfall, heavy rain, etc.), combine harvesters must be inspected immediately, immediately after the end of the hurricane.
2. Undergo a maintenance check during the inspection. During the off-season, it is necessary to check the condition of: coatings that protect equipment from corrosion, paint, protective elements, covers (strength of fastening), shields, boxes, covers.
3. Be examined for correct installation on treadmills or stands (absence of distortions and deflections, stability, etc.), and sealing reliability (condition of plugs and plugs, tightness of their fit, etc.).

It is also important to monitor the level of tire pressure during the inspection process. All problems and malfunctions that will be identified must be eliminated as soon as possible. At the same time, it is important to remember that all pieces of

equipment that are stored under a canopy must be at a distance of at least 70 cm from each other. A distance of 1 meter must be maintained between the rows for the most convenient access to the equipment.

A canopy is a structure without walls. And if you just put the equipment under this structure, it will be negatively affected by various natural phenomena: rain, snow, wind, dirt, dust, temperature changes, etc. Therefore, it is important to equip the canopy with walls. The best option in this regard is PVC walls. The characteristics of PVC walls make it possible to ensure maximum safety of the units during the off-season. Here are just some of the parameters that this material meets:

- thickness – 0.5 mm;
- operating temperature – from -30 to +70 degrees;
- water-repellent degree – 350 mm. water column;
- sun resistance level – 7-9;
- the average operational period is from 10 to 14 years.

Among the advantages of PVC walls for storing grain harvesting equipment under a canopy: high resistance to strong temperature changes; environmental cleanliness and safety for human health; light transmission up to 99%; good elasticity of the material (no risk of tearing); ease of installation and maintenance; complete elimination of drafts with proper installation. In addition, PVC walls provide maximum protection for equipment from snow and rain, gusts of wind and any other negative natural factors that can harm equipment components. This solution will ensure the safety of combine harvesters and their components in all weather conditions.

### **References**

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. P. 291-298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451>.
2. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash S. A., Sokolova V. A., Tarandin G. S., Polyanskaya O. A. Modeling the weight of criteria for determining the technical level of agricultural machines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 677. P. 022100. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022100>.
3. 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>.
4. 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>.
5. Rogovskii I. L. Analysis of grain losses by the classic threshing-separating device of the combine harvester. *Scientific reports of NULES of Ukraine: electronic*

edition. Kyiv. 2021. № 4(92) (2021). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.04.012>  
file:///C:/Users/Ivan/Downloads/15140-35724-1-PB.pdf.

6. Rogovskii I. L. Methodology of performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. Collection of abstracts of the XXII International Scientific Conference "Modern Problems of Agricultural Mechanics". October 16-18, 2021. Kyiv. Nizhyn. 2021. P. 122-125.

7. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Mikola Ohienko, Olga Snezhko, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss, Liudmyla Berezova. Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2021; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 214, illus., tabs., bibls. [https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon\\_Rogovskii.pdf](https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon_Rogovskii.pdf).

**УДК 631.372**

## **КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ**

**М. М. АНЕЛЯК**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

**А. Я. КУЗЬМИЧ**, кандидат технічних наук, старший дослідник

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН*

*Глеваха, Київської обл., Україна*

*E-mail: akuzmich75@gmail.com*

Пошук відповідних конструктивних рішень для створення модульно-блочних конструкцій енерготехнологічних та енергетичних засобів загального призначення на одній базі з використанням базових прототипів енергозасобів трактора і мобільних енергозасобів: зернозбиральних, бурякозбиральних і кормозбиральних комбайнів забезпечить зменшення їх питомої матеріалоємності у порівнянні із самохідними машинами та машинно-тракторними агрегатами, збільшення річного завантаження дорого вартісного енергозасобу, а також розширити універсальність їх використання [1]. Проблема незанятості енергозасобу протягом 9–10 місяців в році, зростання металоємності парку сільськогосподарських машин постійно стоїть перед провідними інститутами галузі та конструкторськими бюро. У загальній постановці рішення цієї проблеми впливає створення універсальних енергозасобів тягового типу, які легко перелаштовувати під набір змінних модульно-блочних конструкцій для виконання всього комплексу робіт по вирощуванню і збиранню зернових культур, кукурудзи, цукрових буряків,

виконання вантажно-транспортних робіт і внесення добрив, що в кінцевому підсумку призведе до зниження собівартості продукції [2].

На собівартість продукції сільськогосподарського виробництва істотно впливає ефективність використання мобільних енергетичних засобів сільськогосподарського призначення і агрегатів на їх базі. Ліва частина мобільних енергетичних засобів у землеробстві України припадає на долю тракторів і зернозбиральних комбайнів. Причому за структурою конструкції, а також однотипністю трансмісії і принципів керування рухом вони майже однакові.

За принципом агрегування з технологічними машинами та знаряддями вони також однакові. Отже, постає два питання:

перше – як адаптувати зернозбиральний комбайн для агрегування з машинами та знаряддями різного призначення в рільництві;

друге – чи буде доцільним виготовлення тракторів у вигляді шасі комбайна без робочих органів.

Аргументами перспективності є наступні головні складові – значне скорочення необхідної кількості потужних енерготехнологічних засобів за рахунок збільшення їх завантаженості на протязі року і універсальності, зниження металоємності парку крупних сільськогосподарських машин і в кінцевому рахунку зниження собівартості продукції. Основу таких машин мають складати потужні енерготехнологічні та енергетичні засоби загального призначення з набором робочих технологічних блоків для виконання різних сільськогосподарських робіт. Задача раціонального використання модульно-блочних конструкцій зводиться до пошуку таких рішень, які б задовільнили наступним вимогам:

- універсальність надійність роботи і довговічність;
- прийнятний рівень значення часу і складності зміни однієї модульно-блокової конструкції на іншу;
- збільшення часу завантаження протягом року в 2–3 рази;
- достатність обсягу і кількості вільних зон за рахунок конструкторських рішень (багатопозиційні установлення кабіни, вільний простір в міжосьовій зоні і за кабіною, двигун розташований збоку).

Якщо відповіді на ці питання будуть позитивними, то природно очікувати доцільності створення комбайнів і тракторів на одній загальній базі з використанням в якості енергозасобу самохідного шасі.

### Список використаних джерел

1. Анеляк М., Кузьмич А., Грицака О., Попадюк І. Техніко-економічне обґрунтування доцільності створення енерготехнологічного агрегату на базі зернозбирального комбайна. *Вісник Львівського національного екологічного університету. Агроінженерні дослідження*. 2021. №2. С. 99–106. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.099>

2. Sheichenko V., Kuzmych A., Niedoviesov V., Aneliak M., Bilovod O., Shevchuk V., Kutkovetska T., Shpilka M. Development of operational requirements

for self-propelled combine-harvesters with the capabilities of mobile energy devices. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 5 No. 1 (107). P. 60–70. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212788>

УДК 631.763.1

## СТРУКТУРНІСТЬ ВІДЕОЕНДОСКОПІЇ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

О. В. ШВИДУН, аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: shvidun@nubip.edu.ua

Значний практичний інтерес може представляти аналіз таких структур відеоендоскопії параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів [1, 2], як спеціального виду, показаних на рис. 1:

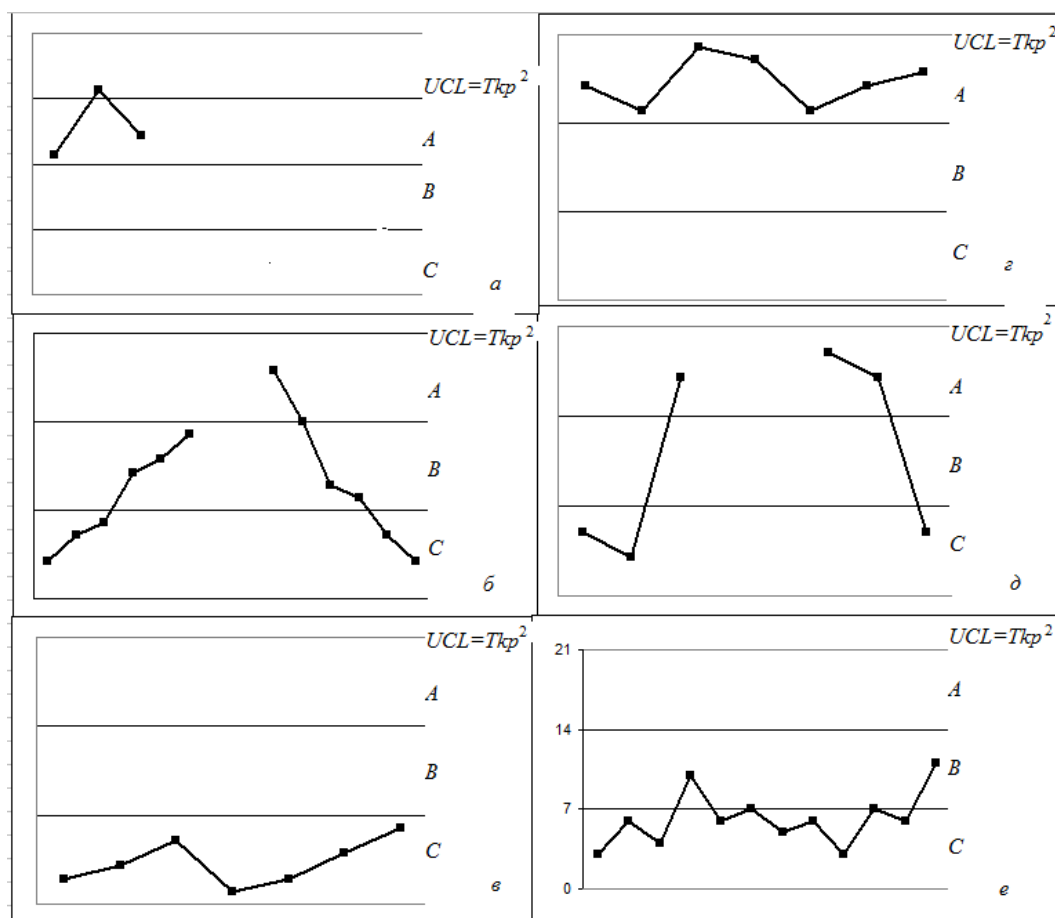


Рис. 1. Структури спеціального виду на карті Хотеллінга.

а) вихід точки, що відповідає розрахунковим значенням статистики Хотеллінга, за контрольну межу  $UCL$ ;



б) тренд (скільки точок поспіль на зростання або спадання в залежності від кількості контрольованих параметрів може розглядатися як спеціальна структура, тобто ймовірність появи такої кількості точок порівнянна з ймовірністю хибної тривоги);

в) наближення до осі абсцис (зона С: в діапазоні до  $1/3T_{кр}^2$ ) – скільки точок, розташованих підряд в цій зоні, в залежності від кількості контрольованих параметрів може розглядатися як структура спеціального виду;

г) наближення до контрольної межі (зона А);

д) різкі скачки на карті – на величину  $kT_{кр}^2$ ,  $k = 0,6 \div 0,9$  – при якому  $k$  при заданій кількості контрольованих показників  $p$  відповідний стрибок на карті може розглядатися як спеціальна структура [3];

ж) циклічність (скільки точок, розташованих у шаховому порядку, може розглядатися як структура спеціального виду) [4].

Представляє інтерес розрахунок ймовірностей появи структур заданого виду на карті Хотеллінга [5]: якщо ця ймовірність має той же порядок, що і заданий рівень значущості, то відповідна структура не може вважатися випадковою, і її поява на контрольній карті свідчить про нестабільність процесу.

Розрахунок ймовірності появи трендів на карті Хотеллінга проведений раніше: при контролі від двох до п'яти параметрів не випадковим (тобто свідчить про порушення процесу) є тренд з шести точок (ймовірність випадкового появи такої структури на карті близька до зазвичай використовується при багатовимірному контролі рівня значущості  $\alpha = 0,005$ , при контролі шести або семи параметрів свідчить про порушення тренд з семи точок.

### Список використаних джерел

1. 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>.

2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskyi M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

3. 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>.

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. P. 291-298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451>.

5. 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>.

УДК 631.001.04

## ANALYTICAL PROVISIONS FOR DETERMINING THE TECHNICAL READINESS OF GRAIN HARVESTERS

**D. M. MOZHARIVSKY**, Post Graduate Student  
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine*  
E-mail: mozolka208@gmail.com

Analytical provisions for determining the technical readiness of grain harvesters are revealed in theses. It is also stated that the technical readiness of grain harvesters determines the possibility of achieving the goal for which the system was created, i.e. to achieve the specified effect [1]. Decreasing the level of availability reduces the efficiency of the system or leads, in some cases, to losses [2].

Ability to execute the mode  $\rho$  determined by the state of the system  $S_r(t_\rho)$ , which means that  $\rho = \rho(S_r(t_\rho))$ , where  $r$  is the relative readiness of the system [3].

If specified  $\Theta_\rho$ ,  $t_\rho \geq 1$ ,  $\rho(S_r(\Theta_\rho)) > \rho(S_r(t_\rho))$ , as well as given resources (state of resources used in readiness management)  $V(\Theta_\rho)$ , then two problems arise [4].

1. Transfer the system  $S_r(\Theta_\rho)$  in  $S_r(t_\rho)$  in time  $|\Theta_\rho, t_\rho|$ , if resources are needed for this  $V(S_r(\Theta_\rho); S_r(t_\rho); |\Theta_\rho, t_\rho|) \leq V(\Theta_\rho)$ . At the same time, resources should be used optimally. And the concept of optimality is defined earlier.

2. Let  $V(S_r(\Theta_\rho); S_r(t_\rho); |\Theta_\rho, t_\rho|) > V(\Theta_\rho)$ . Then it is necessary to choose a mode that belongs to the same stage, which is closest to the defined mode in terms of a given measure.

Regardless of the type of problem, its solution requires the presence of information about  $S_r(t), t \in (0, T]$ . In addition, it is necessary to have a forecast of development  $S_r(t), \Theta; t < T$ , in order to predict a certain reaction to a specific alternative version of the development of the state, and the necessary information about  $V(t)$ , a forecast of resource costs for each development option  $S_r(t)$ , as certain volumes of work to maintain readiness may or will be required at any time [5].

Thus, readiness can be defined as a state from which the system can transition to any mode with a given probability. Which belongs to a selected subset of modes in

the presence of a certain number of resources. Accepting this definition. It is possible to single out a list of problems that are associated with the support of readiness: determining the reliability of state identification  $S_r(t)$ ; definition of the valid state (resource)  $V(t)$ ; determination of reach  $S_r(t_p)$ ,  $S_r(\Theta_p)$ ; calculation of the necessary resources for this  $V(S_r(\Theta_p); S_r(t_p); |\Theta_p, t_p|)$ ; construction of hypotheses about ways of development  $S_r(t), \Theta; t < T$ ; development of decisions on allocation and assignment of resources; development of the technological process of implementation of solutions and use of resources; management of the transfer process from  $S_r(\Theta_p)$  in  $S_r(t_p)$ ; informing management about  $S_r(t)$ .

Readiness is thus a function of time, state, and resources. Each mode of system operation is characterized by the attraction of a specific set of technical means, which, when used, ensure either entry into a new (next) mode, or staying in the current (set) mode. Such a system of technical means constitutes a complete structure of means with mechanical, energy and information connections. Then, readiness is determined by knowledge about the structures of technical means, their characteristics, etc., in other words, you need to have models of technical means of the system and have ranges of values of all attributes. This information can be recorded in the personnel qualification data or the knowledge base of the information support and decision-making systems.

Thus, the technical readiness of grain harvesters determines the possibility of achieving the goal for which the system was created, i.e. to achieve a certain effect. Decreasing the level of readiness reduces the effectiveness of the system or leads, in some cases, to losses that exceed not only the cost of the means of maintaining readiness or the system itself, but also the cost of the object on which such a system is installed.

### References

1. 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>.
2. 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>.
3. Rogovskii I. L. Analysis of grain losses by the classic threshing-separating device of the combine harvester. Scientific reports of NULES of Ukraine: electronic edition. Kyiv. 2021. № 4(92) (2021). <https://doi.org/10.31548/dopovid2021.04.012> file:///C:/Users/Ivan/Downloads/15140-35724-1-PB.pdf.
4. Rogovskii I. L. Methodology of performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. Collection of abstracts of the XXII International Scientific Conference "Modern

Problems of Agricultural Mechanics". October 16-18, 2021. Kyiv. Nizhyn. 2021. P. 122-125.

5. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Mikola Ohienko, Olga Snezhko, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss, Liudmyla Berezova. Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2021; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 214, illus., tabs., bibls. [https://www.wsia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon\\_Rogovskii.pdf](https://www.wsia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon_Rogovskii.pdf).

**УДК 631.763.1**

## **СТРУКТУРНІСТЬ СЕЗОННИХ ВІДМОВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

**Р. Р. ШАТРОВ**, аспірант

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: shatrov@nubip.edu.ua

Відмови зернозбиральної техніки в процесі її виробничого використання залежать від цілого ряду факторів: надійності машин, строків їх служби, умов експлуатації, якості і своєчасності технічного обслуговування і ремонту, кваліфікації і стажу механізаторів [1]. Залежно від наведених факторів усі відмови зернозбиральних комбайнів з технічних причин за складністю їх усунення поділяють на три групи.

Перша група – відмови, усунення яких здійснюється ремонтом або заміною окремих деталей без розбирання вузлів і агрегатів, а також відмови, усунення яких здійснюється позачерговим виконанням певних операцій, передбачених технічним обслуговуванням ТО-1. Відмови даної групи складають приблизно 17,0% від загальної кількості, а тривалість їх усунення не перевищує однієї години.

Друга група – відмови, які усувають ремонтом або заміною окремих вузлів і агрегатів, чи позачерговим виконанням певних операцій, передбачених технічним обслуговуванням ТО-2. На їх долю припадає найбільша кількість відмов – 78,7%, а тривалість їх усунення коливається в межах від кількох годин до часу однієї зміни в залежності від діючої системи технічного обслуговування і усунення відмов.

Третя група – відмови, усунення яких вимагає розбирання основних агрегатів і систем (двигуна, трансмісії тощо) в умовах ремонтної майстерні за допомогою спеціального обладнання, пристосувань, інструменту. Дані відмови є недопустимими в період збирального сезону оскільки, хоч вони і становлять незначну долю (4,3%), але тривалість їх усунення перевищує час однієї зміни.

Усунення відмов третьої групи складності вимагає значних обсягів монтажно-демонтажних робіт та участі фахівців різних спеціальностей.

Усереднені дані щодо відмов зернозбиральних комбайнів на підставі багаторічних досліджень, стосовно зернозбиральних комбайнів наведені в табл. 1. Найбільшу долю у відмовах молотарки займають відмови підшипників (27,7%) через вичерпання їх ресурсу або низьку якість виготовлення.

Відмови варіатора спричинюються руйнуванням маточини під шпонкою, що призводить до розриву пасів, обривання шпильок, зминання або зриву різі на валу відбійного бітера, а іноді і його руйнування. Намагання відновити працездатність комбайна примітивним методом (виточування і приварювання фланця), без заміни бітера, приводять до значних затрат часу із-за виникнення повторних відмов, які складають 18,5% від усіх відмов молотарки. Значну долю складають відмови транспортуючих органів зернового та колосового елеваторів (16,9%), які пов'язані з розривами транспортерів, обриванням скребків. Це призводить та заклинювання інших робочих органів. Із-за попадання скребків до похилого зернового шнеку відбувається руйнування зубів шестерень кутового редуктора. Недостатнє мащення редуктора також призводить до його відмов, що становить 6,2% відмов молотарки.

Таблиця 1 – Відмови, простої і трудомісткість їх усунення зернозбирального комбайна за сезон експлуатації.

| Назва агрегату чи системи комбайна | Відмови, % | Простої, годин | Трудомісткість усунення, люд.-год. |
|------------------------------------|------------|----------------|------------------------------------|
| Жниварка (підбирач)                | 21,9       | 2,04           | 2,30                               |
| Молотарка                          | 25,9       | 2,51           | 3,64                               |
| Двигун                             | 10,8       | 9,01           | 9,87                               |
| Механічні передачі                 | 12,7       | 0,84           | 0,83                               |
| Трансмісія                         | 9,6        | 2,80           | 3,32                               |
| Гідросистема                       | 13,9       | 1,66           | 1,32                               |
| Електрообладнання                  | 2,4        | 1,20           | 0,53                               |
| Обладнання для збору НЧУ           | 2,8        | 2,23           | 3,47                               |
| Всього                             | 100        | 22,29          | 25,28                              |

Відмови, що пов'язані з обривом транспортної дошки, руйнуванням решіт та подовжувача верхнього решета (7,7%), спричинюються несвоєчасною заміною спрацьованих деталей та забиванням робочих органів сировою масою вороху. Зафіксовані також поодинокі випадки відмов: руйнування веденого вала соломотряса та вала зернового шнека через забивання ворохом; поломка бича і підбичника барабана із-за попадання стороннього предмету; руйнування кулачкової напівмуфти; руйнування зварного шва пальця кріплення кронштейна механізму натягу паса приводу домолоту, кронштейна механізму включення головного контрприводу та кронштейнів кріплення кожуха вентилятора очистки.



Частина відмов (12,3%) робочих органів молотарки пов'язана із забиванням технологічною масою барабана, шнеків, елеваторів. Значну частину відмов жатки складають відмови деталей різального апарату (31%) (ніж, притискачі ножа, пальці): злам, згин через попадання сторонніх предметів та розрегулювання. Сюди також включені поломки і спрацювання щічок головки ножа. Руйнування роликів на транспортерах похилих камер та транспортерах підбирача, розриви транспортерів та обривання планок через залишкову деформацію та попадання сторонніх предметів становлять 18,2% відмов жатки.

Попадання сторонніх предметів до шнека жатки та бітера проставки та неправильне регулювання механізму вильоту пальців призводить до їх відмов (12,7%): деформування шнека і бітера, спрацювання та злам пальців, деталей механізму регулювання їх вильоту. Вихід з ладу механізму коливної шайби (9,1% відмов жатки) спричинений, в основному, виходом з ладу підшипників, послабленням посадочних місць під цапфи. Відмови підшипникових вузлів (7,3%) спричинені низькою якістю підшипників та несвоєчасним усуненням несправностей. Несвоєчасна перевірка технічного стану шківів приводу ножа та ведучого вала похилої камери призводить до руйнування посадочних місць (3,6%) і займає тривалого часу для усунення відмови. Злам граблин і дерев'яних планок мотовила (3,6%) відбувається внаслідок збирання полеглих і засмічених хлібів, а також через недостатню конструктивну міцність елементів мотовила. Характерними відмовами гідросистеми є вихід з ладу: клапанів (24,3% відмов гідросистеми); насосів НШ-32 (19,0%), НШ-10 і насос-дозатора НД-80 (13,5%); гідроциліндрів (13,5%) і розподільників (8,1%); шлангів (13,5%). Причини відмов: низька якість ущільнювальних елементів [2]; низька якість нових запасних частин [3]; неякісне виконання операцій при підготовці комбайна до жнив [4]; використання засміченої або неякісної робочої рідини в гідросистемі [5]. Всі підтікання вузлів гідросистеми викликані, в основному, низькою якістю ущільнень при ремонті. Відмови ланцюгових передач викликані, в основному, видовженням, розривами та спаданнями ланцюгів. Це ланцюги в приводі шнека жатки, зернового елеватора, вивантажувального шнека. Відмови пасів (розшарування, перекручування, розриви, видовження, підгоряння та інші) відбуваються майже в половині всіх передач, що є на комбайні і становлять 84,4% всіх відмов передач. За даними досліджень тривалість усунення експлуатаційних відмов становить близько 50...60% загальної тривалості простоїв через несправності в період збирання врожаю. Тому, за рахунок скорочення кількості експлуатаційних відмов можна значно скоротити терміни збирання врожаю і зменшити втрати.

### **Список використаних джерел**

1. 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>.

2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

3. 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>.

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. P. 291-298. [doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451](https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451).

5. 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>.

**УДК 631.001.04**

## **OPTIMIZATION METHODS OF PARALLEL COMPLEX SYSTEM OF MACHINERY OF PLANTING**

**I. M. SIVAK**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine*  
E-mail: [sivakim@ukr.net](mailto:sivakim@ukr.net)

Here sequential complexity of the simplest model of optimization of the parametric series introduces the main subject of interpretation in the application of the model concepts [1]. The result is a model that generalizes the model [2]. The product is defined by a set of characteristics. In this set, of course, are the optimizable parameters [3]. Parallel set consists of a finite set of elements  $u_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ , and uniquely determined by them:

$W = (u_1, \dots, u_n)$ .

With the help of the optimization is to determine the number of types of products and their optimal parameters, i.e.  $n$  and  $u_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ . To optimize parallel set, it is necessary to form the objective function and constraints [4]. The objective function is constructed as a function of effects  $n$  costs incurred for the selected complex [5]. In particular, accounted for total costs product development costs for the readjustment of the production costs production, costs, and effects – meet the needs in production, perform certain types of work, improving certain technical characteristics [6].

Effects and costs arising from the use of products, it is possible to determine, knowing the conditions of its use and purpose, as well as the volume of products used.

Specific condition of use of the product and its intended use conform to the required parameters of products  $x$ , i.e., the parameters that are optimal for the consumer, are not taken into account when certain types of effects and costs, particularly production costs. These are the required parameters of the products, in some cases, accurately determine the magnitude of the effects and costs arising from the use of products in the conditions in the appointment, the relevant  $x$ .

In the simplest optimization model of the parallel complexes specified volumes of production in the conditions of the relevant required parameters of products  $x$ :  $\varphi(x)$ . The function  $\varphi(x)$  is called the demand function. When different formulations of the problem it is interpreted differently, it could be average or total production volumes for a certain period, extreme volumes, etc. to define it, often it is necessary to apply appropriate methods. The assumption that demand is fully met, means that with the possibility of replacement of products with required parameters to  $x$  one of the types of products will be achieved specified volume of demand  $\varphi(x)$ . Let us dwell on the case of one-parametric number  $u_i \in [a, b]$ . Suppose that instead of products with parameter  $x \in [a, b]$  can be used only products with the next highest parameter  $u_i$ :

$$u_{i-1} < x \leq u_i, u_1 < u_2 < \dots < u_n.$$

For example, if for the carriage of containers necessary cars of a certain capacity  $x$  and operating costs grow with increasing load, it is natural that there will be used cars capacity  $u_i$ ,  $u_{i-1} < x \leq u_i$ . If such a change use the same quantities of products, it is possible to determine the total volumes of products with parameter  $u_i$ :

$$V^{(i)} = \int_{u_{i-1}}^{u_i} \varphi(x) dx, u_0 = a.$$

The total volume of products  $V^{(i)}$ ,  $i = 1, \dots, n$  it is necessary to know to estimate production costs for a given parametric range. Note that the interpretation of  $V^{(i)}$  (average, total, maximum volumes, etc.) to the interpretation of  $\varphi(x)$ . If we the cost per unit of production parameter  $u$ , produced in the volume  $V$ , we denote  $c(u; V)$  is the total production cost will be:

$$Z^{(n)}(W) = \sum_{i=1}^n c(u_i, V^{(i)}) \cdot V^{(i)}.$$

Consider the case when operating cost is proportional to the amount of used products. We denote the cost of operation of the unit volume production settings  $u$  used in conditions characterized by required parameters,  $x - g(u, x)$ . Then the total operating costs are:

$$Z^{(n)}(W) = \sum_{i=1}^n \int_{u_{i-1}}^{u_i} \varphi(x) g(u_i, x) dx.$$

Note that the function  $g(u, x)$  is interpreted according to  $\varphi(x)$  as the total cost for a certain period, medium, etc. As the target functions often take the total cost:

$$Z(W) = Z^{(z)}(W) + Z^{(n)}(W).$$

The assumption that is the product with the  $x$  option can be used only to produce the product with the next highest parameter  $u_i$ , often does not correspond to

reality. To reflect a wide range of applications, introduce features of applicability of  $\xi^{(i)}(x, W)$ . A function of  $\xi^{(i)}(x, W)$  is the proportion of the total volume of products used in the conditions corresponding to the parameter  $x$ , satisfy produce parameter  $u_i \in W$ . Obviously:

$$\sum_{i=1}^n \xi^{(i)}(x, W) = 1.$$

If the demand is fully met, there is the following relationship between the volumes and functions of the application:

$$V^{(i)} = \int_a^b \varphi(x) \xi^{(i)}(x, W) dx.$$

The value of the objective function in this case will depend not only on optimized neighborhood of  $W$ , but also the functions of applicability. If the functions of applicability is specified, the optimized number  $W$ . only Possible formulation of the problem, when along with the optimization of the range  $W$  can be optimized the functions of applicability. Function of applicability reflect the distribution of products according to the conditions of its use, in particular, the distribution of output between consumers. Influence of character of distribution of products between consumers on the value of the total cost until recently in the problems of optimal choice of production parameters was not analyzed. The work assumes the existence of an optimal distribution; this fact should be taken into account when using models. Sometimes the distribution of production is quite close to the optimum, this condition must be checked. Note that best meet the needs of each consumer does not always correspond to the optimum from the point of view of the total cost distribution.

It is possible to consider the two in a sense the opposite of the mechanism of distribution of products. One is a direct appointment by the consumer of a particular product. In this case, together with optimal production parameters must be determined and the optimal assignment, i.e. a function of applicability should be arguments to the target function. There are often some restrictions regarding the nature of product distribution, for example, all consumers who require a product with a parameter  $x$  supplied the same products. Such restrictions must be recorded in the statement of the problem, and restrictions on the functions of applicability.

Another mechanism of distribution of products – selling products. This mechanism is influenced by the prices of traded goods, the price change will change the distribution of products (even assuming that all manufactured products will be purchased and used). Distribution of products affects both the operational and production costs, then the same can be said about prices. The price of the product can be considered as one of the parameters, and technical parameters subject to optimization. Above, when determining the volume  $V^{(i)}$ , it was assumed that instead of some a given level of output with the required parameter  $x$  uses the same amount of products with parameter  $u_i$ . But it is possible that instead of the unit volume of products with the required parameter  $x$  can be used  $\theta^{(i)}(x, W)$  units of production on the parameter  $u_i \in W$ . A function of  $\theta^{(i)}(x, W)$  is a function of the substitutability and summarizes the coefficient of substitutability. Now in case of full satisfaction of demand:

$$V^{(i)} = \int_a^b \varphi(x) \cdot \xi^{(i)}(x, W) \cdot \theta^{(i)}(x, W) dx.$$

If  $g(u_i, x)$  is the operating costs arising from the operation unit of production by parameter  $u_i$  to the conditions corresponding to the desired parameter  $x$ , the total operating costs:

$$Z^{(z)}(W) = \int_a^b \varphi(x) \cdot \xi^{(i)}(x, W) \cdot \theta^{(i)}(x, W) \cdot g(u_i, x) dx.$$

The function of the applicability  $\xi^{(i)}(x, W)$ , a function of substitutability  $\theta^{(i)}(x, W)$  and a function  $\varphi(x)$ , called the demand function, allow us to construct the optimization model of the parametric range of products. Function of unit costs  $c(u; V)$  and  $g(u_i, x)$  are used to construct the objective function in the optimization, or rather souls of determining the production and operating costs. Thus constructed the optimization model of one-dimensional parametric range needs to be extended in several directions. First, it is necessary to optimize not only a one-dimensional parametric range, but also a parallel set of products, i.e. it is necessary to return to the interpretation of the  $u_i$  as a set of characteristics that determine the type of product, in particular, in the case of multidimensional parametric number  $u_i = (u_i^{(1)}, \dots, u_i^{(m)})$ ,  $m$  – dimensional vector.

Second, conditions may have not only the required values of the parameters (in the case of multi-dimensional series  $\bar{x} = (x^{(1)}, \dots, x^{(m)})$ ) but some other factors. For example, the effects and the costs arising from the operation of the machine, not only depend on its parameters  $\bar{x}$ , but also on the load factor  $\tau^\circ$ , the set of factors characterizing the operating conditions, in this case,  $\tau = (x, \tau^\circ)$ .

The set of all possible required values of the parameters will denote by  $X$ . It can be a finite set, especially if the function  $\varphi(\bar{x})$ ,  $\bar{x} \in X$  is determined by the poll:

$$X = (\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_m).$$

The set  $X$  may be different, for example, be determined by the restrictions:

$$a^{(j)} \leq x^{(j)} \leq b^{(j)}.$$

Function of applicability  $\xi^{(i)}(\bar{x}, W)$ , the substitutability  $\theta^{(i)}(\bar{x}, W)$ , demand  $\varphi(\bar{x})$  and the value of the unit operating costs  $g(u_i, \bar{x})$  and specific production costs  $c(u_i; V^{(i)})$  can be defined in the same way, only  $\bar{x} \in X$  is now a multidimensional quantity. In the case of a full satisfaction survey total volumes:

$$V^{(i)} = \int_X \varphi(\bar{x}) \cdot \xi^{(i)}(\bar{x}, W) \cdot \theta^{(i)}(\bar{x}, W) d\bar{x}.$$

$$\text{production costs: } Z^{(n)}(W) = \sum_{i=1}^n c(u_i; V^{(i)}) \cdot V^{(i)}.$$

$$\text{and operating costs: } Z^{(z)}(W) = \int_X \varphi(\bar{x}) \cdot \xi^{(i)}(\bar{x}, W) \cdot \theta^{(i)}(\bar{x}, W) \cdot g(u_i, \bar{x}) d\bar{x}.$$

Note that if  $X$  is a finite set, then  $\int_X \dots d\bar{x}$  becomes  $\sum_{\bar{x}_z \in X}$ .

Thus, the transition from the models of one-dimensional parametric optimization of a number of parallel optimization model of the complex. But there was not yet taken into account the fact that the terms of use of the product can definitely not be characterized by the required parameters,  $\bar{x}$ . In principle, to characterize these terms of use, you can consider a number of factors  $\tau \in T$ . For example, the conditions characterized by the kind of work you want to perform, and



the demand function  $\varphi(\tau)$  is the volume of work of the kind  $\tau$ . The function  $\varphi(\tau)$ ,  $\tau \in T$  can be interpreted differently depending on the view factor  $\tau$ . In particular, if the environment of the considered factors are the required values of parameters  $\tau = (\bar{x}, \tau^\circ)$ ,  $\varphi(\tau)$  is the volume of production parameter  $x$  in conditions characterised by factors  $\tau = (\bar{x}, \tau^\circ)$ . In the other case,  $\varphi(\tau)$  is the value of a certain effect in conditions characterized by factors  $\tau$ . If the function  $\varphi(\tau)$  interpreted one way or another, it is possible to define functions applicability  $\xi^{(i)}(\tau, W)$ , function of substitutability  $\theta^{(i)}(\tau, W)$  and the value of specific operating costs  $g(u_i, \tau)$  analogously as it was done above. In this extended model, if you set function  $\varphi(\tau)$ , production volumes and production and maintenance costs are determined the same way as was done above:

$$V^{(i)} = \int_T \varphi(\tau) \cdot \xi^{(i)}(\tau, W) \cdot \theta^{(i)}(\tau, W) d\tau; Z^{(n)}(W) = \sum_{i=1}^n c(u_i; V^{(i)}) \cdot V^{(i)};$$

$$Z^{(z)}(W) = \int_T \varphi(\tau) \cdot \xi^{(i)}(\tau, W) \cdot \theta^{(i)}(\tau, W) \cdot g(u_i, \tau) d\tau.$$

Conclusion. If  $\varphi(\tau)$  is not set, i.e. is subject to optimization, then turn to the General scheme of optimization of parameters of objects of standardization, namely to determine the effects and the costs incurred. from the use of products in conditions characterized by factors  $\tau$ , form the objective function and constraints and solve the corresponding formal mathematical optimization problem. The objective function in this approach, there may be some technical specifications that reflect the operation of parallel complex  $W$  as restrictions there may be restrictions on the total cost.

## References

1. 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>.
2. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash S. A., Troyanovskaya I. P., Sokolova V. A. Change of technical condition and productivity of grain harvesters depending on term of operation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 720. P. 012110. doi: 10.1088/1755-1315/720/1/012110.
3. Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Haponenko O. I., Ohienko M. M., Kulik V. P. Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks. INMATEH. Agricultural Engineering. 2020. Vol. 60(1). P. 45-52. <https://doi.org/10.35633/inmateh-60-05>.
4. 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>.
5. 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>.

6. Rogovskii I. L. Analysis of grain losses by the classic threshing-separating device of the combine harvester. Scientific reports of NULES of Ukraine: electronic edition. Kyiv. 2021. № 4(92) (2021). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.04.012> file:///C:/Users/Ivan/Downloads/15140-35724-1-PB.pdf.

УДК 631.001.04

## GROUP COMMUNICATIONS OF THE SYSTEM FOR RESTORATION OF WORKING CAPACITY OF GRAIN HARVESTING COMBINERS

I. M. NYCHAY, Post Graduate Student

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine*

*E-mail: nu4aj@ukr.net*

During development of a complex system of restoring the operational efficiency of agricultural machines [1], there is a problem of justifying a strategy that would allow obtaining the maximum possible effect from the operation of machines [2].

Usually, when setting the task of prevention, given characteristics of the reliability of agricultural machines are assumed: the function of the time distribution of the system's fault-free operation  $P(x)$  or its separate parts and the distribution function of the time of independent manifestation of failure  $\Phi(v)$  and maintainability characteristics: time distribution functions of various restoration works that can be carried out in the system [3]. These characteristics, as well as the strategy [4], according to which the terms of restoration work are assigned, determine the state of the system and the evolution of these states over time [5].

Let's assume that there are many  $E$  possible states of the system is finite  $E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$ . In this case, the process trajectories  $x(t)$ , describing the evolution of system states over time, are step functions. On the trajectories of this random process, we will define a functional which, with fixed reliability characteristics, will characterize the service strategy of the studied system. For a finite period of time  $[0, t]$  process trajectory  $x(t)$  given by the number of transitions  $m$ , moments of transition  $t_0=0 < t_1 < t_2 < \dots < t_m \leq t$  and  $E_{i_0}, E_{i_1}, \dots, E_{i_m}$ , in which the process is between moments of transition. Then we define the functional as a mathematical expectation:

$$M\{\sum_{k=0}^{m-1} c_{ik} \cdot (t_{k+1} - t_k) + c_{im} \cdot (t - t_m)\}, \quad (1)$$

where are constants  $c_i$  can be interpreted as the income received per unit of time spent in the state  $E_i$ . With long-term use ( $t \rightarrow \infty$ ) functional (1) tends to infinity. It is also necessary to consider the specific income, i.e.

$$I = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} M\{\sum_{k=0}^{m-1} c_{ik} \cdot (t_{k+1} - t_k) + c_{im} \cdot (t - t_m)\}, \quad (2)$$

Functional for the regenerating process  $I$  can be defined as

$$I = \sum_{i=1}^n c_i \cdot k_i = \sum_{i=1}^n c_{ik} \cdot \frac{M_i}{M} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \cdot M_i}{M}, \quad (3)$$

where  $k_i$  is the average time ratio  $M_i$ , held in the state  $E_i$  during the regeneration period, until the middle of the duration of this period  $M$ .

Process behavior  $x(t)$  depends on the distribution function of the system uptime  $P(t)$ . Time sharing function  $\xi$  independent manifestation of refusal  $\Phi(x)$  and characteristics that determine the timing of regenerating factors (precautionary prophylaxis is scheduled after a random time  $\eta$ , distributed by law  $G(x)$ ). Therefore, average durations also depend on these functions  $M$  and  $M_i()$ .  $i \rightarrow 1, n$  We consider, that the regeneration period begins at the moment of complete system renewal and at the same time another prophylaxis is prescribed. The studied functional (3) can be written as a fractional-linear functional of the species

$$I = I(G, \Phi, P) = \frac{A(x, v, y) dG(x) d\Phi(v) dP(y)}{B(x, v, y) dG(x) d\Phi(v) dP(y)}. \quad (3)$$

If the process  $x(t)$ , which describes the evolution of system states over time, takes a finite set of values and is regenerative, then the functional that characterizes the quality of system operation has the form of a fractional-linear functional (4) with respect to the time distribution function of fault-free operation  $P(t)$ , distribution functions of the time of independent manifestation of failure  $\Phi(x)$  and distribution functions  $G(x)$ , which determines the periodicity of preventive measures.

In expression (4) is a function  $A(x, v, y)$  and  $B(x, v, y)$  have the meaning of conditional mathematical expectations, provided that the event  $\{\xi=y, \eta=x, \zeta=v\}$ . Strategy restoring the efficiency of agricultural machines should be laid at the level of formation of the management system. An important problem is also the division of functions between the project and organizational subsystems, which is why some of the management functions (for example, determining the implementation terms, resource allocation) remain the prerogative of the center, which is not always effective. This type of structure is advisable to use in large systems for restoring the efficiency of agricultural machines, whose implementation conditions are not fully defined. Thus, in its pure form, none of the existing structures is ideal.

Let the total amount of work be determined a complex system of restoring the efficiency of agricultural machines, on the basis of which we develop a work schedule. In general, such a schedule can be presented in the form of a system consisting of objects of three types.

We will use the graph-theoretic description of the system:  $\Sigma = (Q, U, \varepsilon)$ , where  $Q$  is a set of peaks,  $U$  is the set of edges,  $\varepsilon$  is the incidence ratio that assigns  $y$  to each edge of  $U$  conformity a pair of vertices from  $Q$ :

$$u \in U \Rightarrow (\exists! \langle p, q \rangle \in Q \times Q) (u \varepsilon \langle p, q \rangle). \quad (5)$$

Functions describe the behavior of system elements and are represented by a set of sets:  $F = \langle R, f \rangle$ , where  $R = (A_i)_{i \in I}$  is a family of some basic sets  $A_i$  (signals, trajectories, resources, i.e. plurals, on which the functions are defined),  $f$  is the set of all representations

$$\prod_{i \in I_1} A_i \rightarrow \prod_{i \in I_2} A_i, I_1 I_2 \subset I \quad (6)$$

that is, functions that reproduce certain implementation tasks of a complex system of restoration of operational efficiency of agricultural machines. This is due to the consumption of resources. In this case, it is necessary to take into account the connections caused by the presence of type restrictions

$$\varphi_k[f_k(\prod_{i \in I} A_i)] \leq u_k. \quad (7)$$

where  $u_k$  is the limit of resources allocated for the implementation of the  $k$ -th function,  $\varphi_k$  – consumption of resources for the implementation of the  $f_k$  function.

Thus, the work schedule is a structure, the vertices of which are matched to functions, and the edges are the basis sets on which these sets are defined. Each vertex is characterized by the amount of resources consumed, the time it takes to perform its functions, and each edge can be characterized, for example, by bandwidth. To build an effective control system, it is necessary to optimize the distribution of functions  $f$  on the nodes of the system  $Q$ . One of the following functionals can be taken as the target function of the model of the distribution of functions on nodes: minimization of the total cost of tasks; minimization of the total time of tasks; minimizing the maximum time for solving tasks. Depending on the features of management a complex system of restoring the efficiency of agricultural machines, an integer optimization model for the distribution of individual tasks of a complex system of restoration of operational efficiency of agricultural machines by nodes is composed of the given target functions and constraints. To form a strategy restoring the efficiency of agricultural machines and building an effective management structure a complex system of restoring the efficiency of agricultural machines it is necessary to separate into groups the elements most strongly connected with each other and at the same time weakly connected with other elements. Such groups are called sets of works.

Conclusion. The considered model is an optimization problem and allows combining structural elements of a complex system of restoration of operational efficiency of agricultural machines in groups that are optimal from the point of view of minimizing intergroup connections. As a result, the two lower levels of the hierarchy are combined of a complex system of restoration of operational efficiency of agricultural machines, each of which is headed by a system that controls the functioning of the complex.

## References

1. 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>.
2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskyi M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

3. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskiy 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>.

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. P. 291-298. [doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451](https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451).

5. 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>.

**УДК 631.763.1**

## **СТРУКТУРНІСТЬ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL**

**Д. І. САКУНОВ**, аспірант

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: sakunov@nubip.edu.ua*

Агро-кліматичні умови є основою що створює портрет сільського господарства того чи іншого регіону і має значний вплив на локальний вибір технологій землеробства [1]. В цілому за попереднє століття клімат не зазнав таких значних змін як за останні десятиліття, а деякі технології обробки ґрунту стали традиційними [2]. Але тенденції зміни клімату і технологій у двадцять першому столітті кидають виклик аграріям не тільки в Україні, а й у світі в цілому [3]. Кліматичні зони України зміщуються на північ та захід, спека і посухи стають все більш катастрофічними і ті технології, які ще вчора були ефективними сьогодні не забезпечують повної віддачі [4].

Значна частка посівних площ України знаходиться в зоні ризикованого землеробства, відповідно ризик втрати урожаю, в посушливий рік, є постійним супутником Українського землероба, а фактор глобальної зміни клімату посилює такі ризики [5]. Останні десятиліття клімат демонструє тенденцію до загального потепління, яке охоплює всю територію нашої країни, а рівень підвищення температури повітря навіть дещо випереджає середньосвітовий. Основний параметр зміни клімату це зміна середньої річної температури повітря на висоті 1 метр над поверхнею землі.

За останні 30 років середня річна температура повітря в Україні підвищилася більше, ніж на 1 °С. Відхилення температури повітря від норми по всій території України у період 1989-2019 рр. була найбільшою за всю історію інструментальних спостережень за погодою. Середньо-річна кількість опадів за



останні десятиліття зменшилась не суттєво, але спостерігається тенденція до збільшення нерівномірності їх розподілу у часі та просторі. Варто зауважити що в умовах загального потепління ефективність опадів для агровиробництва також зменшується. Значна кількість опадів у вегетаційний період випаровується або стікає з поля і не встигає потрапити в глибокі шари ґрунту і наповнити його дорогоцінною вологою. В останні роки рівень середньої норми опадів підтримується в основному за рахунок короткочасних та інтенсивних злив. Відхилення від норми не тільки почастишали, але і стають тривалішими. Значення середньорічної температури в Україні більше ніж 10 °С було зафіксовано лише у 2007, 2015, 2019 і 2020 роках.

2020 рік був найтеплішим за всю історію спостережень в Європі, а останні шість років – найтеплішими у всьому світі. У 2020 році середня кількість опадів в Україні була на 8% нижче норми. Найбільш посушливими були східні та південні регіони України. Разом з цим кліматологи Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського підвели погодні підсумки найтеплішого року у столиці. Середньорічна температура у Києві перевищила кліматичну норму і виявилася рекордною з 1881 року.

В Україні в цілому січень 2020 року був посушливий, лише наприкінці місяця спостерігались короткочасні опади у вигляді дощу та мокрого снігу. В лютому випала значна кількість опадів, подекуди навіть перевищила багаторічні норми. Березень та квітень був посушливим для більшості областей України. В травні випала рекордна кількість опадів. Значні опади спричинили шкоду на заході країни, підтопивши сільськогосподарські угіддя. Протягом червня грозові дощі не припинялися в західній частині України. Липень відзначився локальним випадінням значних опадів у деяких областях. Упродовж серпня прослідковувалась посуха в північних, східних, південних та центральних областях. Вересень виявився найпосушливішим місяцем для східних областей. На заході України випала найменша кількість опадів упродовж всього року. У 2020 році в Донецькій, Луганській та Запорізькій областях випала найменша кількість опадів за 11-ти річний період спостережень. Отже, 2020 рік виявився аномально посушливим, спостерігався дефіцит опадів, а тривалість періодів посухи – зростає. Лише в Закарпатській області річна кількість опадів знаходилась в межах багаторічної кліматичної норми, на решті території менше норми. В південних, центральних та східних областях відчувався дефіцит вологи впродовж року.

Збільшення кількості екстремальних опадів та прискорене танення снігу внаслідок глобального потепління, є одним із факторів, що прискорює ерозійну деградацію ґрунтів. Ерозія спричиняє не лише втрати мінеральної, але й органічної частини ґрунту, що знижує його родючість.

Зважаючи на те, що процес регенерації ґрунтів дуже повільний, а кількість деградованих земель в Україні зростає і подальші прогнози не втішні, питання впровадження протиерозійних заходів стає досить гостро.

Отже, зважаючи на зміни клімату, що спричиняють брак вологи зростає необхідність впровадження нових агротехнологій, що дозволяють зберегти

вологу і більш ефективно використовувати її наявні запаси. Однією із таких технологій є смугова обробка ґрунту «Strip-Till».

Батьківщиною технології Strip-Till є Сполучені Штати Америки, де вона досить широко практикується протягом останнього десятиліття. За цією технологією вирощують просапні культури й овочі, а найбільшого поширення технологія набула для вирощування кукурудзи. Суть технології Strip-Till полягає в обробці ґрунту смугами з локальним внесенням добрив. Оброблювана смуга очищається від рослинних решток і розрихлюється, а добрива закладаються на задану глибину, при цьому в міжрядді залишається стерня, поживні рештки і недоторкана структура ґрунту. Оброблена смуга має U подібний профіль, ширина якого складає приблизно 25-30 см, а глибина – до 30 см, міжряддя – 70 см. Обробка ґрунту проводиться зазвичай восени, але існує і практика весняного нарізання смуг перед посівом, або з одночасним проведенням цих двох операцій. Посів здійснюється просапною сівалкою за допомогою точного сигналу GPS.

Технологія Strip-Till має ряд переваг:

1. Одна із ключових переваг технології, з огляду на вищеописані зміни клімату в Україні та й в світі в цілому це збереження вологості, в порівнянні із системами інтенсивної обробки ґрунту. Завдяки поживним решткам (що залишаються в міжряддях) більша частина поля залишається під мульчою яка захищає від випаровування вологості.

2. Локальне розміщення добрив. Поживні речовини закладаються туди, де вони будуть найбільш ефективними (в прикореневу зону), особливо це стосується фосфору, враховуючи його малу рухливість у ґрунті.

3. Економія пального і людських ресурсів. Кількість технологічних операцій зменшуються і витрати пального також. До посіву потрібно здійснити лише 1 прохід. Зменшення витрат пального напряму свідчить про зменшення мотогодин напрацювання трактора, як наслідок зменшуються витрати на обслуговування та ремонт.

4. Покращення структури ґрунтів. Рослинні залишки залишені біля поверхні ґрунту є джерелом живлення для корисних бактерій, грибів та комах, а черв'яки риють у ґрунті ходи, у які затачують рослинні рештки і переробляють їх на гумус. При довготривалому використанні технології Strip-Till було помічено збільшення популяції черв'яків та їх маси.

5. Зменшення ущільнення ґрунту завдяки зменшенню проходів техніки.

6. Контроль ерозії. Міжряддя залишаються недоторканими і стерня допомагає утримувати землю на місці, зменшує кінетичну енергію крапель дощу і руйнування ґрунтових агрегатів і зменшує швидкість руху повітря біля поверхні поля, таким чином зменшуючи вітрову та водну ерозію.

6. Прибутковість. Урожайність за технологією Strip-Till не менша, а то і більша ніж за традиційних систем землеробства, але при цьому потребує менших затрат.

Технологія Strip-Till на теренах США відома не перший рік, досить непогано досліджена і довела свою ефективність, про що свідчить готовність американського фермера платити немалі гроші за Strip-Till агрегат.

Цікавий факт: Американський фермер Девід Хула (David Hula) у 2017 році використовуючи технологію Strip-Till та зрошення досягнув неймовірної урожайності кукурудзи – 33,4 т/га. І став переможцем у Національному конкурсі врожайності кукурудзи (National Corn Yield Contest). І вже за два роки він поновив власний рекорд, виростивши 38,63 т/га.

В Україні, останніми роками, особливо після посушливого 2020 року, технологія Strip-Till також набуває все більшого практичного впровадження та демонструє свою ефективність та при цьому вона залишається не достатньо дослідженою.

Вітчизняними науковцями описано загальну характеристику технології Strip-Till її застосування та конструкцію Strip-Till культиваторів, розказано про перспективність цієї технології, описано переваги та недоліки технології та висвітлено шляхи реалізації технології.

Кожна технологія має свої переваги та недоліки і особливості впровадження – технологія Strip-Till не виняток. В одних господарствах технологія проваджується досить легко і вже після збору врожаю та підведення підсумків підтверджує свою ефективність, а в інших господарствах може бути все навпаки. Одною із багатьох причин такого явища є конструкційні особливості Strip-Till культиваторів які витікають із творчого польоту розробника та конкретних агрокліматичних умов для яких ці агрегати розробляються. Також значний вплив на деякі конструктивні особливості має культура праці та ведення сільськогосподарського бізнесу в тому чи іншому регіоні. Наприклад ні для кого не секрет, що школа машинобудування в Європі і США має багато відмінностей.

Під час тестових показів Strip-Till культиваторів на українських полях було помічено високу вірогідність забивання робочих органів культиватора пожнивними рештками, що зменшувало продуктивність праці, так як оператор повинен припинити роботу з обробки ґрунту і витратити час та зусилля на очищення агрегату від пожнивних решток.

### **Список використаних джерел**

1. 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>.

2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskyi M., Rogovskii I., Mikhaïlova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

3. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskiy 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>.

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. P. 291-298. [doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451](https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451).

5. 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>.

**УДК 631.001.04**

## **ADDITIVITY IN SYSTEM OF RESTORATION OF PERFORMANCE OF GRAIN HARVESTING COMBINERS**

**L. L. TITOVA**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine*  
*E-mail: l\_titova@nubip.edu.ua*

The analysis of factors affecting the technical condition of combine harvesters (further – combine) shows that, in addition to operating conditions, the repair system has a significant impact [1]. Currently, the system of repairs is carried out according to the system of preventive repairs [2], a characteristic feature of which is the implementation of preventive and repair work through equal and multiple periods [3], expressed in mileage kilometres or calendar terms [4].

However, with the equality and multiplicity of the designated maintenance periods [5], the existing system does not take into account the change in technical condition and reliability [6], which occurs as a result of the action of various operating conditions [7]. The lack of accounting for these features is one of the reasons for the increased damage of machinery in operation [8], and leads to a decrease in the number of machinery employed in the production of agricultural products [9]. Therefore [10], one of the main ways to increase the operating time of the equipment between the relevant types of repairs is to further improve the planning of putting the equipment into repair, taking into account their technical condition. In this regard, the task of determining a rational system of maintenance of equipment taking into account its technical condition is important and relevant [10]. The selection of inter-repair periods is carried out on the basis of minimizing the specific costs of funds per unit of equipment production [11].

The task is solved for the accepted periodicity of the repair

$$C_y = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} C_t \Rightarrow \min, \quad (1)$$

provided that  $T_y \leq \frac{qK_\phi N}{W} - 1$ , where  $T_y$  – the total time the equipment is in all types of repairs per work  $t$  taking into account repair technology;  $C_y$  – specific costs of funds;  $C_t$  – expenses for scheduled and unscheduled repairs, taking into account the repair technology for earnings  $t$ ;  $q$  – the productivity of the equipment in working condition if there is a work front;  $K_\phi$  – coefficient of availability of work front;  $N$  – equipment park;  $W$  is the productivity of the equipment required to perform a given volume of work in a given period.

The system of scheduled restorations for equipment is built according to the periods of restoration of its nodes and elements, obtained as a result of repeated selection of periods by solving problem (1).

The equipment model is built with the assumption that the equipment consists of a set of elements  $\{\omega_i\}$ ,  $i = \overline{1, M}$ , the failure of each of which is an independent event and the intensity of equipment failures will be:

$$\lambda(t) = \sum_{i=1}^M \lambda_i(t), \quad (2)$$

where  $\lambda_i(t)$  – intensity of element failures  $\omega_i$ ,  $t$  – mileage (service life) of the equipment from the moment of its construction.

We will set the system as a set of pairs  $\{x_k, V_k\}$ ,  $k = 1, 2, \dots$ , where  $x_k$  – mileage (work-in), during which repairs are carried out in volume  $V_k$ .

To assess the impact of repairs, in volume  $V_k$  on the intensity of failures of its equipment, it is suggested to use the repair model:

$$\lambda(t|x, V) = R_x^V \lambda(t), \quad t \geq x, \quad (3)$$

where  $x$  – mileage (work-up), after which extensive repairs are carried out  $V$ ;  $R_x^V$  – repair operator.

Let's consider the classic model of the repair effect, which represents the replacement of one or another element with a new one.

Let  $t_1, t_2, \dots, t_M$  the last moments of earnings, when the corresponding elements were replaced. In this case, taking into account (2) and (3), we have:

$$\lambda(t|x, V) = R_x^V \lambda(t|t_1, t_2, \dots, t_M) = \sum_{\omega_i \in \Omega \setminus V} \lambda_{\omega_i}(t - t_i) + \sum_{\omega_i \in V} \lambda_{\omega_i}(t - x).$$

In this ratio  $t \geq x \geq \max_{1 \leq i \leq M} \{t_i\}$ . The main requirement for the reliability of the volume  $V$  and earnings  $x$  is that after earning  $\ell$  the intensity of failures did not exceed values  $\bar{\lambda}$ .

The requirement for reliability of equipment can be written in the form:

$$\sum_{\omega_i \in V} \varphi(\omega_i) \geq \alpha,$$

where  $\varphi(\omega_i) = \lambda_{\omega_i}(x + \ell - t_i) - \lambda_{\omega_i}(\ell)$  and  $\alpha = \sum_{\omega_i \in \Omega} \lambda_{\omega_i}(x + \ell - t_i) - \bar{\lambda}$ .



With a certain degree of accuracy, spending money on repairs in volume  $V$  can be estimated as follows:

$$F(V) = \sum_{\omega_i \in \Omega} f(\omega_i),$$

where  $f(\omega_i)$  – expenses for restoration (repair) of the element  $\omega_i$ .

Note that the actual costs will not exceed the value  $F(V)$ . Thus, if  $x$  given and given  $\ell, \bar{\lambda}$ , then we come to the problem:

$$F(V) \rightarrow \min, \quad (4)$$

provided  $\sum_{\omega_i \in V} \varphi(\omega_i) \geq \alpha$ ,  $V \subseteq \Omega$ . Regarding the determination of the rational volume of repairs, we have that the solution to problem (4) can be presented in the form:

$$V_*(\mu) = \{ \omega \in \Omega : f(\omega) - \mu \cdot \varphi(\omega) \leq 0 \},$$

where is the Lagrange multiplier  $\mu$  is determined from the condition  $\sum_{\omega \in V_*} \varphi(\omega) \geq \alpha$ .

Based on the fact that the intensity of failures is determined by statistical data for the equipment that is included in the sample, it will be rational, from the point of view of the introduction of errors, to carry out calculations of the system of their retention through the H-characteristics of nodes and aggregates for which all the provisions of the relevant  $\lambda$ -characteristic.

The rational amount of repair of equipment will be called such amount of repair  $V$ , which must be performed at the moment  $x$  ( $x$  is the amount of work (mileage)) so that at the moment  $x + \ell$  ( $\ell$  – earnings (mileage) from moment  $x$ ) growth rate of the average number of failures  $h(x + \ell)$  would not exceed the predetermined value  $\bar{h}$ .

The growth rate of the average number of failures for earnings (mileage)  $x + \ell$  (under the condition that at time  $x$  the repair volume  $V$  is carried out) will be:

$$h(x + \ell | x, V) = \sum_{i \in \Omega \setminus V} h_i(t) \Big|_{t=x+\ell} + \sum_{i \in V} h_i(t-x) \Big|_{t=x+\ell},$$

it should not exceed, that is:

$$h(x + \ell | x, V) \leq \bar{h}. \quad (5)$$

If, in case of restored equipment (repair of volume  $V$ ), elements are replaced with new ones, then condition (5) will have the following form:

$$\sum_{i \in \Omega \setminus V} h_i(x + \ell) + \sum_{i \in V} h_i(\ell) \leq \bar{h}. \quad (6)$$

Inequality (6) can be written in the form:

$$\sum_{i \in \Omega} h_i(x + \ell) - \sum_{i \in V} h_i(x + \ell) + \sum_{i \in V} h_i(\ell) \leq \bar{h}, \text{ or } \sum_{i=1}^N h_i(x + \ell) - \bar{h} \leq \sum_{i \in V} (h_i(x + \ell) - h_i(\ell)).$$

Note that

$$\varphi_i = h_i(x + \ell) - h_i(\ell), \alpha = \sum_{i=1}^M h_i(x + \ell) - \bar{h}, \quad (7)$$

then  $F_2(V) = \sum_{i \in V} \varphi_i$ , shows how much the growth rate of the average number of failures per moment will decrease  $x + \ell$  under the condition that at time  $x$  the repair volume  $V$  is carried out. To solve the problem, it is necessary to

$$F_1(V) = \sum_{i \in V} c_i \rightarrow \min, F_2(V) = \sum_{i \in V} \varphi_i \geq \alpha.$$

In terms of  $N$  the characteristics of determining the rational amount of repair came down to the need to minimize the cost of repair (4) in such a way that the sum of the difference in the rate of increase in the average number of failures of all the elements of equipment that were repaired was at least  $\alpha$ , which is determined by formula (7).

The task of determining a rational maintenance system is a multi-parameter task and boils down to determining the minimum of a function that depends on three variables: the maximum allowable growth rate of the average number of failures  $\bar{h}$ , the minimum mileage between the nearest repairs  $\ell$  and mileage until the end of the operation of equipment  $X$ .

The results that were obtained in the process of solving the scientific problem do not contradict the known results, are characterized by additional elements of novelty and are distinguished by a higher efficiency of practical application.

### **References**

1. Тітова Л. Л., Надточій О. В. Використання системи масового обслуговування для оптимізації затрат на обслуговування комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. 2016. Вип. 251. С. 140-151.
2. Тітова Л. Л., Надточій О. В., Роговський І. Л. Аналіз динаміки комбайнового ринку України. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2016. Вип. 20. С. 254-262.
3. Тітова Л. Л., Надточій О. В. Технічні фактори і їх вплив на значення втрат зерна за молотаркою. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». 2016. Вип. 10/1 (29). С. 86-90.
4. Тітова Л. Л., Надточій О. В. Побудова дорадчої системи діагностування зернозбиральних комбайнів на основі бази знань. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 254. С. 56-69.
5. Тітова Л. Л., Надточій О. В. Рациональне використання ресурсів фермерським господарством. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 367-379.
6. Тітова Л. Л., Надточій О. В. Оцінка впливу факторів на витрату палива зернозбиральним комбайном. Науковий вісник Національного університету

біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 275. С. 93-106.

7. Тітова Л. Л., Надточій О. В. Аналіз багатоканальної системи масового обслуговування при сталому і несталому режимах роботи зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2018. Вип. 282. С. 160-173

8. Тітова Л. Л., Надточій О. В. Оптимізація навантаження збиральних ланок залежно від терміну експлуатації. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Вип. 10. № 2. С. 97-102.

9. Titova L. L. Criteria for evaluation of efficiency of using machines in agricultural complex. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 2. P. 151-156.

10. Тітова Л. Л. Інформаційно-динамічна модель управління сервісним відновленням працездатності зернозбиральних комбайнів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2022. Випуск 30(44). С. 71-81.

11. Тітова Л. Л., Надточій О. В. Інженерний менеджмент впливу показників безвідмовності і ремонтпридатності зернозбирального комбайна на ефективність його машиновикористання. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів. 2022. Вип. 2(48). С. 76-82. <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.2.11>.

**УДК 631.763.1**

## **ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ РОСЛИН**

**І. О. ОСАДЧИЙ**, аспірант

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: osadchiy@nubip.edu.ua*

Для підвищення економічної ефективності й конкурентоспроможності виробництва соняшнику та кукурудзи, процес вимагає впровадження сучасних інноваційних технологій для підвищення КРІ з гектара землі [1]. Значну увагу слід приділяти організаційно-технологічним чинникам внутрішнього середовища сільськогосподарських товаровиробників. Унаслідок зміни кліматичних умов відбувається поступова зміна технології вирощування зернових культур [2]. Зміна технології вирощування передбачає перехід на нові сільськогосподарські агрегати, які забезпечуватимуть точне землеробство [3]. Без правильного обґрунтування ефективності використання новітніх технологій

в сільському господарстві фермерським господарствам неможливо здійснити правильний вибір техніки та обладнання яке допоможе збільшити врожайність та підвищити ефективність [4].

Тобто науково-обґрунтований підхід до впровадження сучасних технологій в процес вирощування сільськогосподарських культур є запорукою збільшення Україною врожайності і, як наслідок, її експортного потенціалу [5].

Дані дослідження будуть актуальними для найбільших агровиробників України, таких як: Кернел, МХП, ІМК, Континентал, Укрлендфармінг, Епіцентр, Аропросперис. Такі компанії інвестують мільйонні бюджети в системи точного землеробства, в новітні технології та в техніку яка підвищує ефективність ведення сільського господарства [6].

Розвиток технологій призвів до здешевлення й популяризації використання комп'ютерних систем і навігації у землеробстві [7]. Відносна дешевизна супутникових сигналів і доступність пристроїв високої точності супутникової навігації дали можливість їх використання у різних галузях сільського господарства. Засобом реалізації цих технологій є спеціально розроблене програмне забезпечення засноване на використанні ГІС-технологій. Воно дає можливість впровадити у сільське господарство точне землеробство.

Точне землеробство отримало велике розповсюдження у багатьох країнах. Воно розглядає кожне поле як одиницю обліку з неоднорідними за рельєфом, ґрунтовим покривом, агрохімічним вмістом і спрямоване на застосування на кожній ділянці поля різних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Одним із найбільш комп'ютеризованих робіт у сільському господарстві є обприскування. Самохідні машини які виконують дану роботу володіють великою кількістю різноманітних систем для виконання процесу обробітку поля. Одними з них є:

- Системи розкладання-складання штанги.
- Система контролю внесення.
- Системи посекційного або по форсункового контролю.
- Системи контролю висоти штанги.
- Системи передачі даних.
- Погодні системи.
- Системи навігації.

Всі ці системи є високотехнологічні та ефективні при правильному їх використанні. Однією з швидко розвиваючоюся системою є навігаційна система. Багато літератури описує її значення в сільському господарстві та ефект при використанні. Але технології розвиваються швидшими темпами ніж література чи наукові обґрунтування які їх описують. Наукова література в основному сконцентрувалася на системах GPS навігації. На сьогоднішній день з'явилися більш технологічні і ефективніші системи ведення машини по полі які значно ефективніші та саме головне зменшують втрати врожаю при роботі обприскувача. До таких систем відносяться системи ведення по ряду за

допомогою камер які працюють в парі з датчиками ведення по ряду при повному закритті ряда рослиною.

Дані системи вже є базовими в комплектації самохідних обприскувачів і повинні бути науково обґрунтовані для правильного використання їх в українських підприємствах.

Об'єктом дослідження є процес обробітку поля самохідним обприскувачем при використанні різних типів навігаційних систем. Порівняння впливу різних типів систем на ефективність роботи машини, втрату врожаю, швидкості роботи, втомлюваності оператора.

Предметом дослідження є визначення найбільш ефективного типу системи з перелічених нижче на просапних культурах таких як, соняшник та кукурудза в різних фазах росту рослини:

- Обприскування в ручному режимі.
- При використанні автопілоту на безкоштовному сигналі.
- Обприскування на платному сигналі з точністю до 2 см.
- Обприскування з використанням камери.
- Обприскування з використанням камери та радарних датчиків.

На тлі збільшення світового споживання внаслідок збільшення населення світу та загострення продовольчої кризи підвищили значущість Українського АПК. Частка валютних надходжень від експорту продукції сільськогосподарського виробництва і переробки зумовили можливості розвитку та впровадження технологічних новинок в процес виробництва, тому що зміна клімату вимагає пошук нових підходів до вирощування сільськогосподарських культур. Пошук нових методів механізації й автоматизації технологічних процесів вирощування зумовлює обирання новітніх підходів до ресурсощадних технологій, а саме: забезпечення якісного використання дорогоцінних препаратів, збереженню врожаю в процесі його обробітку, використання технологій для зменшенню шкоди ґрунту (таких як колійність).

Тому метою роботи є проведення порівнянь використання навігаційних систем на обприскувачі господарством, що спрямована на удосконалення виробництва і мінімізацію впливу на довкілля.

Завданням є визначення тих навігаційних технологій точного землеробства які підвищать ефективності виробництва; поліпшить якість продукції; більш ефективне використання навігаційних засобів; економія енергоресурсів; захист ґрунту і підвищення ефективності роботи механізатора.

### **Список використаних джерел**

1. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Analytical provisions of the influence of completeness of technical control on the reliability of self-propelled sprayers. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: mechanization and automation of production processes. 2021. Issue 1 (43). P. 14-21. <https://doi.org/10.32845/msnau.2021.1.3>.



2. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Analytical coefficient of technical readiness of self-propelled sprayers with variable seasonal operating time. Scientific and technical principles of development, testing and forecasting of agricultural machinery and technologies. XXI International Scientific Conference, village Research, Ukraine, September 22, 2021: abstracts of the conference. Research. 2021. P. 71-75.
3. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Safety measures in recovery of self-propelled sprayers. OSHAgro – 2021. I International Scientific and Practical Conference, Kyiv, Ukraine. September 30, 2021: abstracts of the conference. Kyiv. 2021. P. 154-157.
4. 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.
5. Rogovskii I. L. Methodology of performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. Collection of abstracts of the XXII International Scientific Conference "Modern Problems of Agricultural Mechanics". October 16-18, 2021. Kyiv. Nizhyn. 2021. P. 122-125.
6. 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>.
7. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskyi M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

**УДК 631.3**

## **ВИКОРИСТАННЯ АГРОДРОНІВ В СИСТЕМІ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**

**К. В. ВАСИЛЬКОВСЬКА**, канд. техн. уаук, доцент,

**І. А. АНДРІЄНКО, А. С. ФІЛОНЧУК**

*Центральноукраїнський національний технічний університет,*

*м. Кропивницький. Україна*

*E-mail: vasilkovskakv@ukr.net*

Агродрони сьогодні стали невід'ємною частиною системи точного землеробства. Вони є важливим сегментом світового ринку, який стрімко

розвивається і в Україні [1]. В умовах сьогодення, коли стало неможливим в військовий час виконувати операції з обприскування полів сільськогосподарською авіацією, це дало поштовх до збільшення попиту на агродрони для внесення добрив та засобів захисту рослин.

Таким чином, пошук нових технологій для збільшення врожайності сільськогосподарських культур є першочерговою умовою для переходу на новий рівень господарювання.

Агродрони можуть бути корисними сільськогосподарським підприємствам, які вирощують сою, пшеницю, соняшник, кукурудзу, ріпак, цукрові буряки, тощо. Дрони можуть бути використані для обміру полів, що економить час роботи в десятки разів.

При використанні агродронів основними їх функціями є:

1. При використанні для досліджень та аналітики за допомогою агродронів складаються карти для внесення добрив, гербіцидів та десикації. Розробляються карти розвитку бур'янів, карти індексів вегетації (рис. 1), карти рельєфу та виконується замір полів. Також за допомогою агродронів можна визначити кількість та густоту рослин, отримати інформацію про забруднення бур'янами, доступність до води, тощо [2].

2. При використанні агродронів для внесення гербіцидів, добрив, використанні з метою боротьби із шкідливими організмами за допомогою трихограм, тощо. Так, як дрони можуть працювати максимально низько, то це сприяє здійсненню максимально точного обробітку посівів з оптимальною.

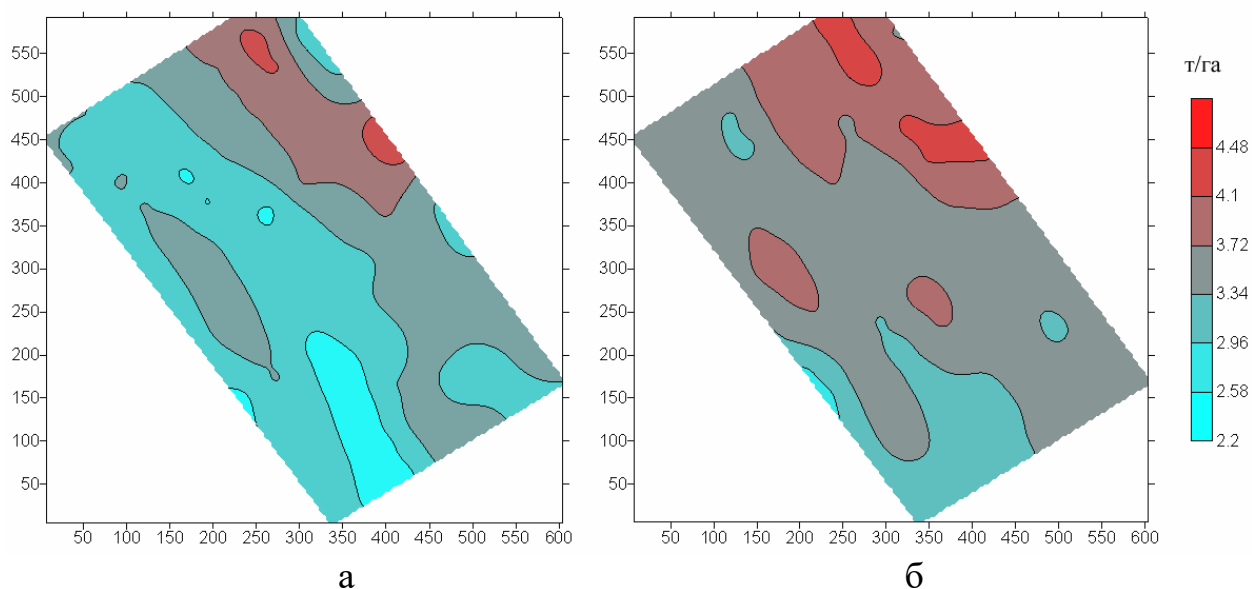


Рис. 1. Картограми врожайності зернових:

а – на стадії молочної стиглості; б – на стадії повної стиглості

Отже, агродрони відмінно підходять для роботи в умовах підвищеної вологості – там, де застосування наземної техніки неможливе, наприклад після дощу.

Дрони мають змогу літати досить низько, ніж інша авіатехніка, що гарантує високу точність обприскування, економію хімікатів та мінімізацію шкоди для навколишнього середовища [3].

Багатофункціональне застосування агродронів: моніторинг полів та посівів, дистанційний обмір території, створення карток з внесення гербіцидів, розселення трихограм, визначення індексу вегетації або концентрації бур'янів, внесення добрив, хімікатів, а також десикації посівів з точним дозуванням та мінімальними витратами.

Отже, використання агродронів в сільськогосподарському виробництві досить затратне, але безумовно перспективне технологічне рішення для системи точного землеробства.

### Список використаних джерел

1. Бугай М. Точне землеробство: кожен колосок – як на долоні. Агробізнес сьогодні. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/14321-tochne-zemlerobstvo-kozhen-kolosok-iak-na-doloni.html> (дата звернення: 25.01.2022).
2. Аніскевич Л.В., Войтюк Д.Г. Управління режимами роботи збиральних машин в системі точного землеробства. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ. 2010. Вип. 40(2). С. 3-11.
3. Lysenko, V., Bolbot, I., Romasevych, Y., Loveykin, V., Voytiuk, V. Algorithms of robotic electrotechnical complex control in agricultural production. Control Systems: Theory and Applications, – 2018. pp. 271-289.

УДК 631.34

## КОМБІНОВАНИЙ ГРУНТООБРОБНИЙ АГРЕГАТ

**В. М. МАРТИШКО** кандидат технічних наук, доцент,  
**А. В. РОСТОВСЬКИЙ**, студент  
*НУБіП України,*  
*E-mail: vm.mart@ukr.net*

**Мета роботи.** Покращення якості обробітку ґрунту в садах шляхом вибору комплексу машин і розробки пристрою для знищення бур'янів і вирівнювання пристовбурних смуг в садах

**Результати роботи.** Машини для обробітку ґрунту в садах, зокрема дискові борони обладнані спеціальними причіпними пристроями, які дозволяють агрегувати 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 ґрунту 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 ґрунту міжряддях ускладнює в подальшому обробіток пристовбурних смуг, застосування плодозбиральних та інших машин. В пристовбурній смузі утворюється мікротераса шириною до 1 м і висотою до 25 см.

Кількість ґрунту, яку необхідно перемістити із центру міжрядь в пристовбурні смуги можна визначити так:

$$Q = 5 \times 10^3 h_{cp} \rho (1 - C/B),$$

де  $h_{cp}$  – середня висота шару, що зрізається, м;

$\rho$  – щільність ґрунту, т/м<sup>3</sup>;

$C$  – ширина захисної смуги, м;

$B$  – ширина міжрядь саду, м.

Для вирівнювання ґрунту в міжряддях на 1 га необхідно буде перемістити на віддаль 2...2,5 м 150...200 т ґрунту.

З аналізу стану обробітку ґрунту в садах встановлено, що вирівнювання ґрунту 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 ґрунту в садах з міжряддями 6...10 м за один прохід агрегату. В агрегаті бокові секції дискових борін устатковують так, що вони зміщують ґрунт 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 поперед 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 ґрунту і переставляти секції вперед при переведенні в транспортне положення. Під час роботи в загінці гідромеханізм начіпки і чотирьохланковий механізм дискових борін дозволяють зміщувати 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 ґрунту в садах не змінюючи мікрорельєф в міжряддях, можна шляхом підбору необхідних ґрунтообробних знарядь та технологічних операцій, зокрема використання комбінованих агрегатів

УДК 631.331

## ОБГРУНТУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РОТАЦІЙНОГО ПРОТРУЮВАЧА ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ ДЛЯ ПОШАРОВОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

**В. В. РАТУШНИЙ**, кандидат технічних наук, с.н.с.,

**П. І. ВІТРУХ**, науковий співробітник,

**Ю. В. КОСОВЕЦЬ**, науковий співробітник,

**С. О. МАРАНДА**, науковий співробітник,

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва  
НААНУ,*

**В. Б. ОНИЩЕНКО**, кандидат технічних наук, доцент,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: vratushnyi@ukr.net

Проведений нами пошук технологічних та технічних рішень, які можуть бути використані для пошарового нанесення захисно-стимулюючо-живильних препаратів на насіння сільськогосподарських культур [1-3] підтверджує перспективність вибраного напрямку досліджень та принципову можливість створення технічних засобів для формування захисно-стимулюючо-живильних оболонок на насінні сільськогосподарських культур з використанням робочих органів ротаційних протруювачів порційної дії.

Для встановлення взаємозв'язку між продуктивністю досліджуваного процесу обробки насіння та складовими циклу обробки порції насіння запишемо вираз для визначення продуктивності технологічного процесу в залежності від маси порції насіння, що обробляється, та тривалості циклу обробки насіння:

$$W = 3,6 \frac{m}{t_{\text{ц}}}, \quad (1)$$

де  $W$  – продуктивність процесу обробки насіння, т/год;

$m$  – маса порції насіння, що обробляється, кг;

$t_{\text{ц}}$  – тривалість циклу обробки порції насіння, с.

Тривалість циклу обробки порції насіння залежить від часу завантаження порції насіння, часу обробки порції насіння, часу сушіння обробленої порції



насіння, часу вивантаження обробленої порції насіння, кількості нанесених шарів препаратів і визначається за формулою:

$$t_{\text{ц}} = t_3 + nt_o + nt_c + t_{\text{в}}, \quad (2)$$

де  $t_3$  – час завантаження порції насіння, с;

$t_o$  – час обробки порції насіння, с;

$t_c$  – час сушіння обробленої порції насіння, с

$t_{\text{в}}$  – час вивантаження обробленої порції насіння, с;

$n$  – кількість нанесених шарів препаратів.

Таким чином, взаємозв'язок між продуктивністю процесу обробки насіння та масою порції насіння, що обробляється, і складовими циклу обробки порції насіння матиме такий вигляд:

$$W = 3,6 \frac{m}{t_3 + nt_o + nt_c + t_{\text{в}}}. \quad (3)$$

У відповідності з цим виразом побудовані графічні залежності продуктивності процесу обробки насіння від згаданих параметрів (рис. 1 і рис. 2).

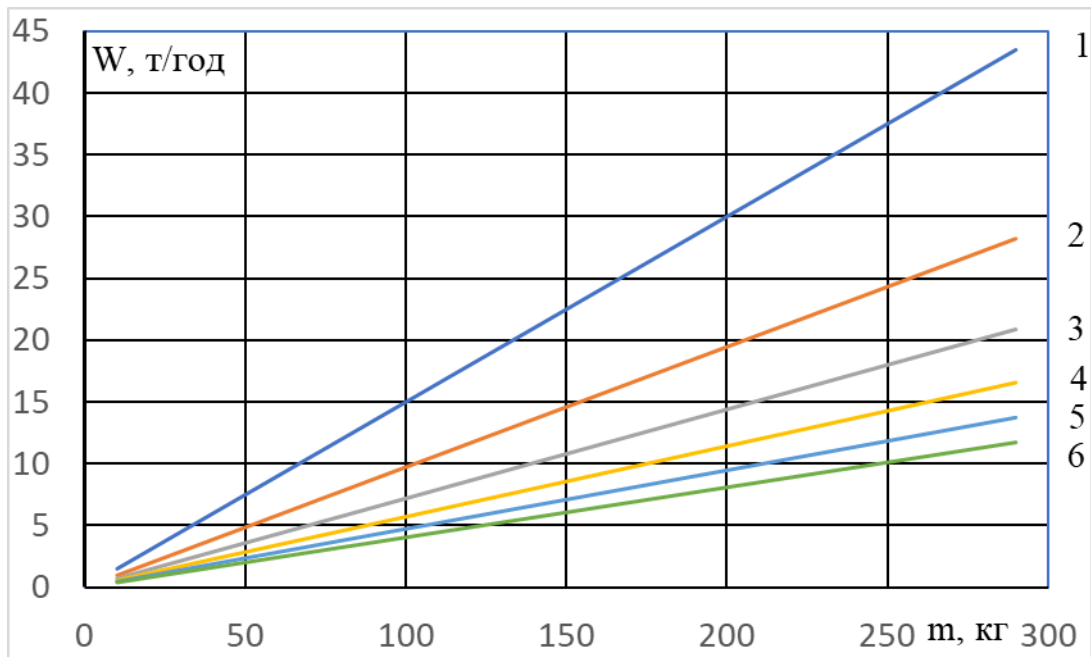


Рис. 1. Залежність продуктивності процесу обробки насіння від маси порції насіння:

1, 2, 3, 4, 5, 6 – кількість нанесених шарів препаратів відповідно становить: 1; 2; 3; 4; 5; 6

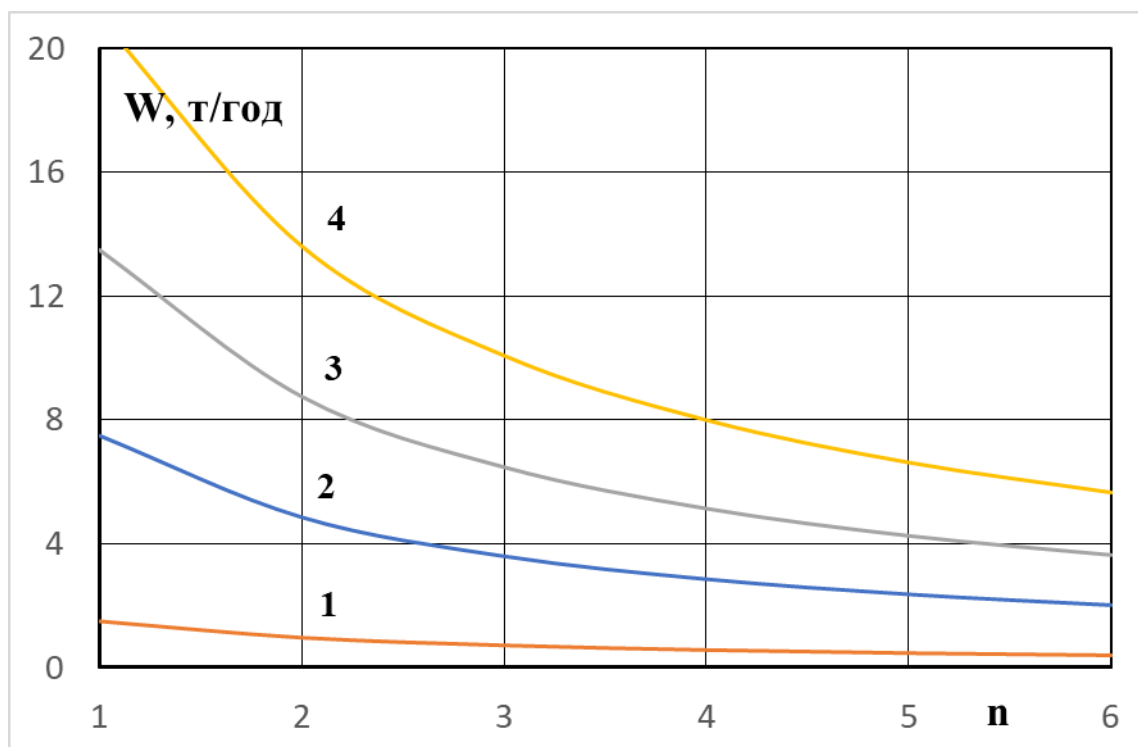


Рис. 2. Залежність продуктивності процесу обробки насіння від кількості нанесених шарів препаратів:

1, 2, 3, 4 – маса порції насіння відповідно становить: 10; 50; 90; 140 кг

Як витікає із побудованих графічних залежностей продуктивність процесу пошарової обробки насіння суттєво зростає із збільшенням маси порції насіння та різко падає із збільшенням кількості нанесених шарів препаратів. При цьому продуктивність двошарової обробки насіння змінюється від 0,97 т/год за маси порції насіння 10 кг до 13,62 т/год за маси порції насіння 140 кг, а продуктивність шестишарової обробки насіння змінюється від 0,40 т/год за маси порції насіння 10 кг до 5,66 т/год за маси порції насіння 140 кг.

### Список використаних джерел

1. MultiCoater// Products Coating. URL: [https:// www.petkus.com/products/-/info/coating/multicoater-cm-100/multicoater-cm-100](https://www.petkus.com/products/-/info/coating/multicoater-cm-100/multicoater-cm-100) (дата звернення: 17.01.2023).
2. Centricoater Automatic // Product Overview. URL: <https://www.cimbria.com/en/products/processing/centricoater.html> (дата звернення: 17.01.2023).
3. Ратушний В. В., Косовець Ю. В. Обґрунтування мінімально необхідної довжини траєкторії руху зернівки по поверхні робочого органа для пошарової обробки насіння. *Механізація та електрифікація сільського господарства* : загальнодержавний зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2020. Вип. № 11 (110). С. 54 – 60.

УДК 631.1

## ДО ПИТАННЯ УТОЧНЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ ШИРИНИ ЗАХВАТУ АГРЕГАТУ

**О. Д. ДЕРКАЧ**, кандидат технічних наук, доцент;  
**Д. О. МАКАРЕНКО**, кандидат технічних наук, доцент;

**О. О. БОНДАРЕНКО**, магістр

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

**С. С. ТИТАРЕНКО, О. В. ДВОРНИК**, фахівці з точного землеробства;

*Товариство з обмеженою відповідальністю «Агротек-Інвест»*

*E-mail: derkach.o.d@dsau.dp.ua*

При визначенні ефективності використання машинних агрегатів (МА), студентам пропонується користуватися відомими методиками [1, 2]. Для теоретичних розрахунків при порівнянні, наприклад, ефективності роботи двох альтернативних МА, такі методики дозволяють визначити відносну ефектність між собою. Але проекція цих методик до МА, які працюють з використанням навігаційних систем, уже сьогодні неможлива, бо не дозволяє отримати точні значення теоретичної продуктивності. Наприклад, при розрахунку робочої ширини захвату використовується формула [2, стор. 90]:

$$B_p = B_k \cdot \mathcal{E}_g, \quad (1)$$

де  $B_k$  – це конструктивна ширина захвату, м;

$\mathcal{E}_g$  – коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату.

При цьому, значення самого коефіцієнта за великим рахунком приймається досить грубо: менше одиниці на операціях поверхневого обробітку ґрунту, збирання, скошування ( $\mathcal{E}_g = 0,96$ , [2, стор.90]), і більше одиниці ( $\mathcal{E}_g = 1,02 \dots 1,1$ ) на ґрунтообробних операціях, зокрема, на оранці зябу [2, стор. 144].

Сьогодні ж, за використання навігаційних систем, таких як, наприклад AMS (John Deere), AFS (CNH) та інших універсальних платформ, які працюють в системах паралельного водіння, точного та цифрового землеробства, розбіжності між розрахунковими та фактичними значеннями показників МА будуть зростати (табл. 1). Так, формула (1) явно має залежність від ширини захвату, а сучасні навігаційні системи забезпечують стабільну похибку за будь-якої ширини захвату. Наприклад, якщо є прив'язка до РТК, то похибка становитиме близько 2,5 см незалежно від  $B_k$ .

В сучасних же технологіях точного землеробства фактична робоча ширина захвату МА залежить не від теоретичної, а від точності сигналу (табл. 2).

Таким чином, у формулі (1) коефіцієнт  $\mathcal{E}_g$  при визначенні показників ефективності МА, що працюють в умовах точного і цифрового землеробства не має статичного значення, а залежить від точності сигналу і обладнання, з якими

працюють МА. Орієнтуватись необхідно на дані, наведені в табл. 2.

Таблиця 1 – Величина розбіжностей показників МА на прикладі ширини захвату жатки

| Марка жатки                                  | Case 1030 | MacDon<br>FD 75 | Honey Bee<br>AF230 |
|----------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------|
| Конструктивна ширина захвату жатки, м        | 6,1       | 13,75           | 9,1                |
| Робоча ширина захвату згідно методики [1, 2] | 5,86      | 13,2            | 8,74               |
| Робоча ширина захвату в системі навігації, м | 6,05      | 13,7            | 9,05               |
| Величина похибки, м                          | 0,19      | 0,5             | 0,31               |

Таблиця 2 – Величина зменшення фактичної робочої ширини захвату МА в залежності від сигналу (на прикладі John Deere)

| Назва сигналу | Обладнання         | Точність, м | Максимальне зменшення $B_p$ , м |
|---------------|--------------------|-------------|---------------------------------|
| SF 1          | StarFire 3000/6000 | $\pm 0,15$  | 0,3                             |
| SF 3          | StarFire 6000/7000 | $\pm 0,03$  | 0,06                            |
| RTK           | StarFire 7000      | $\pm 0,025$ | 0,05                            |

Контроль фактично виконаних робіт і всіх витрат, пов'язаних з технологічним процесом виробництва здійснюється через «Operations Center» (John Deere). Це системна онлайн платформа, яка об'єднує технічні, технологічні і економічні процеси в сільськогосподарському підприємстві (рис. 1).

До переваг цієї платформи слід віднести можливість контролю за показниками виробничої та технічної експлуатації. Інформацію отримують із вкладення «Звіти по машинах», де формуються звіти з використання машинами ресурсів. Як видно з рис. 1, основні кластери звіту включають карту урожайності з деталізацією складових та основні показники використання комбайнів: середня робоча швидкість, фактична продуктивність, витрата пального та інші важливі параметри, необхідні для аналізу машиновикористання.

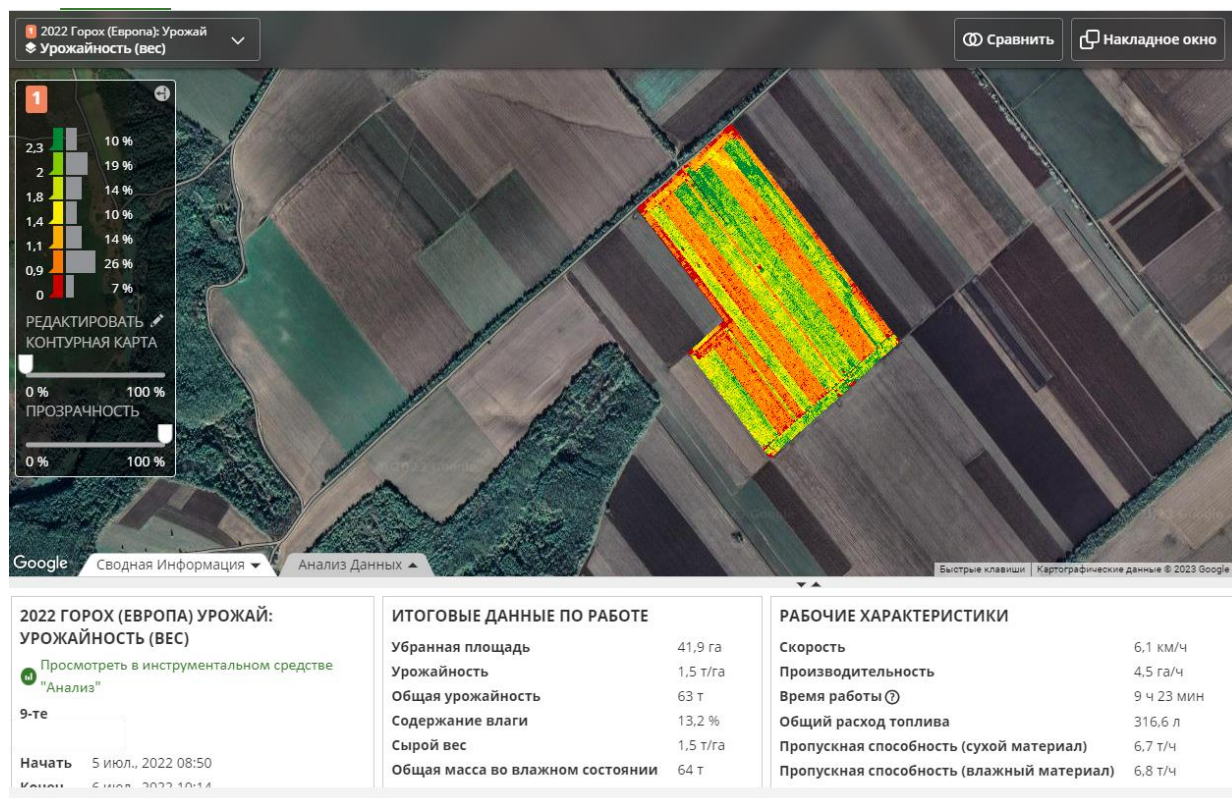


Рис.1. Загальний вигляд звіту виконаних робіт двома комбайнами, зафіксованих в платформі «Operations Center».

Дані уточнення використовуються в освітньому процесі Дніпровського державного аграрно-економічного університету при підготовці здобувачів другого (магістерського), рівня вищої освіти за спеціальністю 208 «Агроінженерія».

### Список використаних джерел

1. Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник В.П., Карасьов П.І., Кухаренко П.М., Ільченко А.В. Практикум з використання машин у рослинництві / Дніпропетровський держагроуніверситет. – Дніпропетровськ, 2002. – 212с.
2. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, А.С. Лімонт та ін.; за ред. В.Ю. Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288с.
3. Технології точного землеробства це просто: <https://www.youtube.com/watch?v=4rf63OQkYRo>
4. Системи точного землеробства АМС сьогодні: <https://www.youtube.com/watch?v=Lak6Q5vfYlc>
5. Переваги точного землеробства: <https://www.youtube.com/watch?v=KFEAID5nOeE>
6. Системи точного землеробства АМС вчора (RU): <https://www.youtube.com/watch?v=ez2dmDUxxBk>
7. Методичні рекомендації до практичних (семінарських) занять з вибіркової навчальної дисципліни «Машиновикористання в рослинництві» для



здобувачів другого (магістерського), рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія». Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 73 с.

УДК 631.37 + 631.3.004.65

## ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ СТАБІЛЬНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ФРОНТАЛЬНОГО ПЛУГА БЕЗ ОПОРНОГО КОЛЕСА

Г. А. ПЕТРОВ, аспірант

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра  
Моторного*

Спроба використання вертикальної складової тягового опору плуга для довантаження провідних коліс трактора спричинила створення орних агрегатів за схемою «push-pull».

Алгоритм природи фронтального агрегування плуга є таким:



Суть цієї графічної інформації трактується наступним чином. Із-за наявності фронтально агрегатованого плуга на передні рушії трактора діє додаткова, вертикально направлена сила  $\Delta N$ . Її поява обумовлена дією маси фронтального навісного орного знаряддя і вертикальної складової його тягового опору. Наслідком цієї дії є відповідне зростання зчіпної маси ( $\Delta G_{зч}$ ) і тягового зусилля ( $\Delta P_{кр}$ ) енергетичного засобу. Збільшення тягових властивостей останнього (через збільшення показника  $\Delta P_{кр}$ ) створює потенційні можливості для зростання робочої ширини захвату ( $\Delta B_p$ ) орного МТА. Унаслідок цього з'являється реальна можливість збільшення продуктивності його роботи ( $\Delta W$ ).

У більшості фронтальних плугів під час руху опорного колеса дном борозни має місце обмеження глибини оранки. Крім того, це колесо виконує роль елемента, який копіює траєкторію попереднього суміжного проходу орного агрегату. У тих ґрунтових умовах, де проблематично забезпечити дно борозни, вільне від грудок ґрунту, опорне колесо фронтального плуга розміщують поза борозною. У цьому випадку фронтальний плуг приєднується до трактора без можливості їхньої взаємної поворотності у горизонтальній площині (тобто жорстко).

Серед схем агрегування фронтального плуга певний інтерес становить варіант його функціонування без опорного колеса. При такому виконанні орного знаряддя обмежувачем глибини обробітку ґрунту виступає регульований обмежувальний ланцюг. Одним кінцем він кріпиться до рами трактора, а іншим – до однієї із нижніх тяг переднього навісного механізму трактора.

За оцінювальний показник функціонування фронтального плуга прийнято вертикальне довантаження переднього моста трактора. Здійснюється воно силами, які діють у центральній та нижній тягах, а також у обмежувальному ланцюгу переднього навісного механізму трактора.

Розрахунками встановлено, що для забезпечення вертикального довантаження передніх коліс трактора до 6-7 кН кут нахилу нижніх тяг переднього його навісного механізму повинен знаходитися у діапазоні 0-5°. Кут нахилу центральної тяги цього механізму може змінюватися в межах 25-30°. Для зменшення довжини фронтального плуга поздовжня координата його центру мас має бути якомога меншою.

УДК. 631

## ДО ВИЗНАЧЕННЯ ФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНА

**М. О. ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ**, студент ;  
**О. М. ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, професор  
*Центральноукраїнський національний технічний університет,*  
*м. Кропивницький,*  
*E-mail: golkercofes@gmail.com, olexa74@ukr.net*

Знання фрикційних властивостей зерна тих чи інших культур відіграє важливу роль під час проектування та теоретичних досліджень робочих органів сільськогосподарських машин, зокрема, решітних сепараторів. Поведінка зерна при русі по суцільній площині, як прийнято розглядати його переміщення по решетах [1-3], суттєво відрізняється від поведінки в реальних умовах, коли частки ковзають по сепаруючим поверхням, що мають різного роду робочі отвори (перфорацію, канали тощо). Особливість цього руху – суттєве гальмування часток, що мають розміри, близькі до розміру робочих отворів. Вивчення процесу переміщення часток в реальних умовах, на нашу думку, дозволить створювати сепаруючі робочі органи високої ефективності шляхом забезпечення потрібних умов протікання процесу розділення.

Найбільший потенціал ефективності, на думку дослідників мають струнні решета, як робочі органи з найбільш можливою площею живого перерізу [4, 5]. Тож і вивчення поведінки зерна доцільно проводити на струнних решетах.

На кафедрі сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету виготовлено лабораторне пристосування для визначення фрикційних властивостей зерна при русі по струнам з плетеного полімерного шнура *Дупеета* надмалого діаметру, який має значний запас механічної міцності, стійкий до стирання і є нерозтяжним [6]. Пристосування закріплюється до приладу Желіговського (рис. 1).



Рис. 1. Устаткування для проведення експериментальних досліджень: загальний вигляд (ліворуч); розміщення зерна на струнах (праворуч).

Метою попередніх досліджень є встановлення основних залежностей, що пов'язують фрикційні і геометричні параметри зерна і струн.

Попередні досліді проводили на струнах *Дупеета* діаметром 0,13 мм, з шириною робочого отвору (відстанню між струнами) 2,0 мм. В якості зерна використані насіння пшениці різних розмірів (товщина: 2,2...2,7 мм, ширина: 2,4...3,3 мм) природньої вологості.

В результаті проведення попередніх дослідів не вдалося отримати закономірності зміни кута, оскільки наявний прилад Желіговського не дозволив отримати нахил пристрою, відповідний куту тертя спокою матеріалу. Ручний вимір кута, при якому спостерігався початок руху зернини по струнам дозволив виявити потрібний діапазон нахилу робочої площини приладу Желіговського (рис.2) під час проведення подальших дослідів.

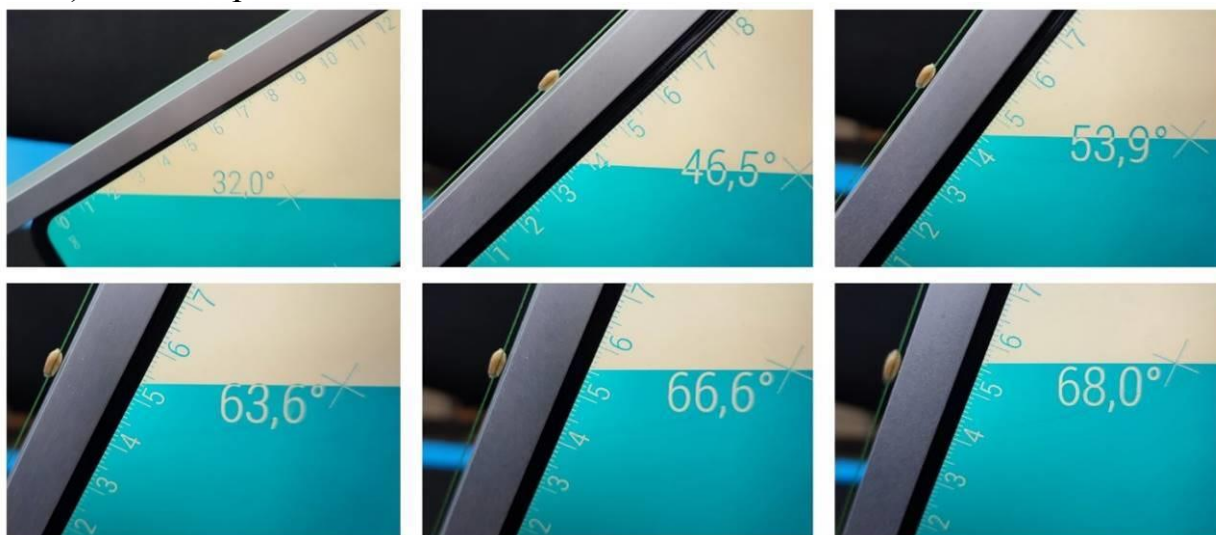


Рис. 2. Визначення кута початку руху зерна по струнам.

Фактично отримані попередні результати підтверджують наявність ефекту заклинювання часток в робочому отворі решета. Детальне вивчення поведінки зерна на струнах, кут зрушення, сила стискання, що спричиняє заклинення і визначення способів уникнення цього явища є метою наших подальших досліджень.

### Список використаних джерел

1. Иванов Н.М. Характер движения зерна по калибрующему каналу / Н.М. Иванов // Интенсификация процессов послеуборочной обработки зерна: Сб. научн. тр. ВАСХНИЛ, С.О. – Новосибирск, 1985. – С. 58–66.
2. Абдуева Ф.М. Обоснование параметров процесса и разработка решет для виброцентробежного сепарирования семян кукурузы: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / ХНТУСХ им. П. Василенко. Харьков, 2010. 212 с.
3. Тищенко Л.М., Харченко С.О., Борщ Ю.П. Моделирование динамики зерновых смесей по скатным воздухопроницаемым поверхностям пневмосепарирующих устройств зерновых сепараторов. *Інженерія природокористування*. Харків, 2014. № 2(2). С. 61 - 69.
4. Конченко Н.Ф. Повышение ориентирующей способности струнного решета / Н.Ф. Конченко, А.И. Климок //Тр. ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1972. – Вып. 69. – С. 99–107.
5. Васильковський О. М., Лещенко С. М., Мороз С. М., Нестеренко О. В. До створення концепції "ідеального" решета зернового сепаратора. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 50. 2020. С. 52-58.
6. Васильковський М., Гур'євська О., Васильковський О. Лабораторна установка для визначення фрикційних властивостей зерна. Матеріали III Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «ІННОВАЦІЇ: теорія і практика». Кропивницький: Академія Прикладних наук. 2022. С. 52-53.

UDK 631.33.022

### COMPARATIVE ANALYSIS OF MINERAL FERTILIZER SPREADERS

**O. O. FURSA**, *student of the master's degree*  
*Sumy National Agrarian University*

**T. M. VOLINA**, *candidate of technical sciences, associate professor*  
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,*  
*Sumy National Agrarian University*

Centrifugal fertilizer spreaders are essential equipment for effectively spreading fertilizer across a large area. The spreader applies the appropriate amount of fertilizer to the desired area, making it easier to cover more ground without over-fertilizing one portion of the land. Centrifugal spreaders are designed to be used on agricultural land, in lawns and gardens, and in greenhouses.

Centrifugal fertilizer spreaders are classified into three main categories: broadcast spreaders, spot spreaders, and drop spreaders. Broadcast spreaders are used to spread fertilizer over large areas, spot spreaders are used to spread fertilizer in a

small, concentrated area, and drop spreaders are used to spread fertilizer below the ground surface.

In most cases, the spreader contains a hopper filled with fertilizer, which is then released into a spinning drum. The drum creates a centrifugal force that propels the fertilizer out onto the land. The speed of the spreader can be adjusted to accommodate different types of fertilizer, allowing the user to apply the correct amount of fertilizer for optimal growth of plants and crops.

Centrifugal spreaders have several advantages over other types of spreaders. They are more efficient and can cover a larger area in a shorter amount of time. They also allow the precise application of fertilizer, reducing the amount of wasted product. Additionally, centrifugal spreaders are usually easy to maintain, as they require little upkeep and are generally constructed with high-quality materials.

During using a centrifugal spreader, it's important to choose the right type of fertilizer. Fertilizers come in different grades and formulations, and it's important to make sure that the spreader is set to the right speed to ensure that the fertilizer is spread evenly and correctly. It's also important to follow the manufacturer's instructions when operating the spreader in order to avoid any potential hazards. By following these simple steps, one can ensure getting the most out of the centrifugal fertilizer spreader.

The main disadvantage of centrifugal fertilizer spreaders is that they have an uneven distribution of fertilizer, leading to potential hotspots of fertilizer and areas with too little fertilizer. They also require frequent calibration, which can be a time-consuming process. Additionally, centrifugal spreaders are often incompatible with certain types of fertilizer, such as pelletized fertilizer.

Based on the above, centrifugal spreaders of mineral fertilizers are important agricultural tools and require further structural and operational improvement.

**УДК 631.4; 631.31**

### **ОБГРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ НА УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ**

**В. В. ТЕСЛЮК**, доктор сільськогосподарських наук, професор

**Г. Ю. ДРАГАНЕР**, студент магістратури

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: vtesluk@ukr.net*

Система «машина-біосередовище» за умов технічного забезпечення виконання сільськогосподарських технологічних операцій інтенсивного вирощування рослинницької продукції показує, що надмірне ущільнення ґрунтів колісними рушіями машино тракторних агрегатів призводить до деградації ґрунтового покриву, погіршення екологічного стану



агроеколандшафтів, що є однією з найважливіших агроекологічних проблем в умовах сільськогосподарського виробництва.

Перспективу розвитку технічної концепції сільськогосподарського трактора слід прогнозувати, ґрунтуючись, насамперед, на розвитку технологій сільськогосподарського виробництва і машинно-тракторних агрегатів (МТА) загалом.

Аналіз технологічних і агротехнічних факторів, що визначають концепцію розвитку енергетичних засобів, показують, що їх шляхи неоднозначні, а іноді і суперечливі, тому прагнення підвищити одні властивості технічних засобів призводять до зниження інших. Так, основні вимоги - підвищення продуктивності й енергооснащеності МТА, скорочення кількості механізаторів - можуть бути реалізовані тільки в результаті підвищення потужності двигуна й збільшення сили тяги, а це вимагає підвищення ваги трактора.

Радикальний спосіб збільшення відносної частки зчіпної ваги в агрегаті, або активізації ваги МТА - оснащення його технологічної частини ведучими колесами, що приводяться у рух від системи відбору потужності трактора. У цьому випадку тільки частина потужності двигуна реалізується через ходову систему трактора (відповідно, йому не потрібна значна вага), тому його питома матеріалоемність може бути знижена ще більше, ніж при пасивних опорних колесах зчіпки.

Результати наукових досліджень і практичний досвід свідчить про тісний кореляційний зв'язок поміж ущільнюючою дією ходових систем енергонасиченої мобільної сільськогосподарської техніки і процесами деградації ґрунтового покриву. Широкого застосування в агровиробництві набув колісний трактор Т-150К, використання якого призводить до руйнування агроструктурних агрегатів ґрунту їх переущільнення і, як наслідок, до значного погіршення фізико-механічних властивостей ґрунту. Тому, обґрунтування оптимальних конструкційних параметрів колісних рушіїв трактора Т-150К, та розробка заходів, які запобігатимуть негативним наслідкам, сприятимуть зберіганню родючості ґрунтів є актуальною задачею.

Зниження рівнів техногенного тиску мобільної сільськогосподарської техніки на ґрунти може бути досягнуте завдяки комплексній оптимізації параметрів конструкції рушіїв мобільних засобів та відповідним нормуванням їх експлуатаційних властивостей. Запропоновано модернізовані рушії трактора Т-150К, обладнати шинами 28,1R26 замість серійних шин 21,3R24 .

Встановлено, що об'ємна деформація ґрунту під рушіями пропонованого варіанту (трактор Т-150К, обладнаний шиною 28,1R26) в 2,73...3,1 рази менша ніж при застосуванні серійних ходових частин загальноновживаних тракторів (Т-150К з шинами 21,3R24) і лише в 1,3...1,5 разів більша в порівнянні з абсолютним контролем, в той час, як для серійних варіантів цей показник варіює в межах 3,9...4,2.

Розрахунковий річний економічний ефект від застосування пропонованого машинно-тракторного агрегату у складі Т-

150К(модернізований)+АГ-6, отриманий за рахунок зростання продуктивності (в порівнянні з базовим агрегатом Т-150К+АГ-6), становить 4953 грн. на агрегат в рік.

### Список використаних джерел

1. Адамчук В.В. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В.В. Адамчука, М.І. Грицишина. – К.: Аграр. Наука, 2012. – 416 с.
2. Кушнарев А.С., Кочев В.И. Механико-технологические основы обработки почвы. - К.: Урожай, 1989. – 144 с.
3. Білецький В. Р. Переушільнення ґрунту рушіями мобільної сільськогосподарської техніки. Житомир. Видавництво ДААУ. 2000. 43 с.

УДК 664.726

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЛУЩИЛЬНИХ МАШИН

**В. В. БОКОЧ**, студент магістратури

*Сумський національний аграрний університет*

**Т. М. ВОЛІНА**, кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,*

*Сумський національний аграрний університет*

Бильні (оббивальні машини) є основними машинами, в яких зерно лушиться багаторазовим ударом. Такі машини можуть бути з абразивною або зі сталевую ребристою поверхнею. Обертовий ротор зазвичай має поздовжні била, встановлені під певним кутом до твірного циліндра, якими забезпечується переміщення зерна.

Ефективність лушення зерна регулюється зміною швидкості обертання ротора, а також рівня зерна в робочій зоні, що залежить від кута нахилу бил і положення заслінки на вихідному отворі циліндра.

Серед переваг бильних машин необхідно відмітити простоту, високу продуктивність, можливість лушення зерна з досить високою вологістю (13...14 %). Основним же недоліком називають досить високий вихід дробленого ядра.

Для видалення остюків із зерен вівса і рису застосовується машина із швидкообертовими сталевими билами 1 та сталевую декою 2 із шорсткуватою поверхнею (рис. 1). У свою чергу, бильна машина зі сталевими билами 1 та сталевим циліндром 2 (рис. 2) застосовується для лушення зерна вівса, ячменя і гороху. По твірним внутрішньої поверхні циліндра закріплено сталеві стрижні 3 кутового чи круглого перетину.

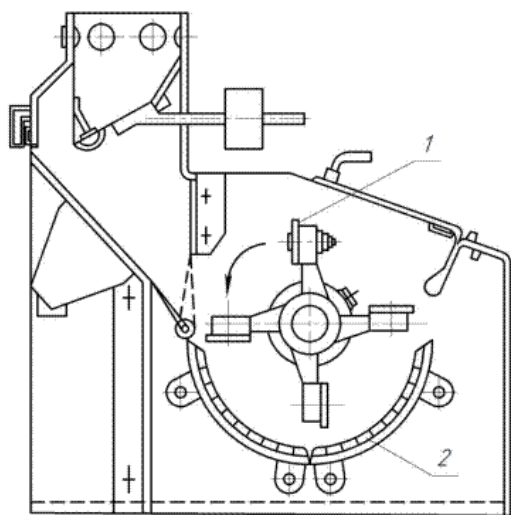


Рис. 1. Схема машини зі сталевими билами і декою: 1 – било; 2 – дека

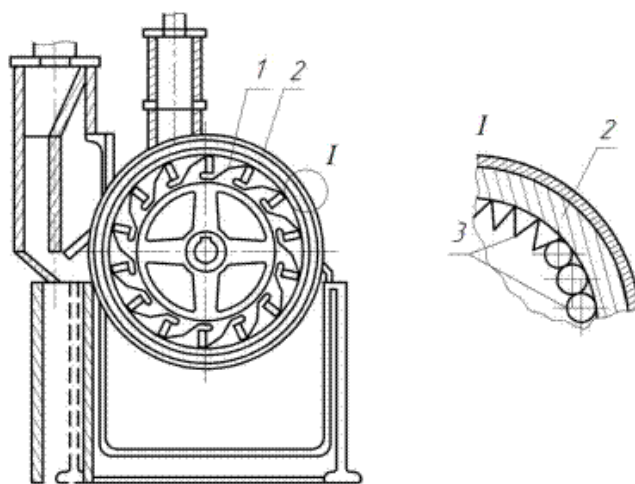


Рис. 2. Схема бильної машини: 1 – било; 2 – сталевий циліндр; 3 – стержень кутового або круглого перерізу

У відцентрових лушильниках відбувається лушення зерна (а саме вівса) поодиноким ударом. Зерна під дією відцентрової сили розганяються в роторі з радіальними або з розташованими під деяким кутом до радіуса ротора каналами та ударяються об відбивну поверхню (рис. 3). Перевагою таких лушильників є високий ефект лушення зерна, порівняно низька витрата енергії, компактність, можливість лушення зерна практично з вологістю понад 12...13 %. Недоліком можна вважати досить швидкий знос лопаток і відбивного кільця.

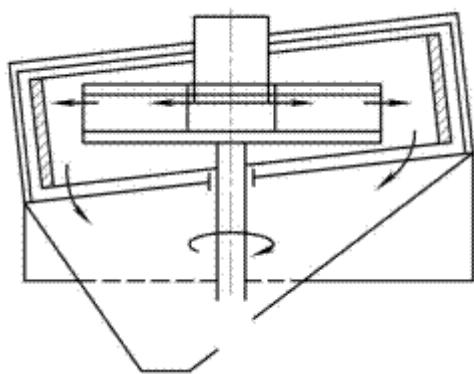


Рис. 3. Схема відцентрового лушильника: 1 – приймальна труба; 2 – лопатковий ротор; 3 – ударна дека; 4 – мотор-редуктор; 5 – електродвигун; 6 – варіатор швидкостей

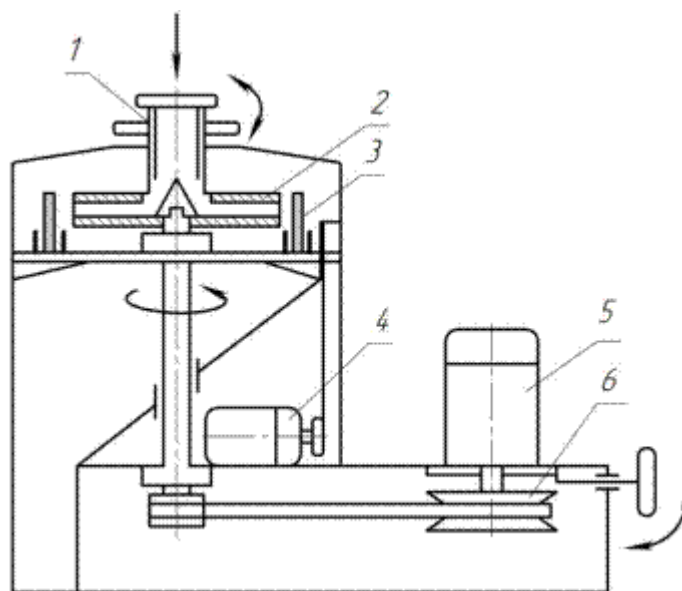


Рис. 4. Схема робочих органів лушильника «Стратопакт» фірми «Бюлер»: 1 – приймальна труба; 2 – лопатковий ротор; 3 – ударна дека; 4 – мотор-редуктор; 5 – електродвигун; 6 – варіатор швидкостей

У моделі «Стратопакт» лушильника фірми Bühler (рис. 4) відбивне кільце обертається в площині, нахиленій до площини обертання ротора. При цьому

удари зерен об кільце відбуваються по всій його висоті, а за рахунок обертання кільця – по всій його поверхні. Така конструкція є простою та надійною.

Слід відмітити, що деякі іноземні конструкції являють собою поєднання лушильника й аспіратора, причому ротор лушильника одночасно виконує функцію вентилятора.

На жаль, конструкції вітчизняних лушильників не мають варіаторів частоти обертання ротора, що негативно впливає на ефективність лущення зерна.

Підвищенню ефективності лушильників може сприяти розробка раціональних розмірів і форми ротора, підвищення зносостійкості робочих органів, підвищення надійності варіаторів частоти обертання ротора тощо.

**УДК.631.632**

## **АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДЦЕНТРОВО-ПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРАТОРА ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ**

**Д. І. ПЕТРЕНКО**, доц., канд. техн. наук,

**В. Є. НЕТЕСА**, аспірант

*Центральноукраїнський національний технічний університет,*

*м. Кропивницький, Україна,*

*E-mail: petrenko.dimitriy@gmail.com*

Сучасні вимоги до якості очищення зернового матеріалу потребують пошуку нових напрямів використання можливостей повітряного сортування. Одним з перспективних напрямів створення високопродуктивних зерноочисних машин є застосування повітряного потоку у поєднанні з дією на матеріал інерційних сил. Таким вимогам задовольняє конструкція відцентрово-пневматичного сепаратора [1] в якому запропоновано використовувати в якості інтенсифікатора циліндричний барабан із прутковою поверхнею [2], що дозволить оптимізувати аеродинамічний опір повітряного каналу та буде сприяти орієнтації зерна вздовж отворів.

Для визначення параметрів швидкохідних циліндричних решіт з прутковою поверхнею знайдемо закон руху частки по зовнішній поверхні такого решета. Для вирішення цієї задачі прийнято припущення:

- матеріал рухається по барабану в один шар;
- коефіцієнт тертя часток  $f$  по робочій поверхні циліндра не залежить від швидкості їх руху і залишається постійним по величині в будь-якій точці його кола;
- сума сил, які діють на частку зліва і справа, а також спереду і позаду по ходу її руху, рівна нулю.

На частку масою  $m$  при русі по зовнішній поверхні циліндричного решета радіусом  $R$  будуть діяти сила ваги  $G$ , сила тертя  $F$ , сила лобового повітряного опору  $P_0$ , тангенційна  $C_t$  і нормальна  $C_n$  складові сили інерції (рис.1, а).

Проектуючи сили на обрані координатні вісі  $x$  і  $y$  (рис.3) отримаємо:

$$\sum x = 0; F = C_t + P_0 - G \cdot \sin\alpha; \quad (1)$$

$$\sum y = 0; N = G \cdot \cos\alpha - C_n; \quad (2)$$

З врахуванням пруткового профілю поверхні решета (рис.1, б), вирішуючи систему рівнянь (1), (2) маємо:

$$2 \cdot f \cdot \left( \frac{G \cdot \cos\alpha - C_n}{\sin\beta} \right) = C_t + P_0 - G \cdot \sin\alpha; \quad (3)$$

де  $\beta$  – кут контакту частки з прутками.

$$\sin\beta = \sqrt{1 - \left( \frac{d_{np} + l}{d_{np} + d_e} \right)^2} \quad (4)$$

$d_{np}$  – діаметр прутка;  $d_e$  – еквівалентний діаметр частки;  $l$  – зазор між сусідніми прутками.

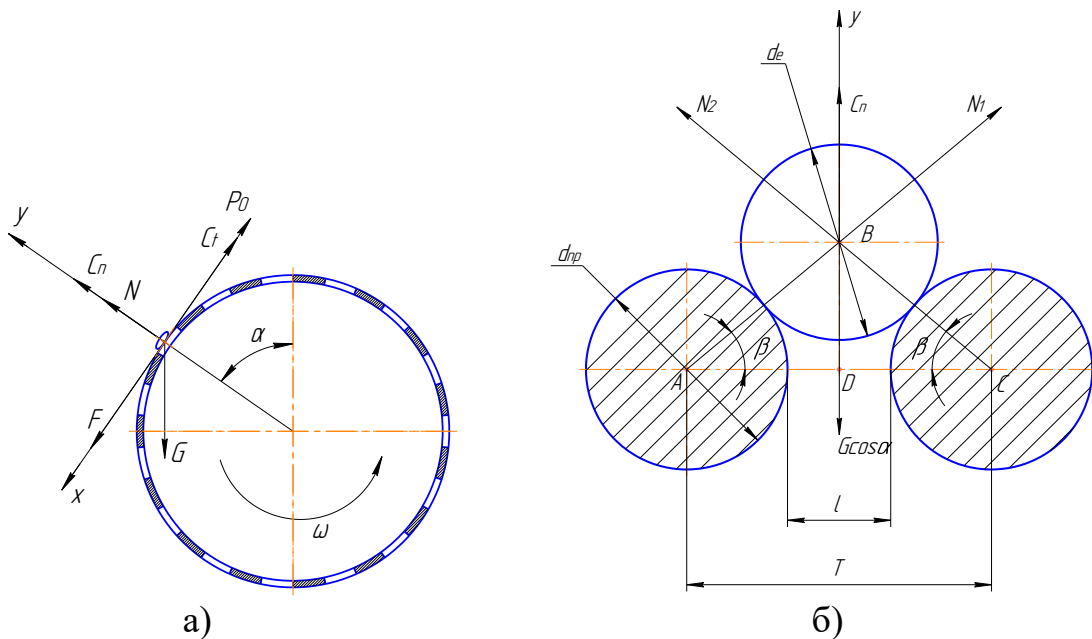


Рис. 1 – Схема сил, які діють на частку при її русі по зовнішній поверхні циліндричного барабану (а) та у поперечному перерізі (б).

Підставляємо у рівняння (3) значення сил і отримане значення  $\sin\beta$ :

$$2 \cdot f \cdot \left( \frac{m \cdot g \cdot \cos\alpha - m \cdot R \cdot \omega^2}{\sqrt{1 - \left( \frac{d_{np} + l}{d_{np} + d_e} \right)^2}} \right) = m \cdot R \cdot \frac{d\omega}{dt} + m \cdot k_n \cdot \omega^2 \cdot R - m \cdot g \cdot \sin\alpha; \quad (5)$$



Позначимо:  $B = \frac{f}{\sqrt{1 - \left(\frac{d_{np} + l}{d_{np} + d_e}\right)^2}}$ , і після зведення подібних і ділення обох

частин рівняння (5) на  $mg$  матимемо:

$$\frac{R}{g} \cdot \frac{d\omega}{dt} + (2 \cdot B + k_n) \cdot \frac{\omega^2 \cdot R}{g} = \sin\alpha + 2 \cdot B \cdot \cos\alpha. \quad (6)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт парусності.

Позначимо:  $2 \cdot B + k_n = L$  і  $k = \frac{\omega^2 \cdot R}{g}$  – показник кінематичного режиму.

Тоді рівняння (6) матиме вигляд:

$$\frac{R}{g} \cdot \frac{d\omega}{dt} + L \cdot k = \sin\alpha + 2 \cdot B \cdot \cos\alpha \quad (7)$$

Після вирішення даного диференційного рівняння отримаємо наступні залежності:

$$k = \frac{4 \cdot (B + L)}{(4 \cdot L^2 + 1)} \cdot \sin\alpha + \frac{(8 \cdot B \cdot L - 2)}{(4 \cdot L^2 + 1)} \cdot \cos\alpha + C_1 \cdot e^{-2 \cdot L \cdot \alpha} \quad (8)$$

де  $C_1$  – постійна інтегрування, яка визначає початкові умови руху частки.

З аналізу залежності (8) видно, що зміна швидкості руху матеріалу по дузі кола пруткового циліндра, що обертається залежить від ряду факторів: фрикційних властивостей робочої поверхні решета і матеріалу  $f$ , геометричних параметрів отворів пруткового решета  $d_{np}$  і  $l$ , кута подачі на решето  $\alpha_0$ , початкового кінематичного режиму матеріалу  $k_0$ , показника кінематичного режиму барабану  $k_p$  і також коефіцієнту парусності частки  $k_n$ .

При цьому параметри  $\alpha_0$  і  $k_0$  неявно виражені у рівнянні (8) постійною інтегрування  $C_1$ . Параметр  $k_p$  пов'язаний із показником кінематичного режиму матеріалу умовою  $k_p \geq k_1$ , оскільки матеріал рухається з ковзанням по дузі кола циліндричної поверхні від місця подачі до місця відриву від поверхні. При цьому фаза ковзання обумовлена прискоренням оброблюваного матеріалу до величини її переносної швидкості.

### Список використаних джерел

1. Васильковський О.М., Петренко Д.І. Аналіз закономірності руху частки по прутковому барабану відцентрово-пневматичного сепаратора зерна. – Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 37, 2007.
2. Відцентрово-пневматичний сепаратор / О.М. Васильковський, Д.І. Петренко. – Пат. 24546 U Україна, МПК В 07 В 4/00 (Україна). – №24546; Заявл. 18.12.06; Опубл. 10.07.2007. – Бюл. 10.
3. Обґрунтування геометричних параметрів пруткового циліндричного барабана відцентрово-пневматичного сепаратора / Д. І. Петренко, О. М. Васильковський, С. М. Лещенко та ін. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2012. - Вип. 42, ч. 1. - С. 140-145.
4. Васильковський О. М., Лещенко С. М., Мороз С. М., Нестеренко О. В. До створення концепції «ідеального» решета зернового сепаратора.

Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 50. 2020. С. 52–58.

УДК 631.333

## ОБГРУНТУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ КУЛЬТУР

**В. В. ТЕСЛЮК**, доктор сільськогосподарських наук, професор

**В. В. ГУЛЯНСЬКИЙ**, студент магістратури

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: vtesluk@ukr.net*

Ранньовесняне вирівнювання і розпушування ґрунту не завжди забезпечує вирішення усіх поставлених вище завдань у системі допосівного обробітку. 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 і необхідні для них робочі органи.

Система і прийоми обробітку ґрунту в сучасному землеробстві удосконалюються в декількох напрямках: мінімізація, створення оптимальних агрофізичних параметрів кореневого шару, поліпшення водяного режиму, боротьба з бур'янами, боротьба з переущільненням, або машинною деградацією ґрунту. Провідне місце належить обробітку, що забезпечує створення ерозійно стійкої поверхні ґрунту в період сівби і проростання насіння, і на протязі всього циклу вегетації 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 рекомендовано особливу увагу приділяти комбінованим агрегатам, укомплектованими обґрунтованими удосконаленими робочими органами. Застосування таких агрегатів зменшує витрати на обробку ґрунту,

зберігає його структуру, а також скорочує агротехнічні терміни польових робіт. Широке застосування удосконалених агрегатів дозволить найбільше повно забезпечити оптимальні вимоги передпосівного обробітку ґрунту і зробити значний внесок у виконання поставлених задач, які стоять перед сільським господарством України, — збільшення виробництва сільськогосподарської продукції.

Досвід показує, що поліпшення технологічного процесу сівби сільськогосподарських, особливо просапних, культур і застосування зональної адаптованої агротехніки дають можливість збільшити врожайність просапних в 1,3...2,5 рази, а зернобобових в 1,2...2,7 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. Сільськогосподарські машини: 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 632.952:002.2

### ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МІКОБІОПРЕПАРТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН

**В. В. ТЕСЛЮК**, доктор сільськогосподарських наук, професор

**І. Ю. ПЕРЕТЯТКО**, студент магістр

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: vtesluk@ukr.net*

Втрати продукції рослинництва від шкідливих організмів становлять 30 – 50 %, що призводить до значних економічних збитків. Збільшення виробництва рослинницької продукції вирішують шляхом розробки і впровадження комплексних заходів сільськогосподарського виробництва [1]. Захист культурних рослин від біотичних стрес-чинників, особливо хвороб, в технологічному процесі вирощування польових культур був і залишається однією із кардинальних проблем. Для забезпечення одержання якісного і стабільного урожаю рекомендується використання екологічно безпечних, високоефективних заходів захисту сільськогосподарських культур від хвороб. Тому розробка і створення новітніх біотехнологій захисту культурних рослин від хвороб є актуальним науковим і практичним напрямом.

Використовуючи широкий спектр фундаментальних методичних підходів до вирішення цієї глобальної проблеми, біологи все більше уваги приділяють

генетичному потенціалу стійкості, який повною мірою не реалізується культурною рослиною в умовах дії шкідливих організмів та екологічного стресу. Аналіз технологій засвідчує, що на практиці сьогодні ширше використовують хімічні засоби, а пестициди природного походження застосовують дуже обмежено, тому що біотехнологія їх одержання і застосування носить фрагментарний характер, не формалізована і не систематизована [2].

Опрацьовані нами наукові матеріали засвідчують, що нині актуального значення набуває системний підхід у вивченні новітнього способу підвищення природної стійкості рослин до хвороб шляхом стимуляції захисних механізмів із використанням біологічно активних речовин з еліситорними властивостями. Тому пошук ефективних біотехнологій одержання і застосування препаратів природного походження для індукування захисних механізмів рослин є актуальним у науковому і практичному аспектах [3,4].

Встановлено, що полісахариди хітин, хітозан й глюкани володіють еліситорними властивостями, беруть участь в захисті культурних рослин від хвороб шляхом вмикання генів захисту та біосинтезу антипатогенних фітоантибіотиків – фітоалексинів.

Одним із перспективних і альтернативних сировинних джерел одержання полісахаридів хітину й хітозану є вищі базидіальні гриби. Нами запропоновано біотехнологію виробництва і застосування мікобіопрепарату із трутовика справжнього, досліджено фізико-механічні властивості плодових тіл, екоотоксикологічний вплив рослини і навколишнє середовище.

Отримані теоретичні і практичні результати ефективності цих полісахаридів дозволили нам розробити і апробувати біотехнологію одержання мікобіопрепаратів й запропонувати новітні препарати на основі хітину, хітозану і глюканів.

### **Список використаних джерел**

1. Федоренко В.П. Інтегрований захист сільськогосподарських культур в Україні / В.П. Федоренко // Інтегрований захист рослин на початку ХХІ століття. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Інститут захисту рослин. – К. : Колоб'іг, 2004. – С. 3 – 28.
2. Тютєрев С.Л. Научные основы индуцированной болезнестойчивости растений / С.Л. Тютєрев. – Санкт-Петербург: ООО «ИЦЗР» ВИЗР, 2002. – 328 с.
3. Кошевський І.І., Активізація захисних механізмів овочевих культур/ І.І. Кошевський, В.В. Тєслюк, Р.В. Ковбасенко, В.М. Ковбасенко // Інтегрований захист рослин на початку ХХІ століття. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Інститут захисту рослин. – К. : Колоб'іг, 2004. – С. 343 – 348.
4. Ковбасенко Р. В., Підвищення резистентності овочевих культур до хвороб / Р. В. Ковбасенко, К. П. Ковбасенко В. М. Ковбасенко, В. В. Тєслюк// Агроєкологічний журнал. Червень 2008.р.Інститут агроєкології УААН. – С. 105 – 108.

УДК 631.372; 631.334

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОДУЛІВ ДО МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ ТИПУ «АВТОТРАКТОР»

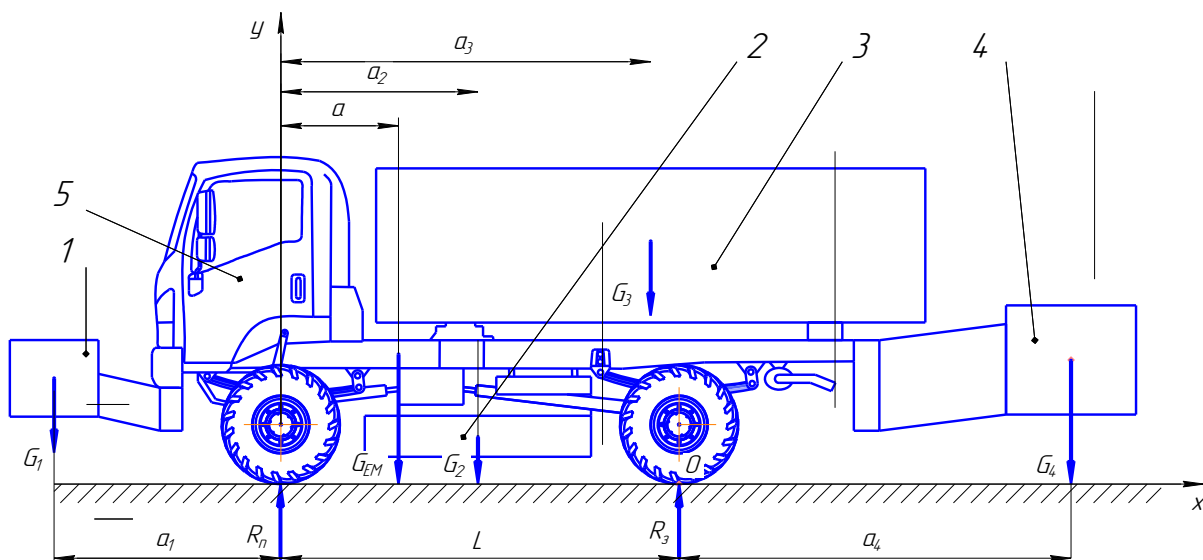
**В. Ю. МІРНИЙ** аспірант,  
**С. П. ПОГОРІЛИЙ** д.т.н., с.н.с.

*ІМА АПВ НААН, Київська обл., смт. Глеваха*  
*E-mail: mirnyivalera@gmail.com, pogorilyy\_sergiy@ukr.net*

Використання комбінованих сільськогосподарських агрегатів дає можливість виконувати кілька технологічних операцій за один прохід стрімко набуває популярності. Для цього необхідний багатофункціональний мобільний енергетичний засіб (МЕЗ), котрий забезпечить розміщення технологічних модулів (ТМ) на рамі, матиме навісний пристрій для агрегатування сільськогосподарських машин та буде ефективним на виконанні кількох операцій за один прохід.

Використання багатофункціональних МЕЗ на сільськогосподарських операціях є актуальною та спрямованою на створення конкурентно спроможної, високопродуктивної техніки.

Одним із шляхів вирішення згаданих проблем є обґрунтування параметрів ТМ. Для цього складаємо розрахункову схему сил (рис. 1), які діють на машинно-тракторний агрегат. На даній схемі показано 4 зони встановлення ТМ: фронтальне, переднє, на рамі машини та заднє.



**Рис. 1** – Розрахункова схема для визначення навантажень на осі через зміну параметрів технологічних модулів: 1 – передній ТМ; 2 – фронтальний ТМ; 3 – ТМ на рамі машини; 4 – задній ТМ; 5 – енергетичний засіб;



Для обґрунтування параметрів ТМ складемо систему рівнянь і визначимо вплив ваги ТМ на передню та задню осі МЕЗ. Для загального випадку складемо суму моментів ( $\Sigma M_0 = 0$ ) відносно точки дотику коліс задньої осі до ґрунту (точка О), матимемо залежність (1):

$$\Sigma M_0 = 0; -G_4 \cdot a_4 + G_3 \cdot (L - a_3) + G_2 \cdot (L - a_2) + G_{EM} \cdot (L - a) - R_{\Pi} \cdot L + G_1 \cdot (L + a_1) = 0 \quad (1)$$

де  $\Sigma M_0$  – сума моментів відносно т. О.;  $G_1, G_2, G_3, G_4$  – вага ТМ, переднього, фронтального, на рамі машини, заднього відповідно;  $G_{EM}$  – вага енергетичного засобу;  $a_1, a_2, a_3$  – відстань від центру ваги переднього, фронтального, на рамі машини ТМ до осі передніх коліс відповідно;  $a_4$  – відстань від центру ваги заднього ТМ до осі задніх коліс;  $a$  – центр мас енергетичного засобу,  $R_{\Pi}$  – навантаження на передню вісь МЕЗ;  $L$  – база енергетичного засобу.

Для визначення другої невідомої  $R_3$  складемо суму всіх сил на вісь Оу ( $\Sigma F_y = 0$ ) отримаємо залежність (2):

$$\Sigma F_y = R_{\Pi} + R_3 - G_1 - G_{EM} - G_2 - G_3 - G_4 = 0, \quad (2)$$

де  $\Sigma F_y$  – сума сил відносно осі у;

$R_3$  – навантаження на задню вісь МЕЗ.

Отримані результати дадуть можливість обґрунтувати параметри ТМ, які можуть агрегатуватися з багатофункціональним МЕЗ типу «Автотрактор», що розширити сферу його застосування, підвищити завантаженість протягом року та зменшити простой і дасть можливість ефективно використовувати його як на тягових-технологічних, так і транспортних технологічних операціях.

### Список використаних джерел

1. Погорілий С., Присяжний В. Перспективи використання мобільних енергетичних засобів тягового класу 1,4-2 в агропромисловому виробництві. *Науковий журнал Інженерія природокористування*.
2. Адамчук В., Погорілий С. Перспективи використання автомобільного шасі в агропромисловому виробництві. *Науковий журнал Інженерія природокористування*. 2016. №1(5), С. 108-112.
3. Аграрна наука: стан та перспективи розвитку: збірник тез Першої науково-практичної конференції (наукове електронне видання), 26 березня 2021 р. Одеса: ОДАУ, 2021. 85 с.

УДК 631.312; 631.316.22

## КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОДАТКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЧИЗЕЛЬНИХ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧІВ

**С. М. ЛЕЩЕНКО**, доц., канд. техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет,  
м. Кропивницький, Україна,  
E-mail: leshchenkosm@kntu.kr.ua*

Основний обробіток ґрунту залишається однією із найбільш енергозатратних та низькопродуктивних операцій, а її реалізація досить часто супроводжується неповною відповідністю чинним агротехнічним вимогам.

З метою інтенсифікації основного обробітку ґрунту, впровадження технологій ґрунтозахисного та ресурсозберігаючого землеробства останнім часом класичну полицеву оранку замінюють глибоким розпушуванням ґрунту, що дозволяє не лише знизити затрати енергії і підвищити продуктивність операцій, а й поліпшити інфільтраційні властивості ґрунтів та створити сприятливі умови для загального відновлення родючості. Якщо наприкінці минулого століття вважалося, що при безполицевому основному обробітку ґрунту потрібно на поверхні поля зберегти максимальну кількість стерні, а вимоги до розмірів брил, які залишаються на поверхні поля були досить умовними, сьогодні вимоги змінилися і для ефективної роботи глибокорозпушувачів різних конструкцій важливо забезпечити ще й додаткове подрібнення ґрунтових агрегатів та перемішування і розподілення рослинних решток на певній глибині. Для вказаних цілей виробники глибокорозпушувачів використовують додаткові робочі органи, серед яких зубчасті чи борончасті котки, комбінація різних дисків, різноманітні граблини та ін., причому ці робочі органи можуть розміщуватися як в один ряд, так і працювати спарено із аналогічними чи іншими за конструкцією елементами [1, 2].

Незважаючи на різноманітність конструкцій призначення додаткових робочих органів глибокорозпушувачів ідентичне, а саме – частково подрібнити крупні грудки та ефективніше вирівняти поверхні поля, перемішати і розподілити на певній глибині, а за потреби і перерізати рослинні рештки попередника та бур'ян, забезпечити часткове закриття ґрунтом добрив тощо.

Загальна прийнято, що всі робочі органи для додаткової доробки ґрунту, що працюють разом із глибокорозпушувачами, розділяються на одноелементні та парні. Значна кількість виробників на ці ж конструктивні елементи покладають ще й функцію опорних, причому регулювання глибини обробітку основних робочих органів може відбуватися як гідросистемою енергетичного засобу так і механічно. Дуже добре за призначенням такі робочі органи розділив виробник UNIA PLOW (Польща), причому наведені котки (рис. 1) під час обробітку теж можуть працювати як по одному так і в парі.

Міжнародний виробник сільськогосподарської техніки BEDNAR FMT (Чехія) для додаткового обробітку ґрунту глибокорозпушувачами використовує котки Tandem Spiked або ж котки Cutpack із скребками (рис. 2). Як відмічає виробник, коток Cutpack із скребками – це важкий сталевий коток діаметром 630 мм із високою ріжучою здатністю та суттєвим ефектом зворотного ущільнення, що призначений для використання на важких ґрунтах.



Рис. 1 Додаткові робочі органи глибокорозпушувачів UNIA PLOW (Польща)

Варто зазначити, що більш ефективним додатковим робочим органом глибокорозпушувачів є спарений зубчастий коток типу Tandem Spiked, який поступово стає найпоширенішим і його в конструкціях різних глибокорозпушувачів у різних варіаціях використовують ряд як закордонних так і вітчизняних виробників. Подібні за будовою спарені зубчасті котки встановлюються на ґрунтообробних агрегатах SS2F, SS3F та їх модифікаціях «Gascon» (Іспанія), Digger «Farmet» (Чехія), ARTIGLIO, PINOCCHIO «MASCHIO GASPARD» (Італія), GRS2, GRS3 «VELES AGRO» (Україна), GULDEN, FRANC «LOZOVA MACHINERY» (Україна) та багатьох інших.



а



б

Рис. 2 Додаткові робочі органи глибокорозпушувачів BEDNAR FMT (Чехія):  
а – котки Tandem Spiked; б – котки Cutpack із скребками

Спарені зубчасті котки (рис. 2 а), які встановлюються на агрегати різних виробників, суттєво відрізняються формою зубів, діаметром, взаємним

розміщенням один відносно іншого, механізмами їх регулювання, режимами роботи тощо. Виходячи з цього, питання дослідження окремих параметрів цих додаткових робочих органів глибокорозпушувачів з метою пошуку найбільш ефективних конструкцій є важливою прикладною задачею.

На основі проведених досліджень [3, 4], протоколів випробувань серійних машин та практичних висновків фермерів на кафедрі сільськогосподарського машинобудування ЦНТУ спроектовано сімейство комбінованих чизельних глибокорозпушувачів типу ЧН, які протягом семи років на замовлення агроформувань вироблялися ПП «Савицький» м. Кропивницький, а останнім часом виготовляється компанією «БМ-Системс». Такі ґрунтообробні агрегати комплектуються спареними зубчастими котками, що виконують функцію опорних та є додатковими робочими органами, які забезпечують подрібнення крупних грудок ґрунту після роботи чизельних лап, забезпечують перемішування і заробку на глибину до 20 см рослинних решток. Залежно від того, яким чином налаштовано спарений зубчастий коток, забезпечується регулювання глибини обробітку самих розпушувальних лап глибокорозпушувача та інтенсивність перемішування і подрібнення брил ґрунту після проходку основних робочих органів.

За своєю конструкцією і принципом роботи спарений зубчастий коток є подібним до котків типу Tandem Spiked (рис. 2), при цьому запропонований робочий орган має більш просту технологічну форму і менший поперечний перетин зубів, що спрощує їх виготовлення. Крім цього, регулювання спареного зубчастого котка відбувається механічно, що дозволяє використовувати ці робочі органи у складі комбінованих глибокорозпушувачів із будь-якими тракторами без прив'язки агрегату до гідросистеми енергетичних засобів.

### **Список використаних джерел**

1. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. – Х.: Мачулін, 2016. – 244 с.

2. Посібник. Машини для обробітку ґрунту та сівби / За ред. Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2009. – 288 с.

3. Leschenko S., Salo V., Petrenko D. Experimental estimate of the efficiency of basic tilling by chisel equipment in the conditions of soil // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2014. – Вип. 44 – С. 237-243.

4. Лещенко С.М. Оцінка енергоємності глибокого обробітку ґрунту комбінованими чизельними глибокорозпушувачами / С.М. Лещенко, В.М. Сало, Д.І. Петренко // Збірник наукових праць Центральноукраїнського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському

виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 31. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018 р. – С. 10–20.

**УДК:631.362.3**

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ПОВІТРЯНИХ КАНАЛІВ**

**О. В. НЕСТЕРЕНКО**, *к.т.н.*

**В. О. ГРУЗДЕНКО**, *студент*

*Центральноукраїнський національний технічний університет,  
Кропивницький*

*E-mail: nov\_78@ukr.net, vladhruzdenko125@ukr.net*

Одним з ключових факторів, який суттєво впливає на ефективність пневмосепарації є час контакту частинок зернової суміші з повітряним потоком, який в свою чергу є залежним від значної кількості інших факторів, умов введення матеріалу, конструктивних параметрів пневмоканалу, питомого навантаження, швидкості повітряного потоку та ін. [1, 2].

Але збільшення часу контакту зернової суміші з повітряним потоком є досить компромісною задачею. З конструктивної точки зору це можливо зробити шляхом збільшення ширини струменя повітряного потоку, що призводить до підвищення енерговитрат, або зменшуючи початкову швидкість введення матеріалу, що в свою чергу, обмежує продуктивність пневмосепарації [2, 3].

Ще більш впливовим стає цей фактор при розділенні дрібнозернистих матеріалів з близькими аеродинамічними властивостями [4].

Одним з шляхів вирішення цього питання є створення відповідної структури взаємодії частинок зернової суміші з повітряним потоком, яка ґрунтується на створенні умов, при яких зернові частинки знаходяться на певній відстані одна від одної [5, 6]. Таким чином збільшується площа сепарації при незмінних енерговитратах та продуктивності.

Тому нами запропоновано пневмосепаратор з технічними пристроями для збільшення взаємодії зернової суміші з повітряним потоком (рис.1).

Пневмосепаратор має бункер 1, живильник 2, горизонтальну пневмокамеру 3 та приймальники фракцій 5. Дугоподібний гравітаційний живильник 2 (рис.1), встановлюється перед введенням в канал, завдяки якому суттєво збільшується діапазон розсіювання траєкторій зернового матеріалу, що покращує ефективність розділення на фракції. А також, жалюзійний напрямник 4 (рис.1), що встановлюється на вході повітряного потоку в пневмоканал та має жалюзі, з можливістю регулювання для зміни його напрямку.



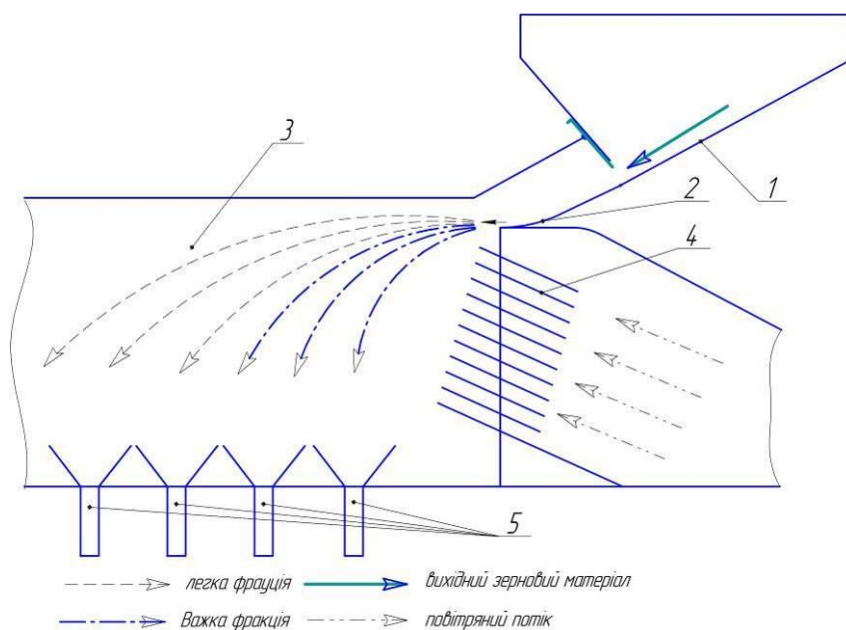


Рис. 1. Пневмосепаратор з гравітаційним напрямником.

Результати експериментальних досліджень отримані з запропонованими технічними пристроями підтверджують робочу гіпотезу та дозволяють підвищити ефективність пневмосепарації та якість калібровки насінного матеріалу.

### Список використаних джерел

1. Котов Б.І. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерно матеріалів / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, М.Г. Пастушенко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. Кіровоград, 2003. Вип. 33. С. 53-59.
2. Дослідження режимних характеристик гравітаційної прямої кривої живильного пристрою / О. В. Нестеренко, О. М. Васильковський, Д. І. Петренко, Д. Ю. Артеменко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. - Вип. 50. - С. 20-27.
3. Лещенко С.М. Теоретичний аналіз розділення зернових сумішей багатоструменевим ділильником перед введенням матеріалу в зону пневмосепарації / В.І. Носуленко, С.М. Лещенко, В.В. Гончаров, [та ін.] // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. Кіровоград, 2008. Вип. 38. С. 52–59.
4. Брагінець М.В. Аналіз конструкцій сепараторів для сепарації важкороздільних зернових сумішей / М.В.Брагінець, О.О. Богомолів // Інженерія переробних і харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ, м. Харків. 2016. – Вип. № 2. – С. 47–51.
5. Перспективний напрямок інтенсифікації повітряної сепарації зерна. О.В. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного

університету. (Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація). Випуск 25. ч.1– Кіровоград: КНТУ, 2012. – С.49-53.

6. Аналітичні дослідження контактного руху легких домішок у пневмосепаруючому каналі / О. В. Нестеренко, Д. І. Петренко, І. І. Павленко [та ін.] // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кропивницький : ЦНТУ, 2017. - Вип. 47, ч. 2. - С. 185-191.

**УДК 631.51:631.31**

## **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ**

**В. В. ТЕСЛЮК**, доктор сільськогосподарських наук, професор

**А. О. КІНІЧЕНКО**, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: vtesluk@ukr.net*

Підготовка якісного насіннєвого і продовольчого матеріалу, збільшення переробки зерна вимагають підвищення ефективності процесу решітної сепарації. Існуючі вібраційні і вібровідцентрові сепаратори не повністю задовольняють зростаючі вимоги виробництва. Аналізом досліджень решітної сепарації встановлено, що перспективним напрямом підвищення його ефективності є інтенсифікація внутрішньосферних процесів із застосуванням розпушувачів.

Для підвищення питомої продуктивності і якості процесів сепарації запропоновано удосконалити решета, які виготовлено із серійних, на поперечних перемичках яких, встановлено ребра у вигляді наварених металевих проволоч, або виштампувані довгасті рифлі. Такі решета розпушують зернову суміш, інтенсифікують пошаровий рух і сприяють підвищенню ефективності сепарації.

Визначення конструктивних параметрів розпушувачів виконано шляхом проведення теоретичних і експериментальних досліджень, які дозволяють регулювати і розраховувати технологічні показники процесу решітної сепарації зернових сумішей.

Для розрахунку і керування якістю і продуктивністю побудовано математичні моделі процесів сепарації зернових сумішей розробленими циліндричними вібровідцентровими решетами. Отримано залежності траєкторій і швидкостей частинок, ефективності сегрегації від кінематичних параметрів решіт, їх питомих завантажень, конструктивних параметрів розпушувачів, фізико-механічних властивостей зернових сумішей.

Встановлено, що найбільша ефективність сегрегації на циліндричному решеті досягається при пористості  $\varepsilon=0,59\ldots 0,62$ , градієнті швидкості  $grad v=60,2\ldots 82,7 \text{ c}^{-1}$ . Застосування розрихлювачів збільшує ефективність сегрегації на 35...40%.

Комплексним аналізом результатів теоретичних і експериментальних досліджень рекомендовано оптимальні значення конструктивних параметрів ребер підсівного і рифлів сортувального решіт: діаметр ребер  $d_{реб}=1,4\ldots 1,6 \text{ мм}$ ; висота рифлів  $h_{риф}=1,2\ldots 1,4 \text{ мм}$ ; відстань між ребрами і рядами рифлів  $l_{реб}=l_{риф}=21 \text{ мм}$ ; відстань між рифлями  $l^*=12\ldots 14 \text{ мм}$ . Це дає підстави рекомендувати результати досліджень конструкторам, науковим робітникам і спеціалістам машинобудівної галузі.

УДК 631.312.021

## АКТУАЛЬНІСТЬ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ І ПАРАМЕТРІВ ГРУНТООБРОБНОГО ОРґАНУ

**В. В. ТЕСЛЮК**, доктор сільськогосподарських наук, професор

**Б. Ю. САНЧУК**, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**М. І. ІКАЛЬЧИК**, кандидат технічних наук, доцент

*ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»*

*E-mail: vtesluk@ukr.net*

Завдання основного обробітку ґрунту полягає в підрізання і загортання підземних й надземних органів рослин, добрив, насіння бур'янів, збудників хвороб і шкідників культурних рослин, розпушування та часткове перемішування ґрунту робочими органами відвальних і дискових плугів.

Від якості виконання технологічного процесу основного обробітку ґрунту 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, спускаючим 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 ґрунту з урахуванням його властивостей, що змінюються, і біологічної особливості оброблюваних культур. Вирішення даної проблеми вимагає детального вивчення процесу дії робочих органів на грант, 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 ґрунту 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 ґрунту, у вигляді додаткового регульованого подрібнювача у верхній частині полиці, встановлюваний за межами вирізуваного пласта ґрунту: відстань від польового обріза до подрібнювача рівна ширині захвату корпусу ( $L_n = b$ ), висота установки – середній глибині обробки ( $H_n = a_{cp}$ ), 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 повинно проводитися в межах  $3...27^\circ$  щодо дна борозни.

**УДК 631.171: 633.63**

## **АНАЛІЗ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД СІВБУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**

**В. В. ТЕСЛЮК**, доктор сільськогосподарських наук, професор

**О. М. ВЕЧЕРА**, старший викладач

**М. М. ПОКИДЬКО**, магістр

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: vtesluk@ukr.net*

Багаторічні результати досліджень наукових установ показують, що цукрові буряки досить вимогливі до якості передпосівної підготовки ґрунту. Тому у збільшенні виходу продукції цукрових буряків велика роль належить розробці і впровадженню ефективних агротехнічних прийомів і технічних засобів для обробітку ґрунту.

Основний показник, якого потрібно досягти перед сівбою полягає в створенні дрібногрудучкуватого шару ґрунту на глибину 4-5 см (грудочок ґрунту 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 ґрунту повинна становити  $1,1...1,3$  г/см<sup>3</sup>. Досягнення таких показників вказує на оптимальне співвідношення між ґрунтом і його повітрявологоємністю, 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 мінімізації передпосівного обробітку ґрунтів важких за механічним складом під сівбу цукрових буряків.

Результати досліджень передпосівного обробітку ґрунтів важких за механічним складом під сівбу цукрових буряків за традиційною технологією показують, для створення необхідної структури ґрунту весною виконується 3 - 5 операцій, що призводить до переущільнення ґрунту. Встановлено, що переущільнення ґрунту погіршує його структуру, аерацію, водопроникність, нітріфікаційну здатність, мікрорельєф, умови проведення послідовних 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 мінімізації проходів машин весняного передпосівного обробітку ґрунту під сівбу цукрових буряків.

Отже, в результаті аналізу вирощування цукрових буряків встановлено, що мінімізація 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 631.313.6

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧИХ ОРґАНІВ ДИСКОВИХ БОРІН З ҐРУНТОМ**

**В. В. ТЕСЛЮК**, доктор сільськогосподарських наук, професор

**В. О. ШВОРА**, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**М. І. ІКАЛЬЧИК**, кандидат технічних наук, доцент

*ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»*

*E-mail: vtesluk@ukr.net*

Обробіток ґрунту один з важливих складників в системі агротехнічних заходів у виробництві продукції рослинництва. Саме цей складник спрямований на покращення всього комплексу умов розвитку рослин.

Мета роботи-підвищення якості обробітку кореневмісного шару ґрунту та оптимізація його агротехнологічних властивостей шляхом застосування ґрунтообробних знарядь оснащених ротаційними робочими органами.

Результати наукових досліджень та вивчення практичного досвіду показали, що при застосовуванні знаряддя з серійними робочими органами не повною мірою задовольняють агротехнічним вимогам щодо заробки добрив, рослинних решток. Тому, необхідне обґрунтування технологічного процесу



спрямованого на покращення заробки та розробка ротаційних органів ґрунтообробних машин відповідно до зазначених ґрунтових умов.

На підставі аналізу існуючих конструкцій робочих органів ротаційних ґрунтообробних знарядь та за результатами узагальненої порівняльної оцінки ротаційних робочих органів запропоновано удосконалення конструкції ротаційного кільцевого робочого органу, яка б запобігала руйнуванню конструкції даного робочого органу.

Встановлено, що значення радіусу кривизни  $r$  удосконаленого кільцевого робочого органу для уніфікованого діаметра ( $D = 660\text{мм}$ ) залежить від величини лінійного розміру  $b_k$  (ширина кільця) та кута тертя ґрунту  $\varphi$  по робочій поверхні і становить 640мм;

– профіль вирізних вікон полотна запропонованого ротаційного робочого органу має форму еліпса, видовжена менша вісь якого становить 188мм; більша вісь – 344мм, що визначає радіус спряження спиця→кільце  $R = 20\text{мм}$ ;

– мінімальна ширина спиці  $b = 50\text{мм}$ ;

– ширина кільця  $b_k = 46\text{мм}$ ;

За результатами польових досліджень дискової борони БДН-1,8, оснащеною запропонованими робочими органами, встановлено:

- кількість агрегатів ґрунту, які не відповідають агро вимогам з точки зору ерозійної стійкості, зменшилась на 28,1% до фону, та на 7,0% до базового варіанту (дискова борона БДН-1,8 оснащена робочими органами за ОСТ 23.2.147-85);

- коефіцієнт структурності в порівнянні з базовим варіантом збільшився на 12,9%.

**УДК 631.333**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РОТОРНОГО КАРТОПЛЕКОПАЧА**

**В. В. ТЕСЛЮК**, доктор сільськогосподарських наук, професор

**В. І. ТОПОРИНСЬКИЙ**, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**М. І. ІКАЛЬЧИК**, кандидат технічних наук, доцент

*ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»*

*E-mail: vtesluk@ukr.net*

Картоплекопач КСТ-1,4 широко застосовується для копання картоплі в Україні [1]. Аналіз його структурно-технологічної схеми показує, що він має один серйозний недолік - під час відділення бульб від відвалу в елеваторі відбувається підйом з елеваторної частини цілісного ґрунту бульбами, які

падають на поверхню і посипаються, що призводить до різкого збільшення втрат врожаю. Ще одним недоліком є те, що такий картоплекопач викопує всю масу ґрунту по ширині ряду і подає на сепарацію, що знижує продуктивність сепаратора. Крім того, такий картоплекопач скидає викопану картоплю смугою 1,2 м, а отже, він має високі металоємності та енергоспоживання[2].

Для механізованого збирання картоплі розроблено ряд картоплезбиральних машин і знарядь. Копачі кидального (роторного) типу викопують кущі і розкидають бульби і ґрунт з рядка в сторону, перпендикулярно ходу машини на відстань за 3,5 м. Картоплекопачі кидального типу випускають, як правило, однорядні, начіпні на трактор [1].

Технологічний процес здійснюється наступним чином: при русі копача леміш підрізає ґрунтовий пласт, який в момент сходу з лемеша руйнується і розкидається по поверхні поля гребінками ротора, що обертається. Після проходу копача утворюється смуга шириною 1,5...3 м, на поверхні якої розміщується основна маса бульб. Бригаду підбирачів в кількості 13...18 чол. розміщують так, щоб кожен підбирач мав ділянку довжиною 15...25 м.

Недоліками копачів кидального типу є великі втрати картоплі (число присипаних бульб ґрунтом сягає 25%), необхідність підбору бульб відразу після проходу копача, а також підвищене пошкодження бульб, особливо під час роботи на сухому ґрунті. Затрати праці на підбір бульб після копачів кидального типу на 20...25% вищі, ніж після картоплекопачів просіювального типу.

До переваг копачів кидального типу відноситься можливість їх використання на ґрунтах підвищеної вологості та засміченості дрібним камінням.

Таким чином, на основі аналізу конструкцій аналогічних машин можна зробити висновок, що жодна з них не відповідає повністю агрономічним вимогам.

Ці недоліки можна усунути, посиливши процес руйнування пласта та поділу відвалу, перетворивши постійний потік пласта в дискретний. Для цього найдоцільніше застосовувати ротор, який встановлюється на леміші. При цьому в робочому процесі беруть участь два потоки - постійний (рух пласта на поверхні лемеша) та дискретний (відбір проб пласта лопатями від лемеша).

Аналіз робочого процесу такого картоплекопача показує, що шар під час підйому від плуга відривається від основної маси і падає вниз, де підхоплюється лопатями ротора і по круговій траєкторії перекочується через вісь обертання. У цьому випадку грант і дрібні частинки відвалу просіюються через стержні лопаті на поверхні поля, а бульби, бадилля і великі рослинні залишки викидаються через вісь обертання ротора. Але в процесі підйому шару від лемеша і переходу до лопаті частина бульб падає на поверхню поля (оскільки лопатка не встигає підійти до леміша) і присипається ґрунтом, що веде до зростання збитків.

Очевидно, що в конструкції такого картоплекопача буде доцільніше використовувати леміш із продовженням, виконаним у вигляді стрижнів, через

які проходять стрижні леза. Це рішення дозволяє утримувати шар під час його видалення з лемеша лопатками ротора та сприяє частковому просіванню (відділенню) відвалу.

Водночас слід зазначити, що леміш повинен мати кут установки не більше  $24^\circ$ , інакше фронтальний опір ґрунту та енергетичні витрати різко зростають. У цьому випадку діаметр ротора буде недостатнім, що негативно вплине на відокремлення купи. Тому необхідно розробити такий картоплекопач, який буде мати невеликий кут  $\alpha$  установки лемеша до горизонту і великий діаметр  $D$  ротора. Для задоволення цієї умови необхідно використовувати ротор із зігнутими лопатями. Але раніше такий картоплекопач не вивчався, і в літературі немає даних для визначення сил опору, що перешкоджають обертанню ротора при взятті шару лемешів.

У даній роботі на основі аналізу конструкцій картоплезбиральних машин та враховуючи агротехнічні вимоги до вирощування картоплі, удосконалено картоплекопач КСТ-1,4.

На основі вихідних даних в проекті розроблено основні вимоги до машини, сформульовані вимоги технічного завдання, проведено обґрунтування параметрів картоплекопача і його основного робочого органа – роторного сепаратора.

### **Список використаних джерел**

1. Пасаман Б.Ф., Гунько Ю.Л., Пасамон О.Б., Смолінський С.В. Теоретичне дослідження руху бульби картоплі по поверхні робочого органа картоплекопача // „Сільськогосподарські машини” Зб. наук. ст., вип. 13. - Луцьк: ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2005. -С. 147-152.
2. Гунько Ю.Л. Результати дослідження роботи фільтрувальної станції цукрового виробництва / Ю.Л. Гунько, М.С. Шведик, В.В. Теслюк, П.І. Ткачук // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 38. – Луцьк, 2017. – С. 24–30.
3. Пасаман Б. Ф. Розрахунок за методом кінцевих елементів рами роторного картоплекопача / Б. Ф. Пасаман, М. В. Вржещ, Ю. Л. Гунько // Наукові нотатки. - 2009. - Вип. 26. - С. 228-229. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn\\_2009\\_26\\_50](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2009_26_50).
4. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.

УДК 633.63: 631.5

## ТЕХНІЧНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОРІДЖУВАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

**В. В. ТЕСЛЮК**, доктор сільськогосподарських наук, професор,

**К. І. МАЦЮК**, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: vtesluk@ukr.net*

Підвищення технологічної та економічної ефективності використання проріджувачів шляхом розробки та обґрунтування їх параметрів є актуальною народногосподарською задачею [1]. Правильне застосування механізмів на формуванні густини посівів дозволяє скоротити затрати праці на цій операції до 20...30 люд. год./га. Після проріджування фактична кількість рослин в рядку на 1 м не повинна відхилятися від заданої більш ніж на 3, кількість букетів з числом рослин, що перевищує розрахункове, повинна бути не більше 25 %, засіяних рослин – не більше 10 %.

На бурякових полях, чистих від бур'янів, густину насаджень формують за допомогою вздовжрядкових проріджувачів. Необхідну густину насаджень одержують відповідною розстановкою ножів.

Механічні знаряддя і машини не забезпечують рівномірного розміщення рослин у рядку, а інколи й знижують густоту посівів, що негативно позначається на урожайності [3].

Автоматичні проріджувачі моделюють на формуванні густоти посівів ручну працю, видаляючи рослини тільки на загущених ділянках рядка, за рахунок чого покращується рівномірність розміщення рослин вздовж рядка на 8–20 % і досягається необхідна густота посівів без затрат ручної праці та істотного зниження врожаю. Найбільш простими і надійними в експлуатації є автоматичні проріджувачі ПСА-2,7 та ПСА-5,4, призначені для формування заданої густини рослин цукрового буряка без затрат ручної праці [4].

Основними складальними одиницями машини є рама з автозчіпкою, опорно-ходові колеса, карданний вал з приводом гідронасоса, пристрій заземлення, шість проріджувальних секцій, гідравлічна система приводу, електронні системи керування робочими органами, контролю і сигналізації [2].

Технологічний процес проріджування сходів буряка виконується наступним чином. Під час руху агрегату вздовж рядків буряків датчик торкається рослин і замикає електричне коло «датчик – рослина – ґрунт – заземлювач». Імпульс, що виникає, підсилюється в електронному блоці і замикає коло електромагніта розподільника гідродвигуна проріджувальної секції.

Електромагніт переміщає золотник гідророзподільника з одного положення в інше, завдяки чому масло з напірної магістралі гідросистеми поступає в один з циліндрів гідродвигуна приводу ножів, що приводить до

повороту валу гідродвигуна з одного крайнього положення в інше. Ножі, закріплені на валу гідродвигуна, виконують рух поперек ряду, заглиблюючись у ґрунт на глибину 1-2 см і вирізають рослини, які попадають в зону їх дії, розташовані попереду і ззаду виявленої рослини. Передній ніж вирізує бур'яни і зайві рослини перед контрольною рослиною, яку виявив датчик. Задній ніж спускає ґрунт і видаляє рештки бур'янів і зайвих рослин позаду контрольної рослини. Швидкість руху ножів – 7 м/с.

Для агропромислового комплексу нашої країни важливим є підвищення продуктивності сільськогосподарських знарядь, забезпечення їх надійності та необхідної довговічності експлуатації.

Оскільки автоматичний проріджувач ПСА-2.7 є начіпною машиною, то підвищення продуктивності можна досягти зменшенням маси агрегату, підвищенням точності проріджування та зменшенням пропусків у роботі.

Це забезпечується удосконаленням основного робочого вузла проріджувача ПСА-2.7 – проріджувальної секції.

Для зменшення маси автоматичного проріджувача сходів цукрового буряка ПСА-2.7 запропоновано проріджуючі секції машини зробити спареними, об'єднавши ліві та праві робочі секції попарно за допомогою спільного несучого бруса та однієї паралелограмної підвіски.

В такому випадку проріджуюча секція складатиметься з двох проріджуючих механізмів, сполучених поперечним брусом, що спираються на чотири копіюючі катки, двох листковідгиначів і розділювального щитка. Кріпитиметься секція до основного бруса рами за допомогою паралелограмної підвіски через передній кронштейн.

Проріджуюча секція опирається на ґрунт чотирма катками. Катки встановлені на каретках таким чином, що при русі машини по полю пара опорних катків кожної каретки проріджуючої секції перекочується по обидва боки ряду рослин, також копіюючи мікрорельєф ґрунту.

Підвищення надійності роботи проріджувача досягається шляхом об'єднання його шести робочих секцій попарно, утворивши три спарені проріджуючі секції.

### **Список використаних джерел**

1. Адамчук В. В. Сучасні тенденції розвитку сільськогосподарської техніки / В. В. Адамчук, Г. Л. Баранов, О. С. Барановський. – К. : Аграрна наука, 2004. – 396 с.
2. 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.
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 632.938.1

## АНАЛІЗ ГРИБНИХ МІКОБІОПРЕПАРАТІВ В ЗАХИСТІ РОСЛИН

**В. В. ТЕСЛЮК**, доктор сільськогосподарських наук, професор

**Д. Г. ЯРОЩУК**, студент,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,*

*E-mail: vtesluk@ukr.net*

Щорічні втрати врожаю від сумісного впливу шкідливих організмів та стресових чинників абіотичної природи в Україні досягають 30 – 85 %. Тому науковий напрямок на створення стійких до природних впливів сортів рослин та проведення захисно-стимулюючих міроприємств в технологічному процесі вирощування сільськогосподарських культур є найважливішою складовою.

Відомо, що до стресових чинників абіотичної природи відносять посуху, зависокі або занижкї температури, засолення ґрунтів та надмірна сонячна радіація, які є основною причиною зниження продуктивності сільськогосподарських культур.

Застосування традиційних методів селекції для отримання нових хворобостійких сортів з підвищеною стійкістю до абіотичного стресу може дати позитивний результат, але цей процес є довготривалим. А в результаті нові раси патогенних мікроорганізмів, які спільно із природними факторами створюють в рослині стресові ситуації, пристосовуються до них значно швидше, ніж створюються стійкі сорти.

Іншим напрямком розвитку науки стає твердження, що генетичний потенціал стійкості культурних рослин досить високий, але не реалізується в стресових умовах агроценозів.

Тому йдуть пошуки нових підходів до активації захисних механізмів рослин з метою підвищення їх стійкості до впливу шкідливих факторів.

В останні десятки років дослідження вчених направлені на прикладне дослідження теорії індукованої хворобостійкості рослин і методологічні підходи до практичної реалізації накопичених знань [1].

Виходячи з постулату, що усі рослини мають гени стійкості і здатні відповідати на зараження, С. Л. Тютєрев висунув гіпотезу про те, що можна знайти речовини стимулятори фітоімунних реакцій і на їх основі створити препарати, активуючи ці реакції в рослинах проти збудників хвороб. При цьому змінюється вся схема захисту рослин. Біологічно активні речовини індуктори стійкості рослин дозволяють реалізувати генетичний потенціал стійкості, внаслідок чого рослина справляється з стресовими ситуаціями за допомогою власних метаболітів. Об'єктом дії при такому методі є рослина, а не шкідливий вплив. Це дозволяє індукувати системну стійкість рослин на весь період вегетації, тому кратність обробок можна скоротити до 1 - 2 разів за сезон [2].

Нами за результатами накопиченого досвіду створено пілотний проект біотехнології одержання біологічно активних полісахаридів із грибної

сировини. В завдання польових досліджень входило вивчення ефективності підвищення стійкості сільськогосподарських культур до впливу шкочинних факторів при застосуванні індуктора стійкості грибногo походження.

Результати випробовування і промислового застосування мікобіопрепарату на основі грибних глюканів показало, що він ефективно підвищує стійкість озимої пшениці проти самих шкочинних збудників хвороб: сажки, септоріозу, ржавчини, кореневих гнилей та інш.[4]. Особливо ефективним є застосування препарату як доповнення до методу селекції стійких сортів.

Результати експериментальних досліджень і промислового застосування препарату показують, що він ефективно в комплексі підвищує стійкість рослин до непередбачених природних стресів, а також проти самих шкочинних збудників хвороб: сажки, кореневих гнилей. Він здатен замінити використання хімічних препаратів, які окремо створюють негативний стресовий вплив на рослину а в спільній дії з природними негараздами не залишають шансів рослині не тільки на плодоношення а й на виживання.

В результаті проведеної наукової роботи встановлено, що науковий підхід до розробки препаратів, дія яких базується на стимуляції захисних механізмів рослини є актуальним і перспективним напрямком наукових досліджень.

Розроблений мікобіопрепарат на основі грибних глюканів показав високу біологічну ефективність стійкості рослин до несприятливих впливів при обробці насіння озимої пшениці.

### **Список використаних джерел**

1. Тютєрев С.Л. Научные основы индуцированной болезнєустойчивости растений./ С.Л. Тютєрев // – Санк Петербург.:ООО «ИЦЗР» ВИЗР, 2002. –328 С.
2. Мельничук М.Д. Методологічні і біотехнологічні основи індукування механізмів захисту рослин від хвороб (наукові основи і рекомендації) / [М.Д. Мельничук, В.В. Тєслюк, В.О. Дубровін, І.П. Григорюк, В.Ф. Камінський, І.І. Кошевський, В.В. Рєдько, О.А. Бойко Ю.В. Коломієць]. – К.: НУБіП України, 2011. – 41 с.
3. Тєслюк В. В. Наукові передумови техніко-технологічного забезпечення процесу виробництва біопрепарату захисту рослин / В. В. Тєслюк // Вісник ХДТУ сільськогосподарства. Випуск 8. т. 2. “Підвищення надійності відновлюваних деталей машин”. - Харків, 2001. - С. 128 - 131.
4. Горовий Л.Ф., Універсальний захист рослин від хвороб при обробці насіння / Л.Ф. Горовий, І. І. Кошевський, В. В. Тєслюк // “Аграрник” Всеукраїнська газета для працівників агропромислового комплексу, № 16 (38), 2005 р.

УДК 631.331.54

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПОСІВУ ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ БУРЯКОВИХ СІВАЛОК

**М. М. ГУРА**, студент магістратури,  
**П. С. ПОПИК**, кандидат технічних наук, доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Основою сучасної інтенсивної технології вирощування цукрових буряків є ефективне використання сучасних пестицидів і виконання і дотримання точного посіву. За якістю висіву насіння бурякові вітчизняні сівалки ССТ-12Б і ССТ-12В з механічними висівними апаратами не поступаються найкращим імпортним аналогам, якщо деякі їх вузли та елементи частково доопрацювати.

Поширена останнім часом модернізація вітчизняних сівалок шляхом заміни висівних дисків на диски зі зміненими параметрами комірок лише частково покращує якість посіву, яка залишається на недостатньому рівні, в порівнянні з закордонними аналогами.

При вирощуванні цукрових буряків гостро стоїть проблема підвищення точності висіву каліброваного дражованого насіння вітчизняного та зарубіжного виробництва.

Недоліком вітчизняних сівалок ССТ 12В (Б) є повільне обертання висівного диска, на якому виконано велику кількість комірок. При зменшенні кількості комірок на диску, слід збільшувати частоту його обертання. При цьому колова швидкість обертання не може перевищувати граничного значення.

При однонасіневому посіві має місце значна різниця в швидкості руху агрегату і початкової швидкості висівного матеріалу. Оскільки початкова швидкість висівного матеріалу спрямована в протилежний бік руху агрегату і вона менше за модулем, то спостерігається перекочування висівного матеріалу в слід за агрегатом на підготовленому сошником ложе, що в свою чергу призводить до нерівномірного посіву (розподілу) по довжині рядка і, як наслідок, до зниження врожаю. Крім того, на врожайність впливає якість внесеного насіннєвого матеріалу, в тому числі механічні пошкодження насіння, одержані при дозуванні висівним диском.

Можливість висіву насіння різних розмірів, розширює діапазон використання модернізованих сівалок при точному посіві культури як звичайним недражованим, так і дражованим насінням. Пневмомеханічні ж сівалки найбільш ефективно використовуються при посіві лише дражованого насіння буряка.

Більшість сільськогосподарських підприємств, які спеціалізуються на вирощування цукрового буряку залишаються оснащеними сівалками ССТ-12В (Б), з традиційними дисками для висіву фракції насіння 3,5-4,5 і 4,5-5,5 мм з 90

комірками на кожному диску, які забезпечують точність висіву насіння в межах 80-85%, що призводить до втрати продуктивності 10-15%.

Для підвищення точності (однонасіневого) висіву каліброваного насіння сівалками ССТ 12В (Б) в останні роки ведеться калібрування насіння цукрових буряків через 0,5 мм, виділивши фракцію 3,5-4,0 мм і 4,0-5,5 мм. Разом з цим необхідно поліпшити такі показники як схожість та рівномірність розташування насіння в рядку вище 90%.

Для того щоб підвищити врожайність ставиться завдання - підвищити точність висіву за рахунок вирівнювання початкової колової швидкості польоту насіння з лінійною швидкістю сівалки.

Проведеними дослідженнями встановлено, що точний посів цукрових буряків із застосуванням модернізованих сівалок ССТ-12Б і ССТ-12В дозволяє економити 1,6 посівних одиниць насіння (в порівнянні з використанням їх без модернізації). При рівномірному розподілі насіння в рядку, рослини більш ефективно використовують площу живлення, за рахунок чого врожайність коренеплодів підвищується на 10 - 15%.

#### **Список використаних джерел**

1. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин / [Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І., Ножнов М.М.]. – К., 2003. – 206 с.
2. Сисолін П.В. Теорія, проектування та розрахунки посівних машин: Навч. посібник / П.В. Сисолін. – К.: ІСДО, 1994. – 148 с.
3. Патент на корисну модель № 122408 Україна, МПК А01С 7/04, А01С 17/00, А01С 19/00. Комбінований пневмомеханічний висівний апарат / А.І. Бойко, П.С. Попик, // - № u 2017 06074; Заяв. 16.06.2017; Опубл. 10.01.2018, Бюл. № 1.

**УДК 631.333**

### **ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО РОЗСІВАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ**

**В. Б. ОНИЩЕНКО**, доцент, к.т.н.,  
**Б.В. ОНИЩЕНКО**, к.т.н.,  
*НУБІП України*

Аналіз конструкцій сучасних машин з різними розсівальними робочими органами дозволяє зробити висновок про те, що при створенні технічних засобів для поверхневого внесення твердих мінеральних добрив, їх сумішей і вапна працездатними в умовах масового вітчизняного виробництва є металеві розсівальні робочі органи (РРО) відцентрового типу.

Машини з відцентровим РРО володіють рядом переваг: вони мають відносно просту конструкцію, характеризуються високою надійністю в роботі, навіть при внесенні вологих добрив. Цей факт суттєво важливий, враховуючи те, що в Україні сільськогосподарське виробництво ще мало має складних приміщень для збереження добрив, а значна їх частина має високу гігроскопічність.

Але цим машинам властивий недолік, що полягає в відносно високій нерівномірності внесення добрив. Машини з пневмовідцентровим РРО мають підвищену енергомісткість, забезпечують якісне внесення добрив малими дозами. Вказаних недоліків позбавлені дисково-вентиляторні РРО металевих типу, які суміщують в собі переваги відцентрових і пневматичних РРО.

В дисково-вентиляторних РРО розгін добрив здійснюється звичайним відцентровим способом з використанням диска, що обертається, а вентилятор служить для створення супутнього повітряного променя (струменя). Розробка таких конструкцій дозволить ліквідувати суттєвий недолік, властивий всім відцентровим РРО – відносно високу нерівномірність внесення добрив, та збільшити ширину захвату машин.

Застосування диференційованої подачі повітряного струменя під злітаючі з диска частинки добрив дозволить дещо зменшити різницю в дальності розсіювання крупних і дрібних гранул добрив, а також гранул, які при попередньому розгоні диском отримали відносно малу швидкість сходу. Тому є актуальною розробка дисково-вентиляторних пневмовідцентрових РРО. Такий робочий орган має диск, зверху на якому встановлено лопатки. Диск кріпиться до вала редуктора, а до нижньої поверхні диска підводиться а пневмопровід, який має напрямний козирок. Повітряний потік в пневмопроводі створює вентилятор, змонтований попереду бункера.

В процесі роботи машини добрива, що поступили на розсівальний диск розганяються лопатками. Під дією відцентрових сил вони переміщуються вздовж лопаток до зовнішньої кромки диска створюючи сектор сходу. Отримавши запас кінетичної енергії, добрива злітають з диску, шляхом відповідного регулювання подачі добрив на диск досягають підвищеного сходу з диска в зону периферійної ділянки ширини захвату. Одночасно під злетівші в атмосферу частинки добрив, подається стиснений повітряний струмінь. Таким чином, частина добрив, отримавши кінетичну енергію від лопаток диска, попадають в супутній повітряний струмінь і висіваються на периферійні зони ширини захвату. Повітряний струмінь діє на частинки добрив, що летять, на відстань 5...6 м від осі РРО, а далі вони летять виключно за рахунок запасу кінетичної енергії [1]. В процесі цього атмосферне повітря чинить добривам опір, їх частинки гальмуються, а потім висіваються на поверхню поля. Таким чином досягається диференційована подача струменя повітря під добрива, які вносяться на периферійні зони робочої ширини захвату машини. Інша частина добрив, що злітає з диска за межами козирка пневмопристрою, висівається по центру ширини захвату машини виключно за рахунок попереднього розгону розсівальними лопатками.



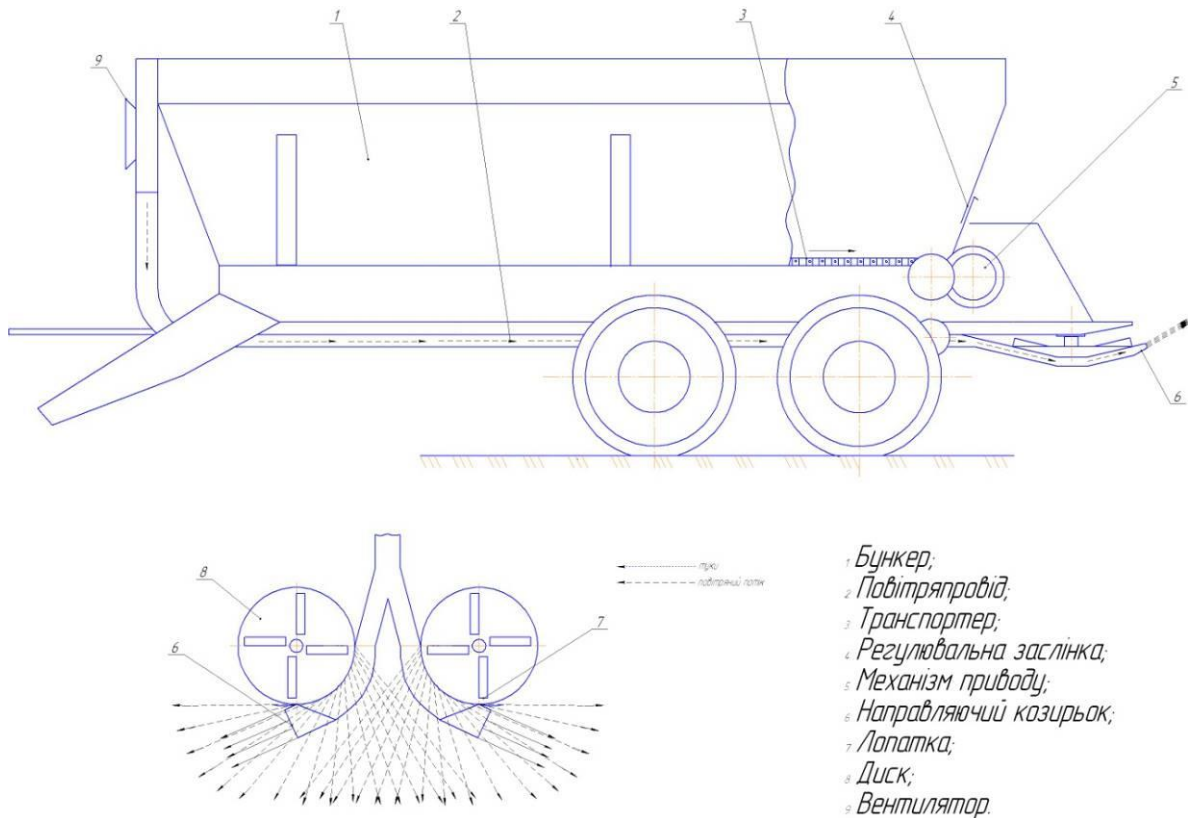


Рис..1. Схема машин з пневмівідцентровими РРО

### Список використаних джерел

1. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хіммеліорантів //Техніка АПК.- 2000.-№3.- С.10-12.

2. Адамчук В.В. Обґрунтування моделі внесення мінеральних добрив // В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха.- ННЦ „ІМЕСГ” , -2002. Вип. 86.- с. 90-99.

## **Секція 4 «Надійність технологічних систем у тваринництві»**

УДК 639.31

## СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ГАЛУЗІ РИБНИЦТВА В УКРАЇНІ

М. О. УМАНСЬКИЙ, аспірант,

В. В. БРАТІШКО, д.т.н., с.н.с.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України**E-mail: umansky@gmail.com*

Рибництво може вважатися однією із перспективних галузей економіки України – при раціональному використанні та збалансованому кормоприготуванні країна здатна здійснювати експорт продукції в країни ЄС.

Завданнями галузі є забезпечення потреб населення в продукції рибництва, незамінному джерелі вітамінів групи В, вітамінів РР, Н, жиророзчинних вітамінів А і D.

За інформацією Державного агентства водних ресурсів України із наявних в Україні 47450 водних об'єктів загальною площею водного дзеркала 276,29 тис. га, в оренду передано 17440 водних об'єктів загальною площею 119,62 тис. га. [1]. Отже, в країні існують достатні площі для забезпечення власних потреб у продукції рибництва і використання надлишкової продукції для експорту в країни ЄС (таблиця 1).

Таблиця 1 – Баланс виробництва та споживання продуктів рибництва (Держстат України)

| <i>Рік</i>             | <i>2005</i> | <i>2010</i> | <i>2015</i> | <i>2017</i> | <i>2018</i> | <i>2019</i> | <i>2020</i> |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Виробництво            | 296         | 260         | 139         | 132         | 128         | 128         | 118         |
| Зміна запасів          | 14          | 3           | -3          | -8          | 8           | 0           | 5           |
| Імпорт                 | 425         | 490         | 237         | 338         | 394         | 417         | 424         |
| <b>Усього ресурсів</b> | <b>707</b>  | <b>747</b>  | <b>379</b>  | <b>478</b>  | <b>514</b>  | <b>545</b>  | <b>537</b>  |
| Експорт                | 20          | 75          | 10          | 13          | 13          | 14          | 15          |
| Втрати                 | 11          | 5           | 2           | 5           | 6           | 7           | 5           |
| <b>Фонд споживання</b> | <b>676</b>  | <b>667</b>  | <b>367</b>  | <b>460</b>  | <b>497</b>  | <b>524</b>  | <b>517</b>  |

За останні роки прослідковується спад виробництва, та, відповідно, й споживання, що негативно відбивається на потребах суспільства в забезпеченні необхідними мікроелементами для належного рівня якості життя.

Із статистичних показників можна прослідкувати, що ринок риби в Україні на 80% складається із імпортованої продукції. В основному це риба морського походження. Із 20% відсотків вітчизняної продукції 12% складає вирощування прісноводних риб (рис. 1). Дані тенденції можуть становити загрозу для економічно-продовольчої безпеки країни.

Така тенденція спостерігається як наслідок окупації частини території України російською федерацією, що спричинило зменшення прибережних рибних зон України більше ніж у два рази.

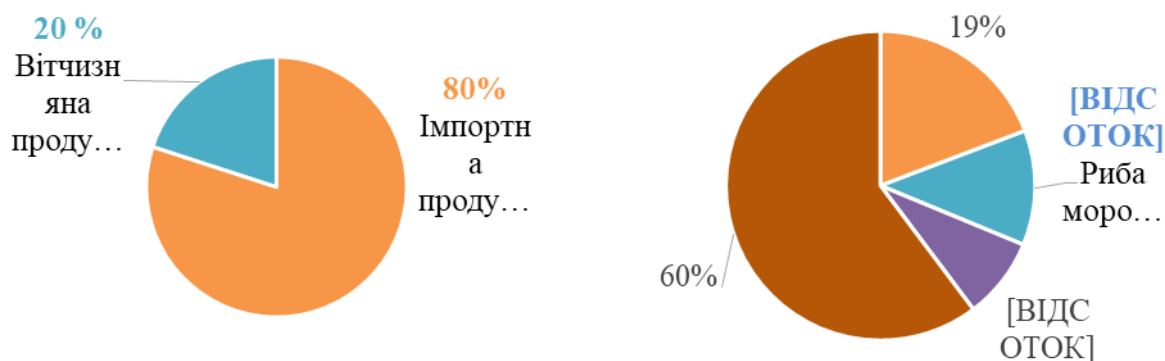


Рисунок 1 – Структура ринку продукції рибництва в Україні (з лівого боку) та структура експорту (з правого боку)

Рівень споживання рибної продукції на душу населення в Україні є нижчим за середньосвітовий показник – 12,9 кг/рік, за рекомендованого рівня 20 кг/рік, за даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (рис. 2). Хоча впродовж останніх років спостерігається тенденція до збільшення цього показника, це відбувається переважно за рахунок імпорту [1]. У країнах із більш високим рівнем розвитку економіки він значно вищий: у Норвегії – 66 кг, Японії – 58 кг, Південній Кореї – 78 кг, Португалії – 62 кг [2-5].

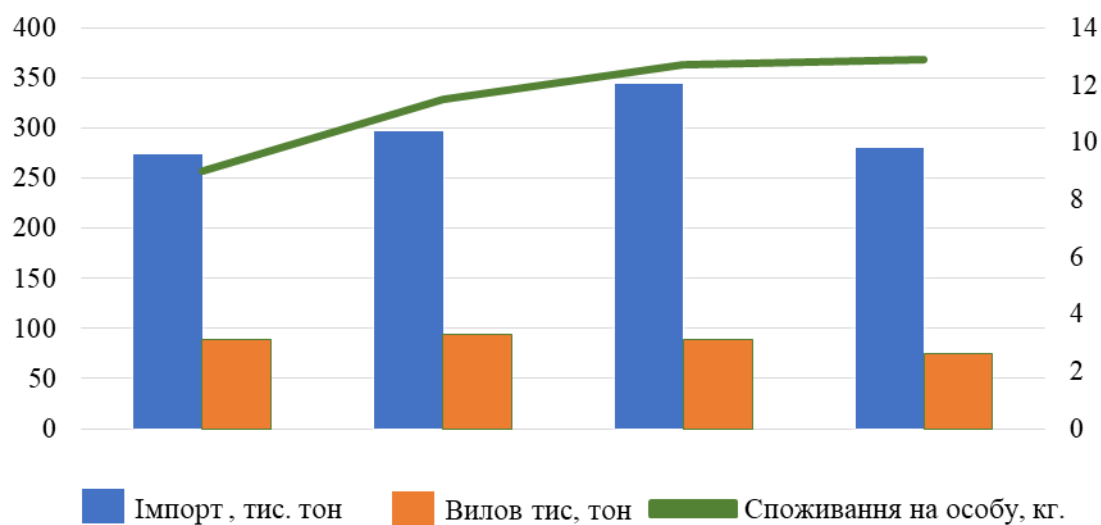


Рисунок 2 – Імпорт, вилов (ліва шкала) та рівень споживання рибної продукції на душу населення України (права шкала)

Отже, із оглянутої нами інформації та статистичних показників можна зробити висновок, що галузь рибництва перебуває в кризовому стані. Перспективою подальшого розвитку рибництва в Україні є розкриття потенціалу прісноводних водоймищ, площа яких становить 276 тис. га, та використовується лише на 12%. Розкриття цього потенціалу можливе за рахунок застосування інтенсивних технологій рибництва, ресурсозберігаючих моделей приготування комбикормів, що забезпечить високі рівні рентабельності при використанні водоймищ невеликих площ.

### Список використаних джерел

1. Зелена книга: Аналіз рибної галузі України: Ринковий контроль та нагляд «офісу ефективного регулювання». Режим доступу: [https://uifsa.ua/files/global/regulation.gov.ua\\_GB-fish-industry.pdf](https://uifsa.ua/files/global/regulation.gov.ua_GB-fish-industry.pdf)
2. Statistical Yearbook "Agriculture of Ukraine". 2020 (information about social and economic state of agriculture in Ukraine and its regions for 2000-2020). Access mode: [https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_e/publ4\\_e.htm](https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_e/publ4_e.htm)
3. V.Chemerus, V. Dushka, V. Maksym (2016). State and perspectives of development the aquaculture in Ukraine 18, 2(69), 169–175. doi:10.15421/nvlvet6933
4. Edwards, P. (2015). Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. *Aquaculture*, 447, 2-14. doi:10.1016/j.aquaculture.2015.02.001
5. Jayaram, M. G., & Shetty, H. P. C. (1981). Formulation, processing and water stability of two new pelleted fish feeds. *Aquaculture*, 23(1-4), 355-359. doi:10.1016/0044-8486(81)90028-4

УДК 631.363

## ЕКОЛОГІЯ І СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

**В. С. ХМЕЛЬОВСЬКИЙ**, д.т.н., професор  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Щороку в атмосферу і воду скидаються сотні мільйонів тонн відходів, чверть з яких утворюється в агросекторі, п'ята частина — у тваринництві.

Промислове тваринництво є джерелом трьох парникових газів: метану, діоксиду азоту та вуглекислого газу. Метан утворюється під час травлення у тварин та через велику кількість гною, який накопичується на фермах. Масштаби викидів парникових газів 20 найбільших світових м'ясо-молочних компаній надзвичайно великі та завдають докільку велетенської шкоди. Їх викиди призводять до утворення атмосферного аерозолі та кислотних дощів.

Для України, питання забруднення від сільського господарства, вкрай актуальне, зважаючи на роль агропромислового комплексу в економіці країни. Сільське господарство вже декілька років є основною галуззю української економіки і забезпечує понад 40% виручки від експорту [1, 2]. Україна є однією з країн, які забезпечують продовольчу безпеку світу. І наше завдання – тримати і надалі цей курс, але при цьому нарощувати обсяги. За матеріалами [3] Всесвітньої продовольчої програми (ВПП), 50 мільйонів осіб у 45 країнах перебувають на межі голоду, а 828 мільйонів людей у світі не мають достатньої кількості їжі та щовечора лягають спати голодними. ВПП потребує 22,2 мільярда доларів, щоб охопити 152 мільйони людей у 2022 році. Проте, це не



означає, що потрібно продовжувати безвідповідальне виробництво, а головне надлишкове споживання продуктів харчування.

Для України необхідним є технологічне переоснащення та модернізація галузей аграрного виробництва на засадах підвищення їх енергоефективності, забезпечення дотримання екологічних норм, міжнародних стандартів якості продовольства та харчової сировини, а також гарантування продовольчої безпеки держави [2].

Екологи впевнені, що лише у комплексному рішенні, на державному рівні, проблема зменшення аграрних викидів може вирішитись.

Одним із напрямів є використання відходів, як енергетичного ресурсу. Відомо, що відходи сільського господарства потребують особливих умов утилізації, проте, наприклад, гній виділяє значну кількість енергії.

Правильно перероблений гній дає можливість отримати біогаз та надзвичайно цінний продукт для галузі рослинництво – органічне добриво.

Отже, при науково-обґрунтованому підході до ведення сільськогосподарського виробництва можна збільшити обсяги продукції та знизити викиди парникових газів в атмосферу.

#### **Список використаних джерел**

1. Українське сільське господарство може «витягти з кризи» всю економіку – експерти. <https://www.radiosvoboda.org/a/ukrainian-apk-can-support-all-economy/31070474.html>
2. Цілі Сталого Розвитку: Україна. <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf>
3. A global food crisis. <https://www.wfp.org/global-hunger-crisis>

**УДК 636.084.1**

### **ОБґРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СОЄВОГО ЗАМІННИКА МОЛОКА**

**С. О. СОЛЯНИК**, студент магістратури

**С. Є. ПОТАПОВА**, кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: potapova@nubip.edu.ua*

Сухі замітники незбираного молока являють собою дрібний порошок, який отримують висушуванням на розпилювальних або плівкових сушильних установках із згущеного знежиреного молока або згущеної суміші знежиреного молока, скотин або сироватки, рослинних або тваринних жирів, стабілізованих антиокислювачами, емульгаторів, препаратів вітамінів і

антибіотиків. Сухий заміник незбираного молока використовується у відновленому вигляді для заміни незбираного молока при випоювання телят.

В даний час соєве молоко з успіхом застосовують для годівлі телят і поросят в якості додаткового корму і, частково, замість незбираного і знежиреного молока

Як компоненти, що заміщають або доповнюють молочний білок в ЗНМ, можуть бути використані рідка і суха соєва основа, а також соєвомолочний концентрат та соєве борошно.

У той же час, на сьогоднішній день не існує ефективних технологічних схем і технічних засобів приготування заміників цільного молока на основі соєвого білка. Пов'язано це, перш за все з тим, що використанню соєвого зерна на корм худобі і його переробці у відповідні кормові продукти тривалий час не приділялося належної уваги.

В останні роки проводяться дослідження, спрямовані на виявлення можливості використання замість знежиреного молока в ЗНМ соєвого білка. Екстракцію білка проводять водою або водним розчином спирту з подальшим отриманням соєвого білкового концентрату. Перетравність його становить близько 96%, тобто дуже близька до молочного білку. Встановлено, що близько 50% молочного білка в ЗНМ можна замінити соєвим білковим концентратом без істотного впливу на розвиток молодняку тварин. У деяких країнах соя стала основною сировиною. Так, в Данії близько 60% всіх заміників виробляються з включенням соєвого концентрату (до 30%), який отримують з натурального соєвого зерна. На рисунку 1 представлена технологічна схема виробництва сухого заміника молочних кормів з використанням соєво-пшеничного борошна.

У соєвому зерні міститься 37 - 42% сирого протеїну, 18 - 21% жиру, 22 - 35% вуглеводів, а також ферменти, незамінні амінокислоти, мінеральні речовини і вітаміни. Білок сої має повний набір необхідних для організму людини і тварин амінокислот, який легко засвоюється і за біологічною цінністю прирівнюється до білка м'яса, молока, яєць. Соєвий білок значно дешевший за білки, отримані з інших продуктів.

При використанні сої в годівлі тварин її потрібно піддавати відповідній тепловій обробці перед тим, як включати до раціонів у якості високобілкового корму, оскільки в іншому випадку активні антипоживні білкові речовини негативно позначаються на стані їх здоров'я. Основними антипоживними чинниками, які містить зерно сої є, зокрема, інгібітори трипсину й підвищена активність уреаз. Внаслідок згодовування непідготовленого соєвого зерна відбуватиметься пригнічення росту тварин, зниження ефективності використання кормів та інші негативні наслідки.

Останніми роками скорочення поголів'я корів зробило молоко дефіцитним кормом, а виробництво заміників молочних кормів стримується через дефіцит основних компонентів та дорогі технології приготування.

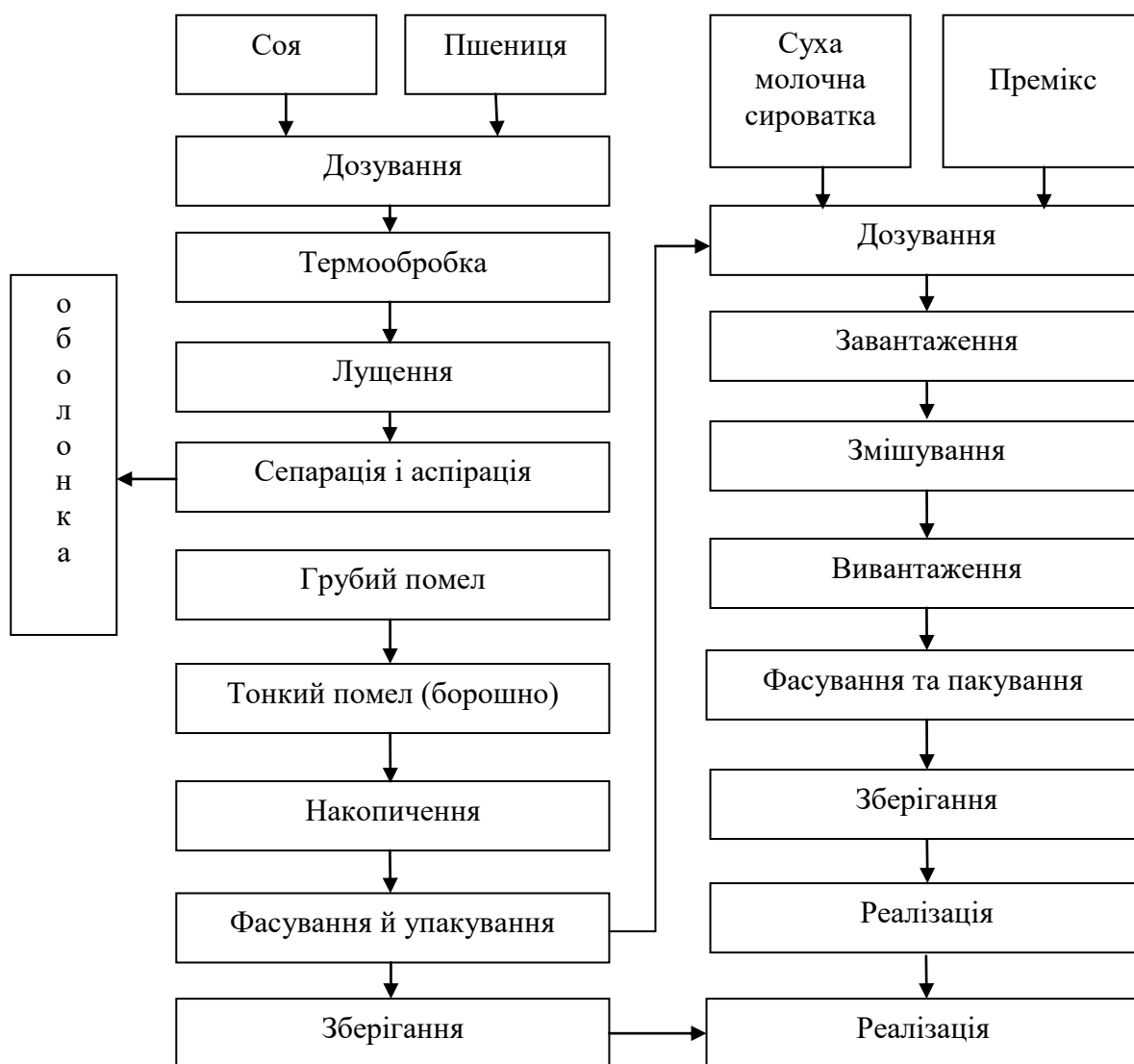


Рис. 1. Технологічна схема виробництва сухого замінника незбираного молока з використанням соєво-пшеничного борошна

Більшість рослинних джерел мають низьку біологічну цінність білку, а тому не можуть бути використаними в якості компонентів повних або часткових замінників. Вигідно в цьому відношенні виділяється соя, яка містить достатню кількість розчинного повноцінного білку, що за своїм амінокислотним складом близький до кормів тваринного походження. Тому створення технологій та технічних засобів для виготовлення замінників молока на основі сої має велике значення для забезпечення повноцінної годівлі телят.

УДК 631.3:636

## ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СТРИГАЛЬНИХ МАШИНОК

В. І. РЕБЕНКО, к.т.н., доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Напрацьований досвід організації технологічного процесу весняних та осінніх стрижок з безпосередньою участю в робочому процесі та його наукове узагальнення, у тому числі на основі аналізу хронометражних даних, показують, що від підготовки до сезону та технічного обслуговування (ТО) стригальних машинок, що впливає на живий об'єкт, залежить як продуктивність стрижки і якість остриженої вовни, а й стан поголів'я овець.

Специфіка експлуатації електростригальних машинок характеризується низкою факторів: короткочасна сезонна робота, що відноситься до однієї з важких за умов праці, ускладнює закріплення у стригалі навичок у поводженні з машинкою та вівцею (прийоми стрижки); стригальна машинка є складним механізованим ручним інструментом, що вимагає при виконанні стрижки багаторазової заміни стригалем ріжучої пари (ніж та гребінка) з обов'язковим виконанням регулювань, останні також пов'язані зі зносом кінематичних пар; великий вплив на періодичність заміни та складових ТО має стан вовняного покриву.

При підготовці стригального обладнання наголошується, що не менше ніж за 10 днів до початку стрижки машинки, гнучкі вали та комплекти ріжучих пар оглядають, видаляють захисне мастило і всі помічені несправності усувають, у тому числі непрямолінійність гребінок та ножів.

ТО машинок і гнучких валів включає щоденний технічний огляд, обслуговування в ході процесу стрижки (заміна ріжучих пар, що затупилися, регулювання машинок, заточування ножів і гребінок), щозмінне ТО, періодичне ТО і ТО при постановці на зберігання (в такому випадку обслуговується також інше обладнання).

**Щоденний технічний огляд** проводиться перед початком роботи та включає візуальний огляд на предмет цілісності та справності, а також перевірку стригальної машинки на холостому ходу.

**Обслуговування в ході процесу стрижки** - стригаль після включення машинки встановлює необхідне притискання ножа до гребінки, яке регулює в процесі роботи в той чи інший бік. Після закінчення стрижки натискання послаблюється до мінімального, машинка вимикається і розташовується вертикально або похило ріжучою парою вниз (на кронштейні або в спеціальній державці), що оберігає ексцентриковий і попередні механізми від потрапляння сторонніх частинок і проникнення через зазори рідини (див. нижче).

При необхідності (забруднення ріжучої пари, сильне нагрівання) або після закінчення стрижки вівці проводиться очищення-промивання ріжучої пари. Для цього на працюючій машинці натискання послаблюється до

мінімального рівня, і вона у вертикальному або круто похилому положенні на 10 ... 20 с опускається вниз гребінкою в миючий розчин (5% розчин пральної соди або порошку в гарячій воді) з зануренням передньої частини до рівня підп'ятника завзятого стрижня. Потім машинка виймається з розчину і в цьому ж положенні працює на холостому ході 10 ... 15 с над мийною ємністю, після чого триває процес стрижки або машинка вимикається і розташовується вертикально або похило ріжучою парою вниз.

Стригаль, у міру необхідності, виконує промивку-змащення маслом деталей в порожнині корпусу машинки (нижньої головки завзятого стрижня, центру обертання, ролика ексцентрика і валика ексцентрика). При цьому масло заливається в корпус (тримають похило під кутом 45 °) і машинка включається на 10 ... 15 с, після чого масло з корпусу працюючої машинки, виливають в ємність, опускаючи машинку гребінкою вниз. При цьому способом промивання-змащування внутрішні відкриті деталі машинки очищаються від абразивних частинок, що потрапили на них під час роботи, і змащуються рівномірно. Також таке промивання-змащування слід проводити безпосередньо в процесі стрижки через кожні 2...5 овець, але не рідше ніж через 1 годину.

Після закінчення промивання-змащування машинки проводиться очищення-промивання ріжучої пари і після стікання розчину при роботі на холостому ході протягом 10...15 с, стригаль приступає до стрижки вівці.

У ході роботи, при необхідності, замінюють затуплені ріжучі пари з регулюванням установки гребінки щодо ножа і виконують регулювання важеля (заміні передусь вищеописаний цикл робіт з очищення та промивання).

**Щозмінному ТО** машинки, яке проводять наприкінці робочого дня, передусь очищення-промивання ріжучої пари, промивання-змащування деталей у порожнині корпусу, повторне очищення-промивання ріжучої пари та стікання розчину. Машинку очищають від пилу та бруду, змащують солідолом натискний патрон, верхню головку завзятого стрижня, шестерні шарнірного механізму, сердечник гнучкого валу та його наконечники з перевіркою їх цілісності та надійності кріплення до електродвигуна та машинки. Перевіряють кріплення деталей та вузлів машинки, цілісність шнура живлення електродвигуна та його приєднання. Замінюють затуплені ріжучі пари з регулюванням установки гребінки щодо ножа і виконують регулювання важеля. Перевіряють на холостому ході роботу натискного механізму, після перевірки послаблюють натискання ніж до мінімального. Перевіряють роботу вентилятора, що проганяє повітря між ротором і статором електродвигуна, прибудованого до корпусу машинки МСУ-200 або підвісного машинки МСУ-77Б. Усі помічені несправності та відхилення усувають.

Роботу по щозмінному ТО виконує стригаль за участю майстра-наладчика та під його контролем.

**Періодичне ТО** проводять через 60-80 годин роботи стригального агрегату. На додаток до роботи, передбаченої щозмінним ТО, машини розбирають, деталі промивають у гасі або дизельному паливі, перевіряють на придатність до роботи, потім знову збирають та змащують.



Технічне обслуговування прибудованих електродвигунів машинок МСУ-200 та підвісних електродвигунів машинок МСО-77Б проводить майстер-наладчик відповідно до вимог до обслуговування електрообладнання.

**ТО при постановці на зберігання** передбачає виконання робіт *періодичного ТО*, при цьому деталі із чорних металів повністю покривають захисним мастилом (солідол), включаючи змінні комплекти гребінок та ножів, і кожен комплект окремо загортають у промаслений папір (поліетилен). Від машинок із прибудованим електродвигуном від'єднують шнури електроживлення, витирають останні насухо та зберігають у розправленому стані у відділенні ящика для машинок. У машинок послаблюють повністю натискний механізм, кожен щільно загортають у тканину (щільний папір, поліетилен) і укладають не більше ніж у два ряди в суцільний дерев'яний ящик з кришкою, там же розміщують загорнуті комплекти змінних гребінець з ножами. Гнучкі вали укладають у розправленому стані у спеціальному відділенні ящика.

Решту обладнання очищають та оглядають. При необхідності виконується ремонт (підварювання, заміна різьбових з'єднань...), фарбування пошкоджених місць, покриття незахищених поверхонь захисним мастилом.

Робота з підготовки до зберігання електродвигунів та електричної мережі з приладами управління проводиться відповідно до вимог правил експлуатації електрообладнання. Після обслуговування знімна електрична частина розміщується в окремих ящиках з кришками, при цьому кабелі повинні бути покладені в розправленому стані, що унеможливило одержання залишкової деформації.

Для зберігання стригальної техніки, включаючи електрообладнання, необхідні сухі приміщення, без конденсації вологи.

**УДК 631.365.22**

## **ЕКСПЕРИМЕНТЕЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВАКУУМНОГО СУШІННЯ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ В КАЧАНАХ**

**С. П. СТЕПАНЕНКО**, д.т.н., с.н.с.,

**В. О. ШВИДЯ**, к.т.н., стар. дослід.

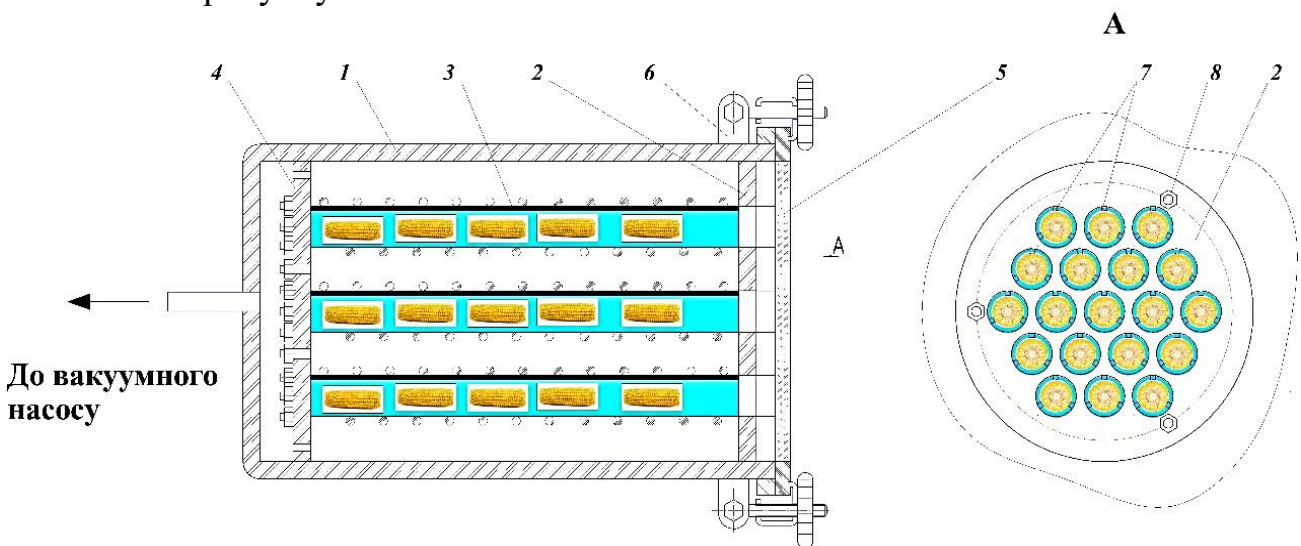
*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва  
Національної академії аграрних наук України, смт. Глеваха*

Високоякісне насіння кукурудзи — це запорука успіху в отриманні великого врожаю. Для його отримання велику роль відіграє післязбиральна обробка насіння, зокрема сушіння. Згідно існуючих технологій сушіння насіння кукурудзи проводять в качанах, так як при великій вологості (понад 20 %) при обмолочуванні можливе механічне пошкодження. Як правило, сушіння насіння

кукурудзи в качанах проводять у камерних сушарках, в засіках, на майданчиках, під навісами, активним вентиляванням, в сапетках [1]. Сушіння качанів кукурудзи під навісом, на майданчиках та в сапетках характеризується значною тривалістю, що при високій вхідній вологості качанів та вологій погоді призводить до ушкодження насіння пліснявою та іншою патогенною мікрофлорою. Через значну товщину шару качанів кукурудзи, які сушаться, відбувається перегрівання та недосушування окремих шарів, що призводить до зниження посівних властивостей насіння кукурудзи після сушіння [2]. Одним із способів зниження негативної дії сушарки на насіння кукурудзи є використання вакууму всередині сушильної камери [3-4]. Проте, науковим дослідженням з вакуумного сушіння насіння кукурудзи в качанах приділено мало уваги. Через складність та нелінійність процесу вакуумного сушіння насіння кукурудзи необхідні експериментальні дослідження.

Тому метою даної роботи було розроблення експериментальної установки для дослідження вакуумного сушіння насіння кукурудзи в качанах.

Була розроблена експериментальна установка принципова схема якої показана на рисунку.



**Рис. 1** Принципова схема експериментальної установки для дослідження вакуумного сушіння насіння кукурудзи в качанах

Всередину вакуумної камери 1 вставляється передня боковина 2, в отвори якої входять трубчасті нагрівачі 3, що з'єднані зліва за допомогою задньої боковини 4. Вакуумна камера 1 спереду закривається кришкою 5, середина якої виготовлена з прозорого матеріалу, що притискається до фланця вакуумної камери 1 затискним механізмом 6. Для уникнення контакту поверхні качанів кукурудзи з внутрішньою металевою поверхнею трубчастих нагрівачів 3 встановлені обмежувальні планки 7. Передня та задня боковини 2 та 4 стягнуті шпильками 8. Для контролю процесу сушіння допускається всередину трубчастих нагрівачів 3 встановлювати датчики температури та вологості, провідники яких виводяться через задню боковину 4 та вакуумну камеру 1.

При виконанні експериментальних досліджень качани кукурудзи завантажуються всередину трубчастих нагрівачів 3 після чого вакуумна камера 1 закривається кришкою 5 та відсмоктується повітря за допомогою вакуумного насоса та подається напруга на трубчасті нагрівачі 3. Так як обмежувальні планки 7 виготовлені з неметалевого матеріалу з низькою теплопровідністю, то тепло до насіння кукурудзи передається за рахунок випромінювання. Після досягнення заданої вологості качанів кукурудзи вимикають трубчасті нагрівачі 3 та скидають вакуум, відкриваючи запірний кран. Потім можливо відкрити кришку 5 та витягнути качани кукурудзи з трубчастих нагрівачів 3.

Дана установка дає можливість регулювати вакуум всередині вакуумної камери 1 часом відкачування повітря, а також температуру нагріву насіння шляхом зміни сили струму через нагрівальні спіралі трубчастих нагрівачів 3. Кришка 5 з прозорою серединою дає можливість спостерігати за качанами кукурудзи під час сушіння.

Таким чином, розроблена експериментальна установка для дослідження вакуумного сушіння насіння кукурудзи в качанах дає можливість регулювати основні параметри процесу: значення вакууму всередині сушильної камери та температуру нагріву насіння, що допоможе досліднику в описі вакуумного процесу сушіння качанів кукурудзи.

### **Список використаних джерел**

1. Особливості сушіння зерна окремих культур. – Режим доступу: <https://buklib.net/books/23048/> (дата звернення 18.01.2023 р.).

2. Термостійкість насіння гібридів кукурудзи та особливості їх післязбиральної обробки / М.Я. Кирпа, М.О. Стюрко, Л.М. Бондарь, Ю.С. Базілева // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. сільськогосподарська екологія. рослинництво. землеробство. селекція. – Дніпропетровськ. – 2015- № 3 (37) - С. 58-63.

3. Теоретичне обґрунтування використання контактного нагріву для сушіння насіння у вакуумі. / В. О. Швидя // Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. – Глеваха. – 2019- Вип. № 10 (109) - С. 67-74.

4. 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. DOI 10.31489/2022PH3/90-98

## **АНАЛІЗ СТРУКТУРИ МОЛОЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ІРЛАНДІЇ**

**О. М. ГОНЧАР**, магістр,

**О. М. АЧКЕВИЧ**, к.т.н., доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування*

*E-mail: Achkevych@gmail.com*

Молоко — незамінний продукт високої біологічної цінності, що супроводжує людину все життя від самого його початку. Традиційно у нашій державі основним видом, що споживається переважною частиною населення, є коров'яче молоко і продукти з нього. Для розвитку та зростання молочної галузі проаналізуємо досвід лідерів даної галузі в Європі. Розглянемо досвід острівної країни з помірним кліматом Ірландія.

Згідно Національного опитування ферм Teagasc в республіці Ірландія налічується близько 16 000 активних виробників молока. Ці дані були зібрані з 311 молочних ферм, що представляють 15 916 молочних ферм у країні. Станом на 2021 рік в країні налічувалося понад 1,4 млн дійних корів. Середній надій молока на корову становить понад 5400 літрів. Середня ціна за літр у 2021 році становила 35,6 цента. Для порівняння в Європейському Союзі ціни на молочну продукцію в 2022 році зросли і середньоевропейська ціна на сире молоко становила 50,33 євро за 100 кг сировини.

Ірландія займає лідируючі позиції з виробництва молока в світі та Європі. Виробництво молока в цій країні у 2021 році склало 7,58 млрд літрів. Це дає можливість експортувати молоко в десятки країн світу. Республіка Ірландія займає топові позиції не лише з кількості виробленого молока, а і з якості даного продукту. Наприклад, суха маса молока (кг жиру і білка) становила в середньому 408 кг на корову. Жирність і білковість молока визначаються за допомогою великої кількості автономних аналізаторів молока. В країні працюють сертифіковані та ліцензовані лабораторії, які надають свої послуги племінним господарствам для визначення якісних показників молока індивідуально від кожної тварини.

Середнє поголів'я на фермах Ірландії у 2021 році становило 78,6 корів. За останні роки збільшився відсоток ферм з розміром дійного стада понад 100 корів з 4,5% у 2005 році до 24% у 2021 році. Зараз ці ферми з поголів'ям 100 корів і більше виробляють 47% молочного виробництва.

Щодо земельних угідь, то середня молочна ферма в Ірландії має розмір 59 гектарів і середній річний прибуток становить 1047 євро за гектар. По всіх підприємствах середній розмір господарства у 2021 році становив 43 га, із середнім доходом на гектар 541 євро.

Зараз на Ірландію припадає близько 5% виробництва молока в ЄС. Для порівняння Німеччина і Франція виробляють понад 20% виробництва ЄС.

У 2021 році експорт молочної продукції країною склав понад 5 мільярдів євро. В цілому виробництво молока становить близько 30 % валової продукції сільського господарства Ірландії.

Молоко для експорту збирається 30 молочними кооперативами і відкритими товариствами, 12 з яких займаються переробкою молока. 82% виробленого молока переробляють шість основних переробників (Glanbia, Kerry, Dairygold, Lakeland, Aurivo і Arrabawn).

### Список використаних джерел

1. Dairy husbandry. Workbook. – Teagasc, Kildalton College, Piltown – 2021
2. Якісне молоко – яким воно має бути? Електронний ресурс. Ресурс доступу: <https://kurkul.com/spetsproekty/338-yakisne-moloko--yakim-vono-maye-buti>
3. Виробництво молока у світі скорочується. Електронний ресурс. Ресурс доступу: <https://infagro.com.ua/ua/2022/01/24/virobnitstvo-moloka-u-sviti-skorochuyetsya>
4. ТОП країн за експортом молока. Електронний ресурс. Ресурс доступу: <https://kurkul.com/spetsproekty/723-top-krayin-za-eksportom-moloka>
5. У світі скорочується виробництво молока. Електронний ресурс. Ресурс доступу: <https://delo.ua/uk/agro/u-sviti-skorocujetsya-virobnictvo-moloka-391749/>

УДК 631.861

## ПЕРЕВАГИ ПЕРЕПЕЛИНОГО ПОСЛІДУ У ВИГЛЯДІ ГРАНУЛ

**А. С. КОМАР**, інженер  
*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*  
E-mail: artem.komar@tsatu.edu.ua

На сьогодні у зв'язку з різким зростанням виробництва промислових мінеральних добрив, дещо менш популярне таке цінне природне добриво, як пташиний послід, а саме перепелиний послід. Проте досвідчені агрономи знають про його справжню цінність [1, 2].

Здавна, коли люди тільки розпочали займатися землеробством, одним з перших добрив був пташиний послід. Перепелиний послід в основному використовується як добриво для городів [3].

В середині сімдесятих років ХХ століття у зв'язку з виробництвом великої кількості мінеральних добрив пташиний послід якимось відійшов на другий план. Але сьогодні незаслужено забуте добриво стає популярним, особливо на приватних присадибних ділянках. При утриманні птахів накопичується велика кількість перепелиного посліду. Вихід посліду у цих птахів за обсягом майже рівний корму, що з'їдає перепел.

Пташиний послід вважається найціннішим з усіх видів органічних добрив, серед яких перепелиний відрізняється значною кількістю поживних речовин для рослин. Він, за хімічним складом, багатший від гною великої рогатої худоби у 3-4 рази. Поживні речовини в посліді знаходяться у



сприятливому для рослин та ґрунтової мікрофлори поєднанні, швидко розчиняються у воді та легко засвоюються [1, 4].

За дією на врожай у перший рік внесення пташиний послід близький до мінеральних добрив. Завдяки високій концентрації органічних компонентів та їх поступовому вивільненню послід впливає на врожай і в наступні кілька років, тобто має післядію. Цю інформацію потрібно враховувати при внесенні посліду, як і та обставина, що кількість поживних речовин у посліді змінюється залежно від виду птиці, її віку, а також складу корму.

Перепелиний послід має наступні переваги:

– у його складі безліч корисних мінеральних речовин, у тому числі азот та фосфор;

– мікроелементи містяться у формі, що легко засвоюється рослинами, тому після застосування спостерігається їх стрімке зростання;

– відновлює родючість ґрунту, активізує утворення та дозрівання плодів;

– сприяє підвищенню врожайності рослин;

– ефект від застосування посліду перепілки зберігається протягом трьох наступних років;

– таке добриво у певній мірі підвищує термін зберігання врожаю.

Гранулювання пташиного посліду є одним з сучасних методів переробки (утилізації) продуктів життєдіяльності птахів, у результаті якого виходять спресовані гранули нормальної вологості, в якій макро- і мікроелементи містяться в оптимальній кількості [5].

Такі гранули можуть використовуватися як концентроване органічне добриво для будь-якого виду рослини та різних типів ґрунтів. Вони легкорозчинні і містять багато поживних речовин, які добре засвоюються рослинами. Найбільш цінними серед пташиних є гранули виготовлені саме з перепелиного посліду [6].

Знезаражений, ферментований та висушений перепелиний послід звичайно може застосовуватися у вигляді меленого порошку, але у вигляді гранул, хоча і буде дещо дорожчий, має наступні переваги, що з лишком компенсують різницю в ціні [7]:

1) вирішує проблему утилізації продукції життєдіяльності птахів;

2) термін зберігання практично необмежений, зокрема у розкритій упаковці;

3) гарантовано відсутні шкідливі мікроорганізми, екологічно чистий і не токсичний для людини продукт;

4) у певній мірі має властивості мінеральних добрив пролонгованої дії, так як вихід поживних речовин з гранули у ґрунт відбувається поступово та рівномірно. У досить доглянутому та налагодженому перепелиному господарстві послід у вигляді гранул, знезаражений ультрафіолетом за ефективністю в незначній кількості поступається пролонгованим на осмотичних ефектах (типу Осмокот);

5) містить в оптимальній кількості всі мінеральні речовини;

6) перепелиний послід у вигляді порошку, внесений з порушенням

дозування незадовго до дощу або інтенсивного поливу, може дати залповий викид активного азоту в ґрунт і, як наслідок, накопичення нітратів у плодах. Залповий викид азоту виключений при застосуванні гранульованого посліду і його технологічна широта достатня для дозування та внесення «на око»;

7) гранули посліду також до певної міри мають властивості гідрогелю, цеолітів та інших акумуляторів вологи: рясно змочені, вони вбирають вологу, набухають, а потім поступово віддають її. Це особливо важливо для дачників вихідного дня та в посушливих регіонах України, де поливну воду подають за розкладом;

8) може вноситися в ґрунт сільськогосподарською технікою;

9) приготувати настій для удобрення з гранульованого посліду набагато простіше, ніж з розсипного, і води для цього потрібно менше.

Лабораторне дослідження проби перепелиного посліду у вигляді гранул навчально-наукової лабораторії з утримання та розведення перепелів Таврійського державного агротехнологічного університету наведено в таблиці 1.

Показники гранульованого органічного добрива визначались за наступними методами: Загальний азот – ГОСТ 26715-85; Фосфор – ГОСТ 26717-85; Калій – ГОСТ 26718-85; Органічна речовина – ГОСТ 27980-80; Вологість та суха речовина – ГОСТ 26713-85; Зольність – ГОСТ 26714-85.

Таблиця 1. Показники перепелиного посліду у вигляді гранул (результати лабораторного аналізу).

| Показники, що досліджувались | Послід гранульований, % |
|------------------------------|-------------------------|
| Вміст загального азоту       | 8,5                     |
| Вміст загального фосфору     | 2,4                     |
| Вміст загального калію       | 1,4                     |
| Органічна речовина           | 76,4                    |
| Вологість                    | 9,6                     |
| Зольність                    | 23,6                    |
| Суха речовина                | 90,4                    |

Отже можемо зробити висновок, що перепелиний послід має численні переваги порівняно з органічними відходами тварин та інших видів птахів, а його використання у вигляді гранул дозволяє ефективніше використовувати його живильний потенціал і розширити агротехнічні можливості використання. Виробництво гранульованого пташиного посліду, дозволить птахофабрикам зменшити накопичення відходів, що поліпшить загальну екологічну обстановку.

### Список використаних джерел

1. Болтянська Н. І. Варіанти застосування безпідстилкового перепелиного посліду як добрива. Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв: Матеріали МНПК. (25–26 листопада 2021 року) Харків: ДБТУ,

2021. С. 475–478.

2. Григоренко С. М. Перспективи механізації видалення та переробки гною. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв». (24–25 листопада 2022 року) Харків.: ДБТУ, 2022. С. 158–161.

3. Комар А. С. Сучасні методи переробки пташиного посліду. Обуховські читання: 36. тез ХУІ Міжнародної науково-практичної конференції (30 березня 2021 р.) К.: НУБіП України, 2021. С. 104–108.

4. Комар А. С. Сучасні запатентовані способи переробки посліду птахів. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 2. №15. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-15.

URL:

<https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/issue/view/20>

5. Комар А. С. Переваги гранульованого пташиного посліду. Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-технічної конференції магістрантів і студентів за підсумками наукових досліджень 2021 року. (26-30 квітня 2021 р.) Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 48.

6. Болтянський Б. В., Болтянська Н. І., Дереза С. В., Григоренко С. М. Досвід кафедри «Технічні системи технологій тваринництва» з вирощування перепелів. Щомісячний науково-практичний журнал «Тваринництво сьогодні», №4. Київ, 2018. С. 38–45.

7. Комар А. С. Перепелиний послід в гранулах – ефективне органічне добриво. Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: Мат. Х-ї Міжнародної науково-технічної конференції. Глеваха-Київ. 2021. С. 35–38.

**УДК 662.763**

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИХОДУ БІОГАЗУ ПРИ МОНОДЕСТРУКЦІЇ ГНОЮ ВРХ МЕТАНОГЕНАМИ**

**Є. О. ДВОРНИК**, аспірант

**В. М. ПОЛІЩУК**, доктор технічних наук, професор

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: dvornik@nubip.edu.ua, polishchuk@nubip.edu.ua*

Гній ВРХ часто використовується для отримання біогазу. Це доступний субстрат, який вже містить у своєму складі метаноутворюючі бактерії, що покращує процес метаногенезу. Субстрати з гною ВРХ мають ідеальні показники (рН, співвідношення азоту та вуглецю та ін.) для життєдіяльності симбіозу метаноутворюючих бактерій. Разом із тим, із аналізу попередніх досліджень [1-5] випливає, що вихід біогазу при зброджуванні гною ВРХ внаслідок наявності у гною ВРХ великої кількості сирової клітковини, відносно низький.

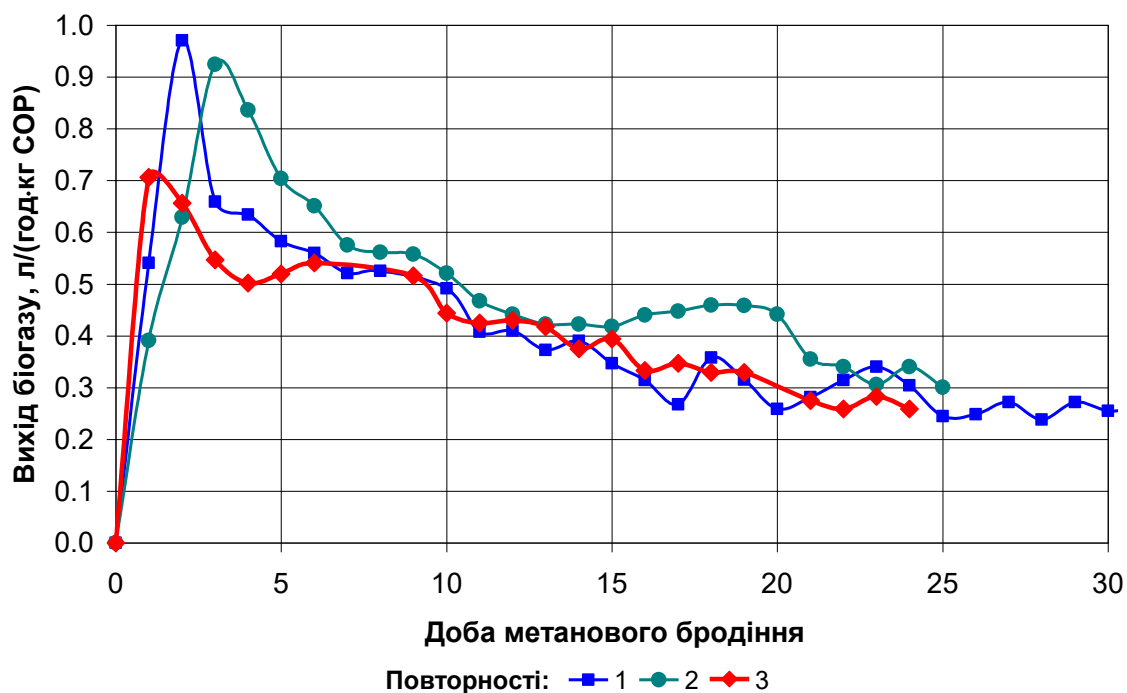


Рис. 1. Динаміка виходу біогазу при монодеструкції гною ВРХ метаногенами

При проведенні дослідження динаміки виходу біогазу при метановій деструкції гною ВРХ в лабораторний метантенк завантажувалась порція субстрату масою 8,5 кг в складі 3,5 кг гною ВРХ і 5,0 кг води. Для збереження в метантенку спільноти метаноутворюючих бактерій, замінювалась 30% субстрату. Режим завантаження субстрату в метантенк – періодичний. Температурний режим метантенка мезофільний (37°C).

Дослідження проводились в трьох повторностях. Результати досліджень представлені на рис. 1.

При монодеструкції гною ВРХ метаногенами спостерігається типовий для періодичного завантаження метантенка процес, який включає, експоненціальну фазу, стаціонарну фазу та фазу відмирання. При цьому лаг-фази не опостерігалось, оскільки попередній субстрат також був на основі гною ВРХ. Максимальний вихід біогазу спостерігається на наступну добу після завантаження нової порції субстрату. Далі вихід біогазу поступово зменшувався. На 25-30 добу метанової деструкції процес штучно переривався завантаженням нової порції субстрату.

Максимальний вихід біогазу при монодеструкції гною ВРХ метаногенами наведений в табл. 1.

Таблиця 1 – Максимальний вихід біогазу при монодеструкції гною ВРХ метаногенами (в л/(год·кг СОР))

| Повторності |       |       | Середнє значення |
|-------------|-------|-------|------------------|
| 1           | 2     | 3     |                  |
| 0,971       | 0,924 | 0,706 | 0,867            |

Такий максимальний вихід біогазу при монодеструкції гною ВРХ менший, в порівнянні із максимальним виходом біогазу, який отримується із субстрату на основі гною ВРХ з додаванням косубстратів: мелясної барди – 3,594 л/(год·кг СОР) [6], сирого гліцерину – 1,352 л/(год·кг СОР) [7], соапстоку – 1,885 л/(год·кг СОР) [8], некондиційного борошна – 2,378 л/(год·кг СОР) [9], стічних вод виноробних виробництв – 1,372 л/(год·кг СОР в субстраті) [10], фузу – 2,073 л/(год·кг СОР) [11].

Вміст метану в біогазі вимірювався аналізатором мультигазовим МГА-1-12 і становив 54%, що відповідає значенням, вказаним в роботах [1-5].

Отже, для збільшення виходу біогазу при метановій деструкції гною ВРХ доцільно до нього додавати косубстрати.

### Список використаних джерел

1. Lijo L., Gonzalez-Garcia S., Bacenetti J., Moreira M. T. The environmental effect of substituting energy crops for food waste as feedstock for biogasproduction. *Energy*. 2017. Vol. 137. P. 1130-1143. doi: 10.1016/j.energy.2017.04.137.
2. Ren Z. Z., Ning P., Jia L. J., Qu G. F., Xiong X. F., Feng H., Zhou C. Biogas production from cow manure in an experimental 20 m<sup>3</sup> reactor with a jet mixing system. *Advanced Materials Research*. 2012. Vol. 518-523. P. 3290-3294. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.518-523.3290.
3. Sumardiono S., Matin H. H. A., Widiasta I. N., Budiyo B. Optimization of total solid (TS), temperature, and rumen fluid content during biogas production from cattle manure using response surface methodology. *Advanced Science Letters*. 2018. Vol. 24. Iss. 12. P. 9791-9793. doi: 10.1166/asl.2018.13142.
4. Hupfauf S., Plattner P., Wagner A. O., Kaufmann R., Insam H., Podmirseg S. M. Temperature shapes the microbiota in anaerobic digestion and drives efficiency to a maximum at 45 degrees C. *Bioresource Technology*. 2018. Vol. 269. P. 309-318. doi: 10.1016/j.biortech.2018.08.106.
5. Hu Y., Kobayashi T., Qi W. K., Oshibe H., Xu K. Q. Effect of temperature and organic loading rate on siphon-driven self-agitated anaerobic digestion performance for food waste treatment. *Waste Management*. 2018. Vol. 74. P. 150-157. doi: 10.1016/j.wasman.2017.12.016.
6. Romaniuk, W., Rogovskii, I., Polishchuk, V., Titova, L., Borek, K., Shvorov, S., Roman, K., Solomka, O., Tarasenko, S., Didur, V., Biletskii, V. Study of Technological Process of Fermentation of Molasses Vinasse in Biogas Plants. *Processes*. 2022. Vol. 10. Iss. 10. AN 2011. doi: 10.3390/pr10102011.
7. Romaniuk W., Rogovskii I., Polishchuk V., Titova L., Borek K., Shvorov S., Roman K., Solomka O., Tarasenko S., Didur V., Biletskii V. Study of technological process of fermentation of molasses vinasse in biogas plants. *Processes*. 2022. Vol. 10. P. 2011. <https://doi.org/10.3390/pr10102011>.
8. Polishchuk V. M., Shvorov S. A., Krusir G. V., Didur V. V., Witaszek K., Pasichnyk N. A., Dvornyk Ye. O., Davidenko T. S. Using soap waste from biodiesel production to intensify biogas generation during anaerobic digestion of cow dung.



Problemele Energeticii regionale. 2022. Vol. 1. Iss. 53. P. 97-107. doi: 10.52254/1857-0070.2022.1-53.08.

9. Polishchuk V. M., Shvorov S. A., Tarasenko S. Ye., Antypov I. O. Increasing the biogas release during the cattle manure fermentation by means of rational addition of substandard flour as a cosubstrate. Science and Innovation. 2020. Vol. 16. No 4. P. 25–35. doi: <https://doi.org/10.15407/scin16.04.025>.

10. Polishchuk V. M., Shvorov S. A., Krusir G. V., Davidenko T. S. Increase of the biogas output during fermentation of manure of cattle with winemaking waste in biogas plants. Problemele Energeticii Regionale. 2020. Vol. 2. Iss. 46. P. 123-134. doi: 10.5281/zenodo.3898326.

11. Polishchuk V. M., Titova L. L., Shvorov S. A., Gunchenko Y. A. Estimation of biogas yield and electricity output during cattle manure fermentation and adding vegetable oil sediment as a co-substrate. Problemele Energeticii regionale. 2019. Vol. 2. Iss. 43. P. 117-132. doi: 10.5281/zenodo.3367054.

**УДК:636**

## **ПРОДУКТИВНІСТЬ І СТАБІЛЬНІСТЬ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ Є ЗАПОРУКОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ РОБОЧОГО РОЗРІДЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЯХ**

**А. К. АВТУХОВ**, доктор технічних наук, професор  
**Д. О. КОЛОСАР**, здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

Важливим факторам при підвищенні ефективності роботи обладнання для сушки та зберігання продукції сільськогосподарського виробництва є створення та підтримка 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 недосконалість 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 надалі вдосконалювати вакуумні насоси і поліпшувати показники їхньої роботи.

Вдосконалювання ротаційних вакуумних насосів дозволяє збільшити надійність, знизити витрати електроенергії і, відповідно, підвищити ефективність процесів сушки та зберігання сільськогосподарської продукції.

**УДК 631.001.04**

## **ГЕНЕРАЦІЯ БІОГАЗУ ПРИ ПОСТУПОВОМУ ЗАВАНТАЖЕННІ СУБСТРАТУ В БІОГАЗОВІ УСТАНОВКИ**

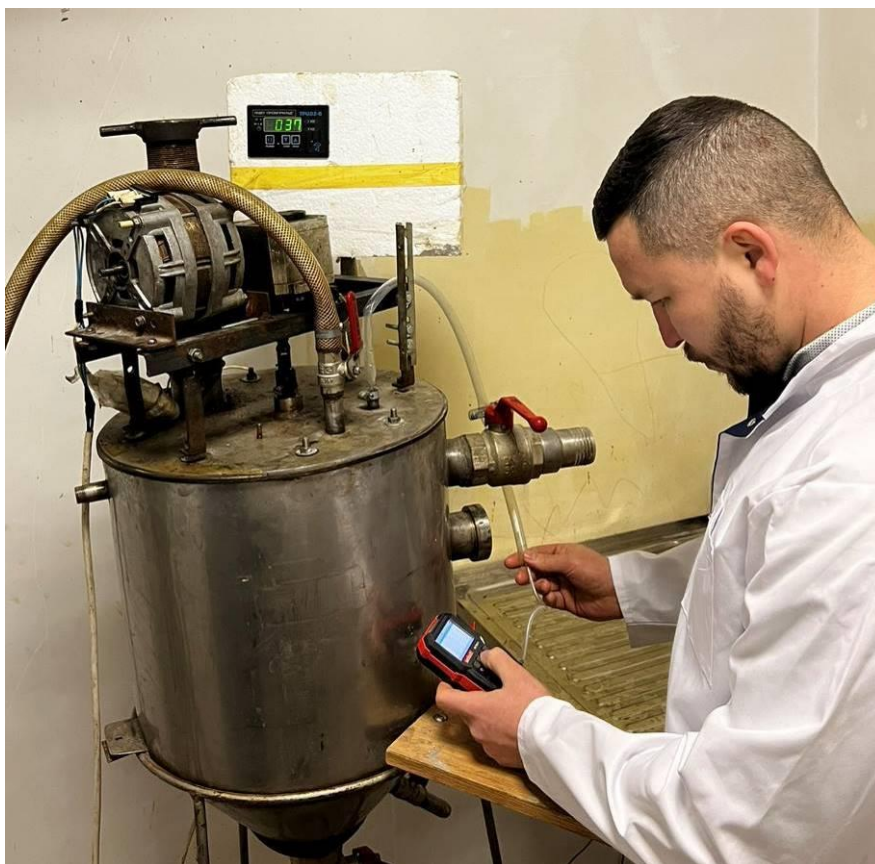
**Т. О. ВАЛІЄВ**, аспірант

**В. М. ПОЛІЩУК**, доктор технічних наук, професор

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: timurvaliev@gmail.com , polishchuk@nubip.edu.ua*

Нами проведено дослідження процесу поступової подачі субстрату в метантенк лабораторної біогазової установки (рис. 1).



**Рис. 1. Експериментальна біогазова установка**

У метантенк об'ємом  $29 \text{ м}^3$  завантажувалося 4,2 кг субстрату [1], що складається з 1,7 кг гною ВРХ [2], 2,5 кг води і 0,05 л неочищеного гліцерину (3 % від маси субстрату [3]). Коефіцієнт заповнення метантенка склав 0,5 [4], коефіцієнт спорожнення – 0,28 [5]. На 2-3 добу бродіння спостерігався максимальний вихід біогазу [6]. У цей час в метантенк щодоби додавалася нова порція субстрату в розмірі 1/30, 1/20, 1/10 і 1/5 частини завантаженої порції субстрату [7]. Вага субстрату і окремих його компонентів при щоденній завантаженні приведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Вага субстрату і окремих його компонентів при щоденному завантаженні метантенка.

| Показник                                       | Процент оновлюваного субстрату |              |               |              |
|------------------------------------------------|--------------------------------|--------------|---------------|--------------|
|                                                | 1/30<br>(3,3%)                 | 1/20<br>(5%) | 1/10<br>(10%) | 1/5<br>(20%) |
| Початкове завантаження субстрату, кг           | 4,2                            | 4,2          | 4,2           | 4,2          |
| Щоденне завантаження субстрату, кг,<br>в т.ч.: | 0,1422                         | 0,2132       | 0,4264        | 0,8527       |
| гній ВРХ, кг                                   | 0,057                          | 0,085        | 0,17          | 0,34         |
| вода, кг                                       | 0,083                          | 0,125        | 0,25          | 0,5          |
| сирий гліцерин, л                              | 0,0017                         | 0,0025       | 0,005         | 0,01         |
| Щоденне вивантаження біошламу, кг              | 0,1422                         | 0,2132       | 0,4264        | 0,8527       |

Результати дослідження виходу біогазу при поступовому завантаженні субстрату наведені на рис. 2, з якого видно, що бродіння супроводжується двома піками максимального виходу біогазу.

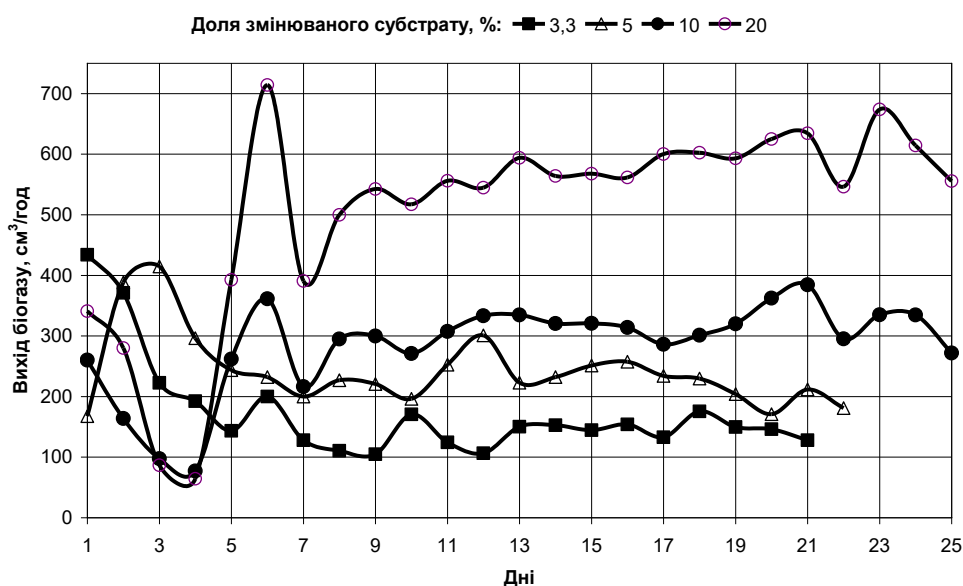


Рис. 2. Генерація біогазу при поступовому завантаженні субстрату.

Початок відліку співпадає з першим піком, після чого настає згасання генерації біогазу, і на шосту добу бродіння спостерігається другий пік

генерації. На 8 добу бродіння вихід біогазу стабілізується і в наступні дні спостерігається відносно рівномірна генерація біогазу з незначним збільшенням його виходу в часі. Середній вихід біогазу при щоденному оновленні 3,3% субстрату від завантаженого на початку бродіння становить 141 см<sup>3</sup>/год, при оновленні 5% субстрату – 226 см<sup>3</sup>/год, 10% – 317 см<sup>3</sup>/год, 20% – 577 см<sup>3</sup>/год. Відхилення виходу біогазу від середнього значення, як правило, складають 6–8%. При збільшенні числа завантажень субстрату протягом доби відхилення виходу біогазу від середнього значення будуть зменшуватися.

#### **Список використаних джерел**

1. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6(7–108). P. 71-79. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217747>.
2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
3. Palamarchuk I., Rogovskii 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. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2021.20.TF386>.
4. 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. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2020. Vol. 15(22). P. 2652-2663.
5. Romaniuk W., Polishchuk V., Marczuk A., Titova L., Rogovskii I., Borek K. Impact of sediment formed in biogas production on productivity of crops and ecologic character of production of onion for chives. *Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 22(1). P. 105-125. <https://doi.org/10.1515/agriceng-2018-0010>.
6. Romaniuk W., Rogovskii I., Polishchuk V., Titova L., Borek K., Wardal W.J., Shvorov S., Dvornyk Y., Sivak I., Drahnev S., Derevjanko D. Study of methane fermentation of cattle manure in the mesophilic regime with the addition of crude glycerine. *Energies*. 2022. Vol. 15(9). P. 3439. <https://doi.org/10.3390/en15093439>.
7. Romaniuk W., Rogovskii I., Polishchuk V., Titova L., Borek K., Shvorov S., Roman K., Solomka O., Tarasenko S., Didur V., Biletskii V. Study of technological process of fermentation of molasses vinasse in biogas plants. *Processes*. 2022. Vol. 10. P. 2011. <https://doi.org/10.3390/pr10102011>.

УДК: 637.116

## ДО ПИТАННЯ ФІЗІОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ПРИНЦИПІВ МАШИННОГО ДОЇННЯ

**В. В. ТКАЧ**, к.т.н., с.н.с., завідувач відділу  
ORCID iD 0000-0003-4198-8396

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН*  
E-mail: 3993980@gmail.com

Незважаючи на досить високий рівень розвитку техніки для машинного доїння, високий рівень захворюваності та вибраковки корів в наслідок маститу є загальносвітовою проблемою та притаманний для ферм з різним рівнем техніко-технологічного забезпечення, а загальноприйнята практика профілактики захворювань шляхом обробки подразнених під час доїння дійок спеціальними дезінфікуючими речовинами, які мають на меті перешкодити потраплянню хвороботворних бактерій, не підтверджує своєї ефективності.

Однією з основних передумов захворювання маститом є інтенсивний механічний вплив дійкової гуми під час машинного доїння, що обумовлено її конструкційними параметрами. Наявність постійного розрідження у піддійковому просторі також є значним фактором негативного впливу, особливо підчас виникнення такого негативного явища, як «сухе доїння».

Як наслідок, в умовах ферм з виробництва молока має місце поголів'я перманентно травмованих корів з травмами та гіперкератозом дійок, що сприяє потраплянню хвороботворних бактерій до організму тварин та виникненню різного роду захворювань [1, 2, 3, 4, 5].

Найбільш розповсюдженою на сьогодні є дійкова гума круглого перерізу. Особливістю її роботи є стрибкоподібний перехід від такту ссання до такту стиснення коли її циліндрична оболонка втрачає стійкість під дією зростаючого рівномірно розподіленого тиску у міжстінному просторі доїльного стакана [6]. Крім цього у такті стиснення у місці змикання така гума має переріз у формі вісімки, отже не забезпечує повного відключення піддійкового простору від дії вакуумметричного тиску, це призводить до гіперемії кінчика дійки особливо коли має місце «сухе доїння».

Нами проведено дослідження спеціальної вставки для серійної дійкової гуми, яка встановлюється у зоні стискання серійної дійкової гуми. Вона створює еліпсоподібний переріз дійкової гуми, усуває негативний ефект стрибкоподібного переходу до такту стиснення та забезпечує повне відключення піддійкового простору від впливу вакуумметричного тиску у такті стиснення.

На рис. 1 дано порівняльні діаграми динаміки тиску у молокозбірній камері колектора, міжстінному та піддійковому просторі типового доїльного стакана та стакана з двійковою гумою із вставкою за умови використання пульсаторів попарної і одночасної дії. Як бачимо у типовому доїльному стакані



тиск у піддійковому просторі є незмінним по відношенню до тиску у молокозбірній камері колектора. Тоді, як за умови використання дійкової гуми із вставкою у такті стиснення тиск піддійковому просторі зменшується у порівнянні з тиском у молокозбірній камері колектора, особливо з використання пульсатора попарної дії.

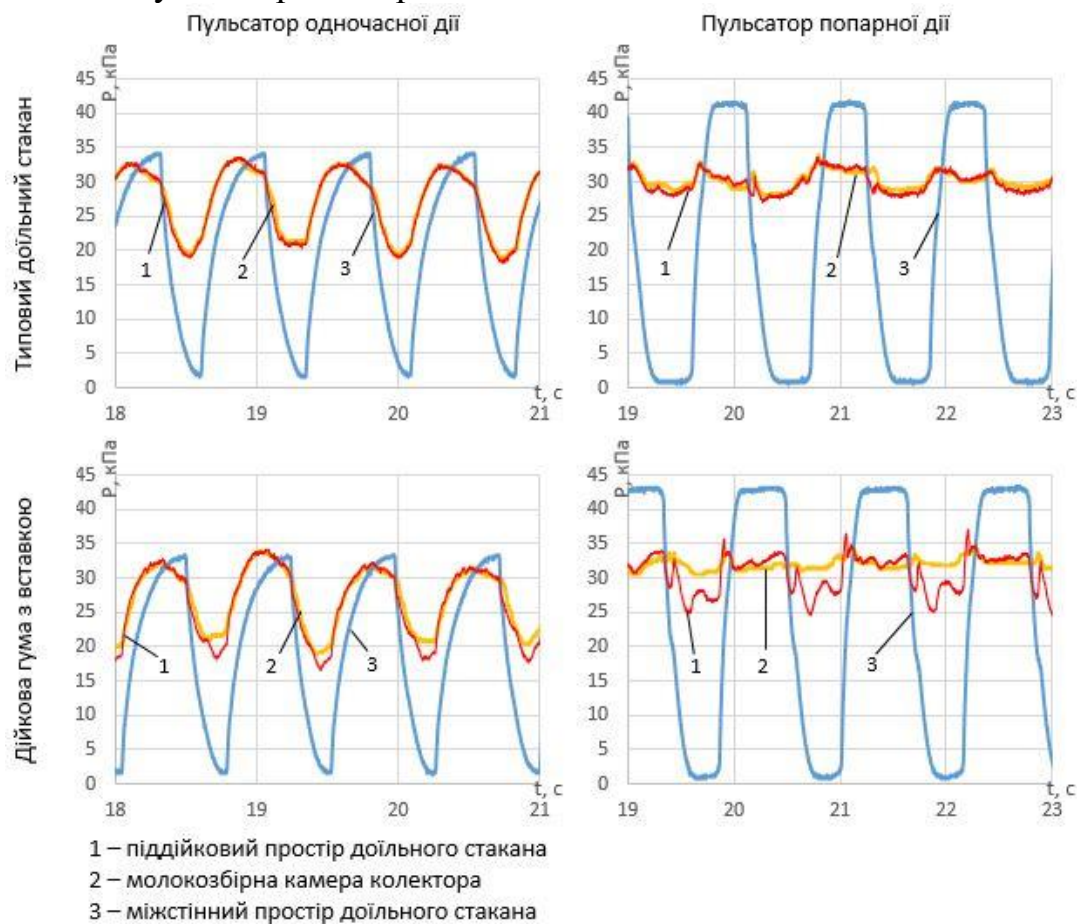


Рисунок 1 – Діаграма динаміки вакуумметричного тиску за інтенсивності молоковидведення  $0,004 \text{ м}^3/\text{хв}$ .

### Список використаних джерел

1. Effect of liner design, pulsator setting, and vacuum level on bovine teat tissue changes and milking characteristics as measured by ultrasonography / David E. Gleeson, Edmond J. O'Callaghan, Myles V. Rath // Irish Veterinary Journal – Volume 57 (5) :May, 2004. – pp. 289 – 296.
2. Bacterial migration through teat canal related to liner action / D. Forbes, W. Gehm // Wageningen Academic Publishers – Chapter: Udder Health and Communication, 2012. – pp 415-415.
3. Mastitis: the milking machine as the delivery mechanism / Bill Gehm, L. R. Gehm // International Dairy Topics – Volume 14, Number 1, 2014. – pp. 17-18.
4. Pressure distribution at the teat–liner and teat–calf interfaces / P.P.J. van der Tol, W. Schrader, B. Aernouts // Journal of Dairy Science, Volume 93, Issue 1, January 2010, pp. 45-52.

5. Liners and teat end health / Ynte H. Schukken, Lennart G. Petersson, Bradley J. Rauch // NMC Annual Meeting Proceedings, 2006. – pp. 183-196.
6. До питання взаємодії дійкової гуми та дійки у процесі машинного доїння корів / Ткач В.В. // Загальнодержавний збірник “Механізація та електрифікація сільського господарства”. ННЦ “ІМЕСГ”. Вип. №5 (104), Глеваха, 2017. – С.143-148.

УДК 631.362.3

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ЛЕГКИХ ДОМІШОК В ПНЕВМОСЕПАРУЮЧИХ КАНАЛАХ

С. П. СТЕПАНЕНКО, д.т.н., с.н.с.,

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва  
Національної академії аграрних наук України, смт. Глеваха*

Б. І. КОТОВ, д.т.н., професор;

*Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»;*

У осадовій камері дрібнодисперсний пил і частинки полови практично не осідають. Дані домішки в пневмосепараторах із розімкненим циклом роботи повітряного потоку виводяться з пневмосепаруючого каналу. Крім того, ці домішки в сепараторах із розімкненим циклом роботи повітряного потоку через нещільності аспіраційної системи, яке знаходиться під надлишковим статичним тиском  $P_{sv}$ , можуть разом з повітрям виходити назовні і створювати підвищену запиленість біля машин для очищення зерна [1-3].

Винесені повітряним потоком з осадової камери легкі домішки доцільно відводити до частини повітря безпосередньо із зони вихідного каналу вентилятора.

Однак щоб видалити з пневмосистеми за різних режимів її роботи в аспіраційну мережу, потрібна мінімальна кількість  $Q$  повітря при максимальному вмісті в ньому частинок легких домішок, тому необхідно виявити місце їх найбільшої концентрації в зоні вихідного каналу вентилятора. Для цього потрібно визначити траєкторії руху легких домішок, які вилітають в канал аспірації (рис. 1).

З робочого колеса вентилятора в зону вихідного каналу частка надходить з деякою початковою швидкістю  $\vartheta_{01}$  під кутом  $\alpha_0$  до дотичної  $\tau-\tau$ .

З урахуванням початкових умов введення частки, можемо записати, що в інерційній системі координат при русі на частку діє сила опору  $\bar{R}$  повітряного потоку і сила тяжіння  $\bar{G}$ . Тоді з урахуванням основного рівняння динаміки руху матеріальної точки  $m\bar{a} = \bar{R} + \bar{G}$  в проекціях на вибрані осі  $Ox$  і  $Oy$  нерухомої системи координат  $xOy$  в найбільш загальному вигляді отримаємо відому систему диференціальних рівнянь [1-4].

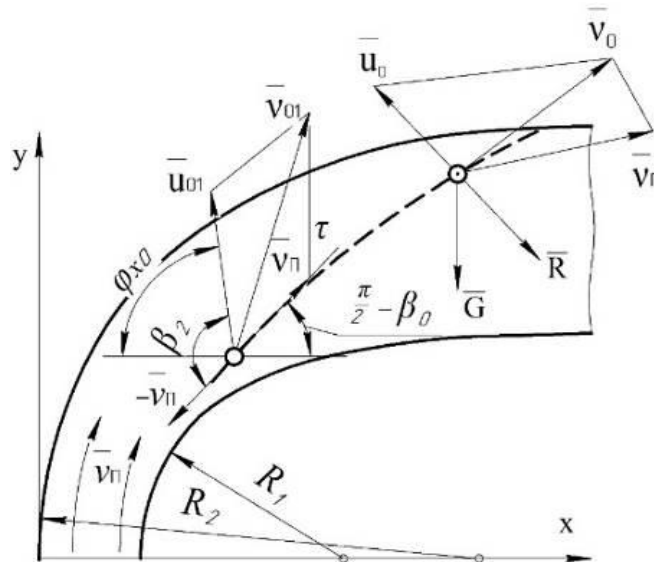


Рис. 1 - Схема сил, що діють на частку легких домішок при її русі в вихідному каналі. - - - - траєкторія руху частинки

Підставляючи відому залежність сили опору  $R$  [1-4]:

$$R = 3\pi\mu du_0 \left( 1 + \frac{1}{6} \left( \frac{\rho_{\Pi} d}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot u_0^{\frac{2}{3}} \right). \quad (2)$$

де  $\mu$  - динамічний коефіцієнт в'язкості повітря, Па с;  $d$  - діаметр частинки, м;  $u_0$  - відносна швидкість частинки, м/с;  $\rho_{\Pi}$  - щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>;  $v_0$  - абсолютна швидкість руху частинки, м/с;  $v_{\Pi}$  - швидкість повітряного потоку, м/с;  $k_p$  - коефіцієнт вітрильності частки, м<sup>-1</sup>.

Отримаємо системи лінійних диференціальних рівнянь першого порядку для руху частинок легких домішок:

для часток з розміром 0,1 - 1 мм:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = 3\pi\mu du_0(t) \left[ 1 + \frac{1}{6} \left( \frac{\rho_{\Pi} d}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot u_0^{\frac{2}{3}} \right] \sin \varphi_x(t) \\ \frac{dY}{dt} = g + 3\pi\mu du_0(t) \left[ 1 + \frac{1}{6} \left( \frac{\rho_{\Pi} d}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot u_0^{\frac{2}{3}} \right] \cos \varphi_x(t) \end{cases} \quad (3)$$

для часток, що характеризуються коефіцієнтом  $k_p$  вітрильності:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = k_p u_0^2(t) \sin \varphi_x(t) \\ \frac{dY}{dt} = g + k_p u_0^2(t) \cos \varphi_x(t) \end{cases} \quad (4)$$

Підставляючи відповідні вирази в системи рівнянь, отримаємо нескінченну систему рівнянь для визначення невідомих коефіцієнтів  $x_1, x_2, \dots, y_1, y_2, \dots$ . З огляду на те, що час  $t$  руху (польоту) частки невеликий, обмежимося тільки лінійними членами, а отже, визначаючи невідомі коефіцієнти  $x_1$  і  $y_1$ , знайдемо параметричні рівняння траєкторій руху для вихідного аспіраційного каналу:

для часток з розміром 0,1 - 1 мм:

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + \dot{x}_0 t + 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot d \cdot u_{01} \cdot \left[ 1 + \frac{1}{6} \left( \frac{\rho_{\Pi} d}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot u_{01}^{\frac{2}{3}} \right] \cdot \sin \varphi_{x0} \cdot \frac{t^2}{2} \\ y(t) = y_0 + \dot{y}_0 t + \left[ g + 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot d \cdot u_{01} \cdot \left[ 1 + \frac{1}{6} \left( \frac{\rho_{\Pi} d}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot u_{01}^{\frac{2}{3}} \right] \cos \varphi_{x0} \right] \cdot \frac{t^2}{2} \end{cases} \quad (5)$$

для часток, що характеризуються коефіцієнтом  $k_p$  вітрильності:

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + \dot{x}_0 t + k_p u_{01}^2 \sin \varphi_{x0} \cdot \frac{t^2}{2} \\ y(t) = y_0 + \dot{y}_0 t + [g + k_p u_{01}^2 \cos \varphi_{x0}] \cdot \frac{t^2}{2} \end{cases} \quad (6)$$

де  $x(t), y(t)$  - значення координат траєкторії руху частинки при певному фіксованому часі, м;  $\dot{x}_0, \dot{y}_0$  - складові початкової швидкості частки на координатні осі  $xOy$ , м/с;  $x_0, y_0$  - координати початку руху (вильоту) частинки з робочого колеса вентилятора, м;  $u_{01}$  - відносна швидкість частинки в момент вильоту її з робочого колеса вентилятора, м/с.

Аналіз систем рівнянь, з використанням пакета прикладних програм [1-5], показує, що траєкторії руху (польоту) часток домішок, що розрізняються розмірами  $d$  і своїми аеродинамічними властивостями  $k_p$ , в аспіраційному каналі практично не відрізняються. Тому враховуючи межу між потоками у вентиляторі, яка рівна при мінімальному опорі аспіраційної системи ( $Q = Q_{max}$ ) при куті  $\beta_q = 120^\circ$ .

Встановлено, що із збільшенням кута  $\beta_q$  концентрація частинок домішок біля криволінійної зовнішньої стінки вихідного аспіраційного каналу зростає і досягає максимального значення при наближенні  $\beta_q = 180^\circ$ , але при даних значеннях  $\beta_q$  концентрація частинок біля зовнішньої стінки вихідного каналу знизиться в результаті їх перерозподілу за глибиною каналу, що обумовлює структура повітряного.

Тому найбільш раціональним розташуванням вхідного вікна пиловідокремлювача з деякою глибиною  $a_1$ , яке необхідне для уловлювання домішок, які рухаються біля зовнішньої стінки каналу, є зона, обмежена кутом  $\beta_q = 150-180^\circ$ .

Для вловлювання частинок легких домішок, що досягають криволінійної стінки вихідного каналу в зоні  $\beta_q = 160-190^\circ$  доцільно встановлювати суміжну стінку пиловідокремлювача, яку необхідно виконати у жалюзійному вигляді з певною довжиною  $l_{\Pi}$  і зазор  $a_2$  між жалюзіями.

Виходячи з вище приведених теоретичних досліджень, які дозволяють визначити конструкційні параметри і раціональне розташування вхідного вікна пиловідокремлювача у вихідному аспіраційному каналі.

### Список використаних джерел

1. Котов Б. І., Степаненко С. П., Калініченко Р. А., Рудь А. В., Грушецький С.М. Визначення характеристик руху зерна за наявності сил сухого тертя і опору середовища. Механізація та електрифікація сільського

господарства: [Загальнодержавний збірник]. – 2022. - Вип. №15 (114). / [ННЦ“ІМЕСГ”]. – Глеваха, 2022. – С. 81-87. DOI:10.37204/0131-2189-2022-15-9

2. Степаненко С. П., Котов Б. І. Математичне моделювання процесу фракціонування зернового матеріалу у пневмогравітаційному сепараторі. Вісник Львівського національного аграрного університету «Агроінженерні дослідження». – Львів: ЛНАУ, 2021. – Вип. №25 (2021). – С.12-20. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.012>

3. Степаненко С. П., Котов Б. І., Калініченко Р.А. Дослідження руху частинок зернового матеріалу у вертикальному каналі за умов дії пульсацій повітряного потоку. *Сільськогосподарські машини. Вип. 47. ЛНТУ, Луцьк, 2021.* – С. 25-37. DOI:10.36910/acm.vi47.619

4. Stepanenko S.P. Scientific foundations of the movement of components of grain material with an artificially formed distribution of air velocity / S.P. Stepanenko, B.I. Kotov, Spirin A.V., Kucheruk V.Yu. // *Вестник Карагандинского университета Серия «Физика».* № 1(105)/2022. – р. 43-57. DOI: 10.31489/2022PH1/43-57

5. S. Stepanenko, Borys Kotov, Alvian Kuzmych, Viktor Shvydia, Roman Kalinichenko, Serhii Kharchenko, Taras Shchur, Sławomir Kocira Dariusz Kwaśniewski, Dariusz Dziki (2022). To the Theory of Grain Motion in an Uneven Air Flow in a Vertical Pneumatic Separation Channel with an Annular Cross Section Processes 2022, 10, 1929. doi.org/10.3390/pr10101929

УДК 631.36.001.66

## СТАЦІОНАРНИЙ ПОДРІБНЮВАЧ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ

**В. Ф. КУЗЬМЕНКО** с.н.с., к.т.н.,

**ННЦ ІМЕСГ НААН України**

**В. Б. ОНИЩЕНКО** доцент, к.т.н.,

**НУБІП України**

Подрібнювач качанів кукурудзи вальцювого типу доцільно використовувати для подрібнення зеленої маси у потоковій лінії завантаження сховищ при заготівлі силосу з кукурудзи воскової стиглості або сінажу з зернобобових сумішок. Для розширення зони використання, подрібнювач доцільно використовувати для подрібнення зерна та качанів кукурудзи при заготівлі зерностержевої суміші із білково-вмісними компонентами.

Вальцювий подрібнювач має вальці довжиною 1 м та діаметром 300 мм. Глибина рифів на вальцях до 3мм, при кроці між ними 12 мм. Параметри рифів дозволяють переробляти суміш з високою продуктивністю зеленої маси кукурудзи, гороху, повністю розщеплюючи, при цьому, стебла та міжвузля, а



зерна у межах 96,5... 99,5%. Попередні дослідження вчених підтвердили роботопридатність вальцювого подрібнювача і надійність виконання ними технологічного процесу, дозволили встановити вплив режимів та параметрів його роботи на модуль подрібнення.

Встановлено, що при подрібненні качанів кукурудзи доля часток до 5 мм складає 80%. Циркуляція крутного моменту через привод виникає внаслідок різниці швидкостей вальців.

Для отримання результатів вальцювий подрібнювач (рис. 1) був змонтований із завантажувальним транспортером, який повинен забезпечувати відповідну подачу, і вивантажувальним транспортером. Для виміру потужності в електричну мережу вмонтовувався самопишучий kW – метр з трансформаторами струму.

Основними характеристиками вальцювого подрібнювача є: діаметр вальців 300 мм; швидкість тихохідного вальця 23,1 м/с; швидкохідного - 25,4 ... 39,3 м/с; довжина вальців – 1 м. Потужність приводу – 45 кВт.

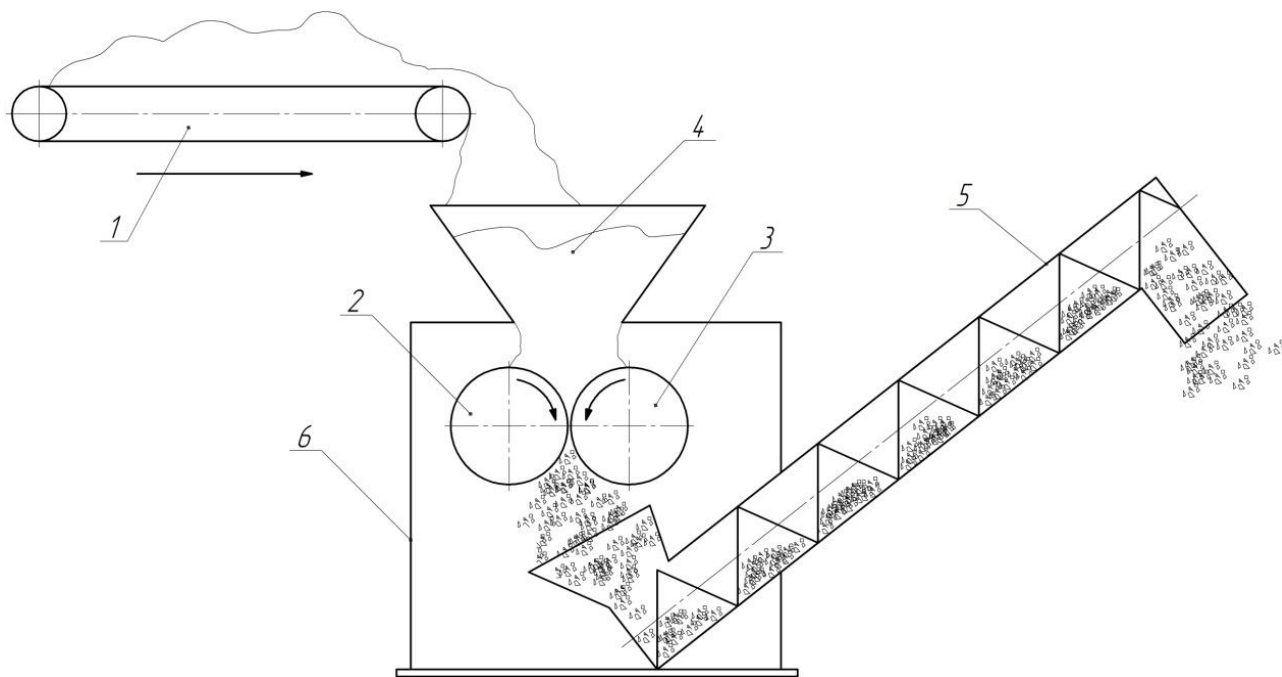


Рис. 1. Функціональна схема вальцювого подрібнювача качанів кукурудзи.

1 – транспортер завантажувальний, 2,3 – вальці, 4 – завантажувальний бункер, 5 – вивантажувальний транспортер, 6 – рама.

При проведенні експериментальних дослідженнях робочих органів подрібнювача, змінювали зусилля стискання вальців, зазор між ними, швидкість та співвідношення швидкостей вальців, подачу качанів до подрібнювача.

За результатами експериментальних досліджень визначали якість подрібнення ( шляхом ситового аналізу), вологість подрібненої маси та затрати потужності.

### Список використаних джерел

1. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва / І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. О.П. Скорик, О.І. Фісячекнко. – Х.: НМЦ ХНТУСГ, 2004. – 275 с.

2. Теорія та розрахунок машин для тваринництва / І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. І.Г. Бойко. – Х.: НМЦ ХНТУСГ, 2002. – 216

УДК 631.173

### УЗГОДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СХОВИЩ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА З ЗОНОЮ ОБСЛУГОВУВАННЯ

**Р. Б. КУДРИНЕЦЬКИЙ**, кандидат технічних наук, ст. науковий співробітник

**В. І. ДНЕСЬ** кандидат технічних наук, старший дослідник,

**С. О. КРУПИЧ**

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва*

*Національної академії аграрних наук України, смт Глеваха, Україна,*

**О. М. КРУПИЧ** кандидат технічних наук, доцент,

*Львівський національний університет природокористування,  
м. Дубляни, Україна,*

*E-mail: rostkud@gmail.com, vik31@ua.fm,*

*sokrupych1@gmail.com, krupycholeh@gmail.com*

Узгодження параметрів сховищ для зберігання зерна з зоною обслуговування продукції повинно ґрунтуватись на загальних принципах пізнання і враховувати наступні показники: 1) дослідження природно-виробничого чинника транспортного процесу; 2) дослідження технічного чинника транспортного процесу; 3) моделювання транспортного процесу.

Природно-виробничі чинники транспортного процесу, характеризуються наступними показниками: 1) наявністю та територіальним розташуванням зерносховищ; 2) віддалями між зерносховищами; 3) віддалями між зерносховищами та товаровиробниками; 4) добовим обсягом надходження зерна на зерносховище.

Характерною особливістю виробництва зерна є сезонність, яка впливає на чисельність спеціалізованих транспортних засобів, які будуть залучатися до транспортування зерна від агровиробника до зерносховищ у кожному із періодів сезону, та на значення показників їх використання. Тому пропонується приймати, що денне надходження зерна впродовж тижня на кожний із сховищ є сталим і рівне максимальному добовому значенню в цьому тижні. Прогнозування заготівлі зерна в кожному із періодів сезону заготівлі

проводимо за відомою методикою планування вантажних перевезень, для цього потрібно мати дані за попередні періоди тривалістю не менше трьох років.

Метою моделювання транспортних процесів на частковому та узагальненому рівнях є визначення раціональних маршрутів за обґрунтованими правилами та критеріями для заданої бази даних, а також визначення фізичних показників як окремих маршрутів, так і їх сукупності. Умовою моделювання є сталість: кількості та територіального розташування сховищ, добового надходження зерна до сховищ; маркового складу транспортних засобів.

Алгоритм моделювання транспортних процесів розроблявся на підставі методу визначення відповідності змісту та кількості раціональних маршрутів і технологічно потрібного числа транспортних засобів для транспортування зерна. Укрупнений алгоритм складається із 9 етапів (рисунок).

На першому етапі заноситься в пам'ять ПЕОМ початкові дані: кількість пунктів заготівлі; швидкості руху автомобіля з вантажем та без вантажу; питома тривалості навантаження та розвантаження транспортних засобів.

На наступному етапі відбувається формування рядів продуктивності сховищ, вантажності транспортних засобів та масивів віддалей між пунктами заготівлі, суміжних пунктів, попутних пунктів.

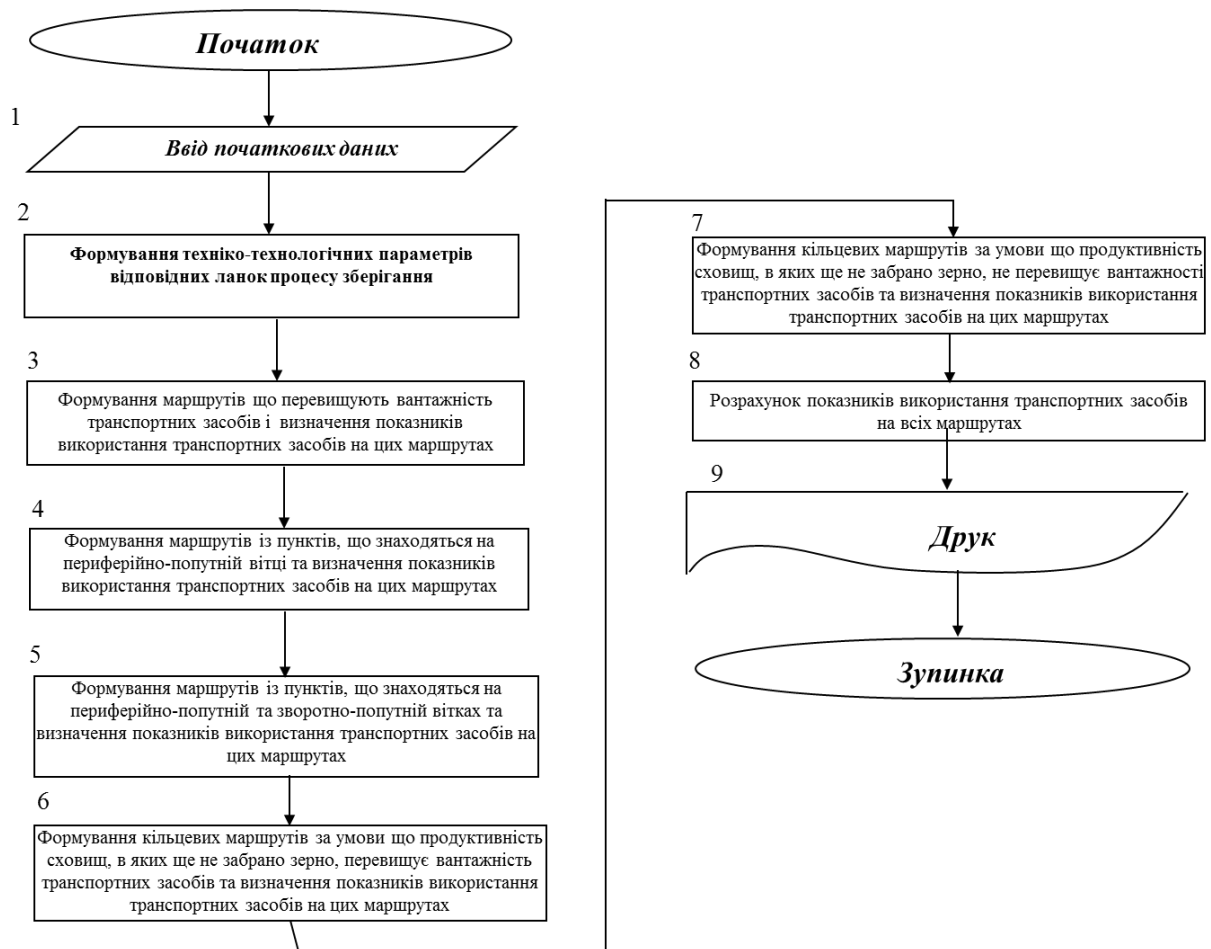


Рис. Укрупнена блок-схема алгоритму узгодження параметрів сховищ для зберігання зерна із зоною обслуговування

На третьому етапі відбувається формування маршрутів із пунктів що перевищують вантажність транспортних засобів та визначення показників використання транспортних засобів на цих маршрутах.

Далі (етап 4) відбувається формування маршрутів із пунктів, що знаходяться на периферійно-попутній вітці та визначення показників використання транспортних засобів на цих маршрутах.

На п'ятому етапі формуються маршрути із пунктів, що знаходяться на периферійно-попутній та зворотно-попутній вітках та визначення показників використання транспортних засобів на цих маршрутах.

Далі відбувається формування кільцевих маршрутів за умови що продуктивність сховищ, в яких ще не забрано зерно, перевищує (етап 6) та не перевищує (етап 7) вантажність транспортних засобів та визначення показників використання транспортних засобів на цих маршрутах.

На восьмому етапі розраховуються показники використання транспортних засобів на всіх маршрутах.

Етап 9 – виведення отриманих розрахункових результатів.

## **Секція 5 «Конструювання машин і обладнання»**



**УДК 631.333**

## **ВІДЦЕНТРОВИЙ РОЗПОДІЛЬНИК МАШИН ДЛЯ ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**

**В. Б. ОНИЩЕНКО**, доцент, к.т.н.,

**Б.В. ОНИЩЕНКО**, к.т.н.,

*НУБІП України*

**В. В. РАТУШНИЙ**, с.н.с., к.т.н.,

*ННЦ ІМЕСГ НААН України*

Аналіз існуючих конструктивно – технологічних схем багатоканальних висівних систем дозволяє зробити висновки про те, що відомі технології не зовсім задовольняють наведені агротехнічні вимоги[1]. При цьому встановлено, що при внесення різних видів добрив по фізико – механічним властивостям та їх сумішей, більш перспективним є використання систем з незалежним розподіленням матеріалу, що вносять, та повітря, на задану кількість потоків з наступним надходженням добрив в окремі канали транспортуючого робочого органу з подальшим рухом аеросуміші по каналах до місця висіву в ґрунт. Така технологічна схема багатоканальної висівної системи забезпечує високі та якісні показники технологічного процесу.

При аналізі можливих варіантів конструктивного виконання розподільчих робочих органів виявлено, що рівномірність розподілення добрив можна покращити за рахунок застосування розподільчих робочих органів відцентрового типу[2]. Обертовий розподільник, з виконаними в його бічній поверхні випускних отворів приведено на (рис. 1).

Запропонований робочий орган включає в себе корпус 2, в основі якого знаходяться, рівномірно розташовані по коловій поверхні, приймальні горловини відвідних патрубків 10. В корпусі 2 встановлений обертовий розподільник 13, у вигляді стакана, дном якого є центральна частина диска 4, далі розміщений привод 7. Над впускним вікном 1 розподільника знаходяться туконапрямляч 14, з'єднаний з дозуючим пристроєм 15 бункера 16. У точці з'єднання розподільника з диском, по коловій поверхні розроблені випускні отвори 3 і 12.

Приймальні горловини відвідних патрубків 10 представляють собою одночасно завантажувальними горловинами ежекторів 9 пов'язаними внутрішніми кінцями з пневмоканалами 8, а зовнішніми – з каналами 11 транспортуючого робочого органу. Пневмоканали з'єднані через розподільник повітря 5 з пневмоприводом 6 та з джерелом стиснутого повітря.

Експериментальний розподільник працює наступним чином. Добрива з бункера 16 подаються дозуючим пристроєм 15 через туконаправляювач 14 до впускного вікна 1 розподільника 13. Після чого, гранули добрив, під дією відцентрових сил, розганяються та направляються до випускного вікна 3 і 12,

пройшовши які, добрива переміщуються на периферію диска і направляються до приймальних горловин відвідних патрубків.

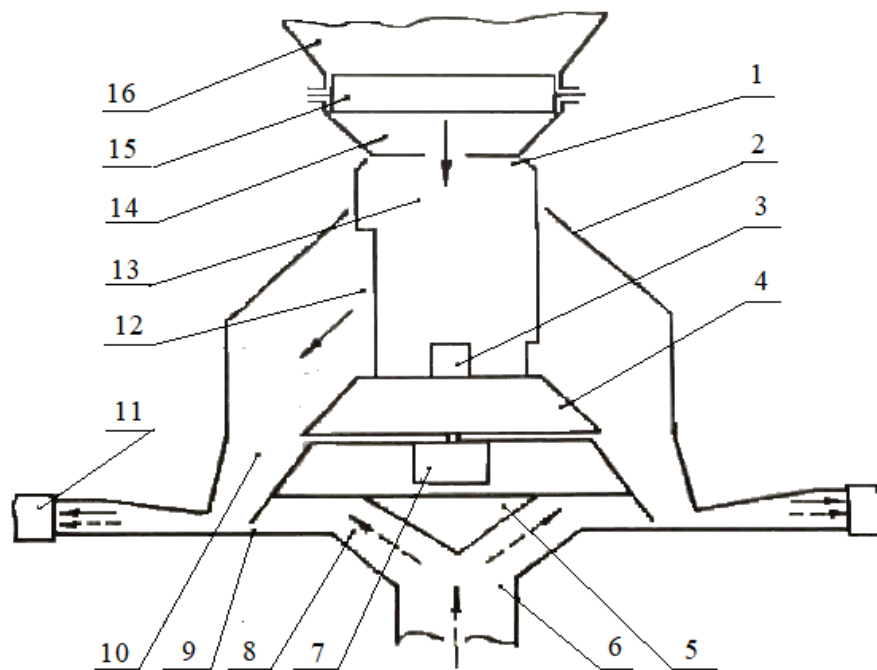


Рис. 1. Схема відцентрового розподільчого органу

1-впускне вікно ; 2 - корпус; 3 ,12 –випускні вікна ; 4- диск; 5 - розподільник повітряного потоку; 6 - пневматичний привод ; 7 – привод розподільника ; 8 – пневмоканали ; 9 – ежектори ; 10 – прийомні горловини відвідних патрубків ; 11 - канали транспортуючого робочого органу ; 13 – розподільник ; 14 – туконапрямляч ; 15 – дозуючий пристрій ; 16 – бункер.

В цей же час, розділений розподільником 5, повітряний потік із пневматичного приводу 6, поступає по пневмоканалам 8 до ежекторів 9, де захоплює опинившись в завантажувальних горловинах гранули добрив, і переміщує їх по каналах 11 транспортуючого робочого органу до місця внесення .

Аналізуючи процес роботи запропонованої конструктивно – технологічної схеми розподільчого робочого органу, можна зробити **висновок** про те, що з метою забезпечення якісних показників даного процесу, необхідно досліджувати його окремі елементи і обґрунтувати його конструктивні параметри і режими роботи .

### Список використаних джерел

1. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хіммеліорантів //Техніка АПК.- 2000.-№3.- С.10-12.

2. Адамчук В.В. Обґрунтування моделі внесення мінеральних добрив // В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха.- ННЦ „ІМЕСГ” , -2002. Вип. 86.- с. 90-99.

УДК 631.34

## ГНУЧКИЙ ШНЕКОВИЙ КОНВЕЄР НА ПРОТРУЮВАЧІ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

**В. Б. ОНИЩЕНКО**, доцент, к.т.н.,

**Б. В. ОНИЩЕНКО**, к.т.н.,

*НУБІП України*

**В. М. БАРАНОВСЬКИЙ**, професор., д.т.н.,

*Тернопільський НТУ ім. І. Пулюя*

Для досягнення високих техніко-економічних показників в роботі, протруювач насіння сільськогосподарських культур повинен забезпечувати: безперервність процесу і транспортування насіння; відповідність параметрів робочих органів агрегату агротехнічним, екологічним і енергетичним вимогам; достатню продуктивність та не пошкоджувальність насіння; достатньо високу якість протруювання та скарифікацію насіння; малогабаритність, тобто бути компактною за умови зручності в обслуговуванні та дотримання вимог безпеки праці.

На основі проведеного патентного пошуку та аналізу гвинтових транспортерів шнекового типу, була вибрана гнучка пластмасова конструкція конвеєра.

Особливість конвеєрів цього типу полягає в тому, що вони виготовлені з пластмаси, а цей чинник дає наступні переваги:

- по-перше, мінімальне пошкодження зародка насінини, зменшуються втрати врожаю пов'язані з погіршенням схожості насіння (один процент пошкодженого насіння є причиною зменшення врожайності на 15-20кг/га;

- по-друге, їх поверхні легше покривати абразивним матеріалом, що позитивно впливає на скарифікацію насіння.

Внаслідок проведеної модернізації шнекового транспортера, протруювачі в процесі роботи забезпечать:

- знищення личинок шкідників та збудників хвороб на поверхні плодової оболонки насінини;

- знімання оболонки насінини, що покращить проникнення вологи і препаратів у зародок та внутрішні шари насіння, а це в свою чергу сприяє скороченню термінів проростання та отримання міцних та здорових сходів.

Використання гнучких шнекових конвеєрів також дозволить забезпечити завантаження насіннєвого матеріалу безпосередньо в зернові ящики сівалок, або кузов автомобіля.

У цьому випадку відпадає потреба використання мішків та додаткової тари, зменшується кількість обслуговуючого персоналу, що в свою чергу позитивно відіб'ється на собівартості виробленої продукції.

Деякі із запропонованих нами до використання конструктивно-технологічного модульного шнекового конвеєра наведено на рис. 1.

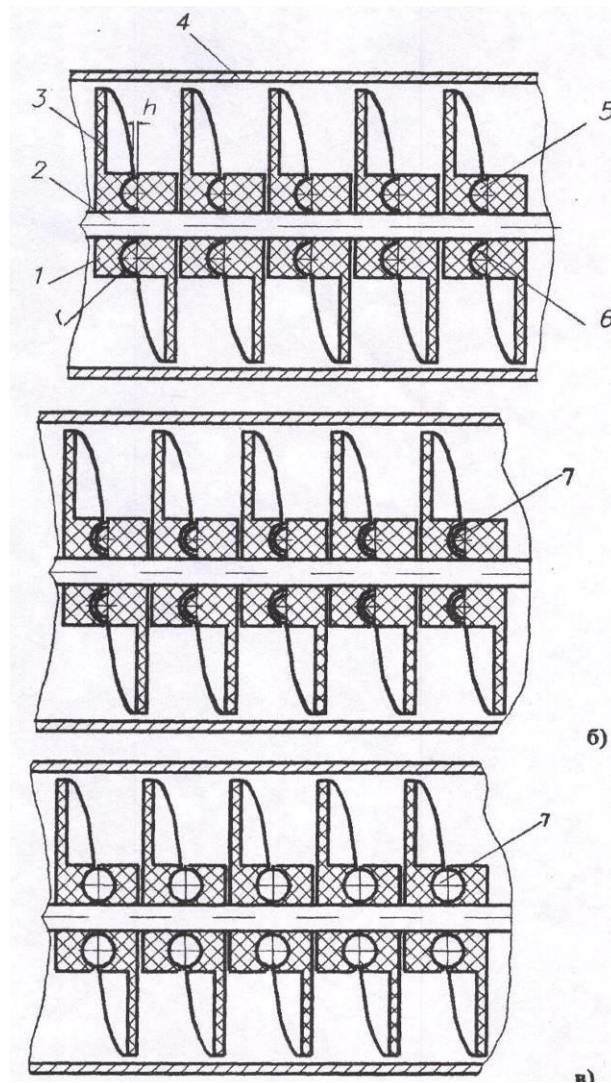


Рис.1. Робочий орган модульного гвинтового агрегату

### Список використаних 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 подаючі механізми сільськогосподарських машин», Вища школа. Львів 1989р. -176с.

**УДК 631.333**

## **ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ ВИСІВНОЇ СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**

**В. Б. ОНИЩЕНКО** доцент, к.т.н.,

**Б. В. ОНИЩЕНКО** к.т.н.,

**НУБІП УКРАЇНИ**

**О. В. АДАМЧУК**, к.т.н.,

**ІНЦ ІМЕСГ НААН України**

В Україні було зроблено ряд спроб створити машини для внесення туків із застосуванням штангових пневматичних висівних систем, але вони мали ряд суттєвих недоліків і тому не знайшли широкого застосування у сільськогосподарському виробництві.

Машини РУМ-5-03 були створені на базі серійних машин РУМ-5 і мали високий рівень уніфікації з останніми. Однак встановлення завантажувальних горловин ежекторів під випускним вікном бункера перпендикулярно до осі машини обмежувало їх кількість і розміри. В результаті цього, у них мало місце зависання добрив, що призводило до порушення технологічного процесу. Цей недолік особливо проявлявся при роботі машини на туках, що мали підвищену вологість.

Вказаний недолік було усунуто при створенні машини ПШ-21,6 шляхом виконання кромки днища бункера за його межами під кутом до осі машини і встановлення під вказаною кромкою завантажувальних горловин ежекторів. Однак така конструкція машини призводить до підвищення її матеріаломісткості, збільшення довжини та ускладненню своєї конструкції [1].

Машина з пневматичною висівною системою для внесення мінеральних добрив містить кузов 4 (рис. 1), встановлений на рамі 7, днище 3 якого охоплює перфорований живильник 2, котрий включає планково-прутковий тяговий орган, змонтований на двох валах 11. Над верхньою ланкою живильника 2 встановлена регульовальна заслінка 1 для зміни дози внесення туків, а під його нижньою ланкою закріплений 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 джерело стиснутого повітря 5, наприклад, відцентровий вентилятор, 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 уперек повздовжньої осі кузова 4, а їх вихідні кінці обладнані спеціальними розсіювачами 13 аеросуміші.



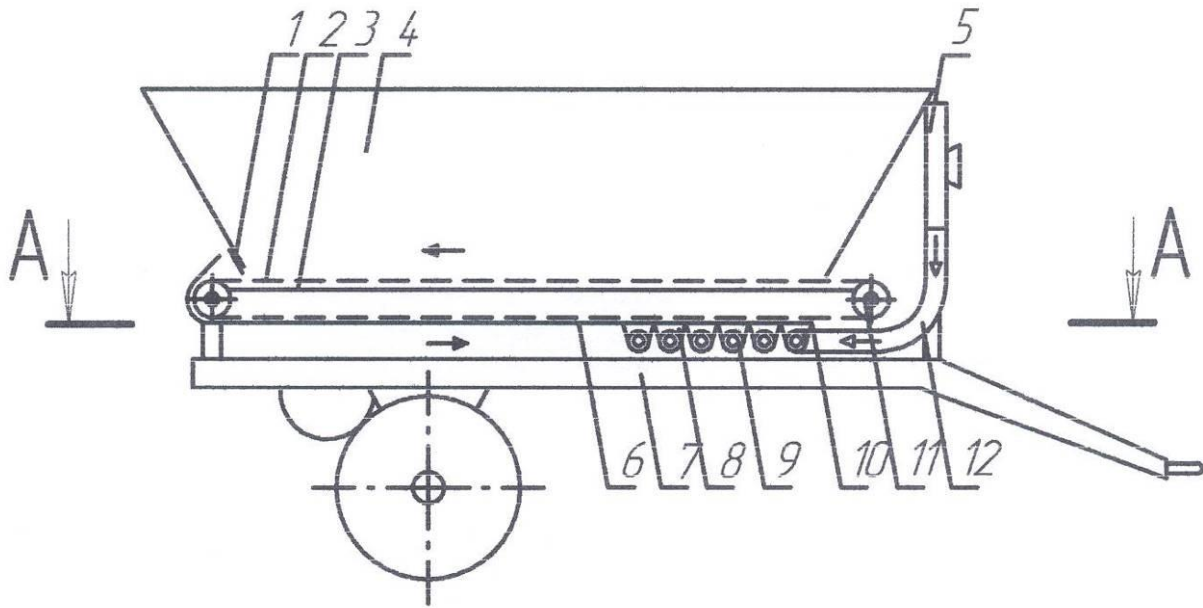


Рис.1. Функціональна схема удосконаленої машини

Під час роботи данної машини завантажені туки виносяться, у відрегульованій заслінкою 1 дозі, верхньою ланкою живильника 2 із кузова 4 і подаються на жолоб 6, по якому вони 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 (міжпруговий 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 спеціальних 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 ґрунту.

Завдяки виконанню матеріалопроводів 14 різної довжини і установці розсіювачів 13 з постійним кроком, досягається якісне внесення туків по робочій ширині захвата машини.

Вище описана машина має відмінні конструктивні ознаки, які дозволяють отримати позитивний ефект.

A - A

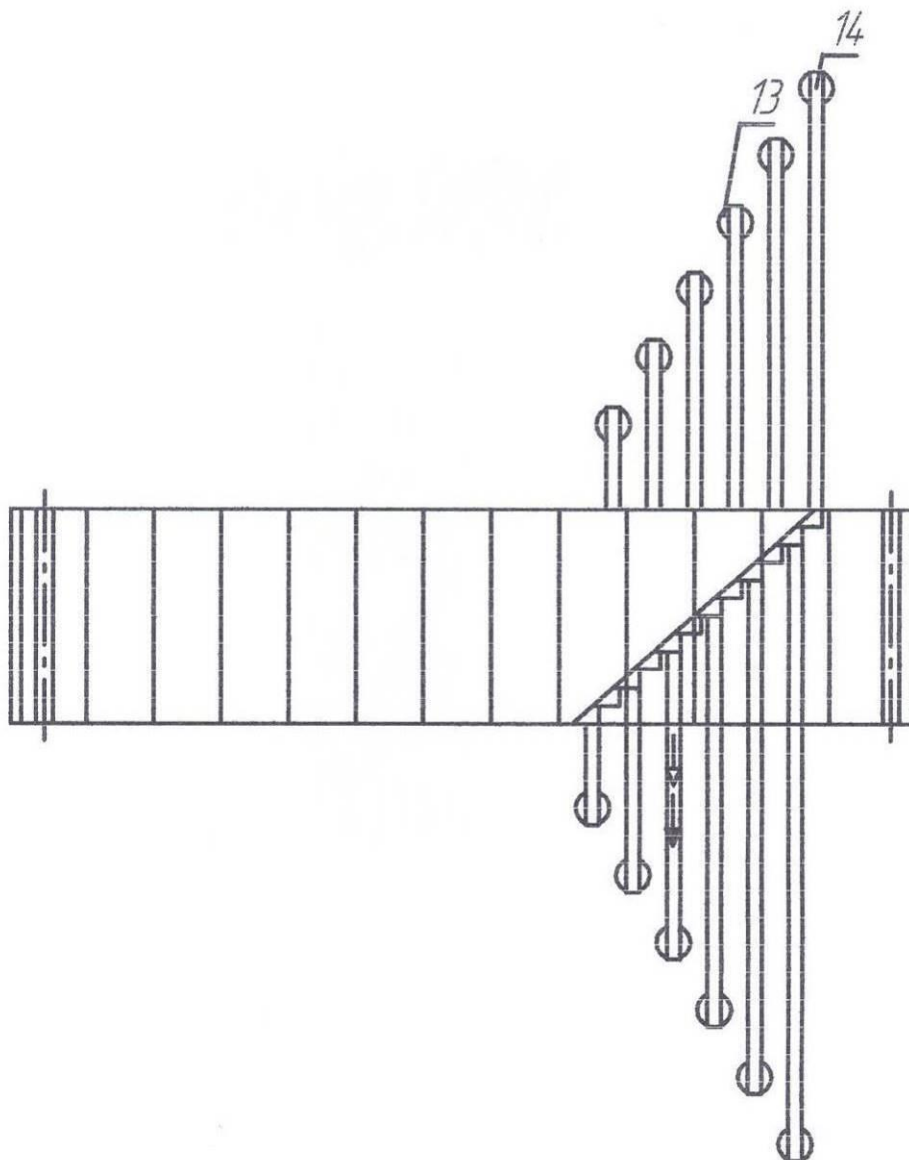


Рис. 2. Функціональна схема удосконаленої машини

**Список використаних джерел**

1. Адамчук В.В. Обґрунтування 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

## ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ КОМБІНОВАНОГО ОЧИСНИКА ВОРОХУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ

**В. М. БАРАНОВСЬКИЙ** професор, д.т.н.,  
**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
*імені Івана Пулюя*

**В. Б. ОНИЩЕНКО** доцент, к.т.н.,  
**Б. В. ОНИЩЕНКО** к.т.н.,  
*НУБІП України*

Головне завдання комбінованого очисника вороху коренеплодів підвищення інтенсивності відокремлення налиплого ґрунту та рослинних домішок від коренеплодів. Він складається (рис.1,2), із завантажувального транспортера 1, очисної гірки 2 з пальчиковою поверхнею, встановленою під кутом  $\alpha$  до горизонту.

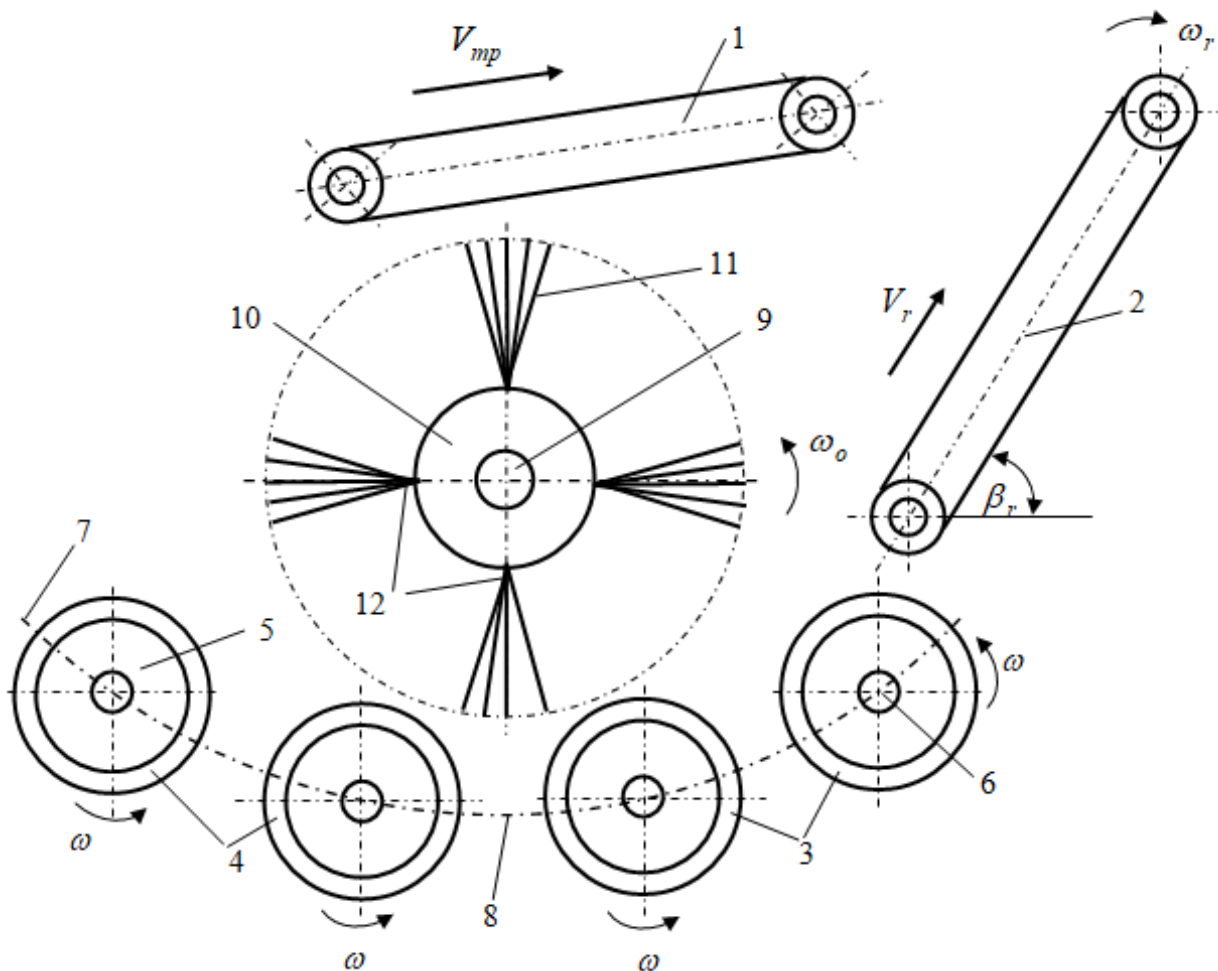


Рис. 1. Конструктивна схема комбінованого очисника  
вороху коренеплодів, вигляд збоку

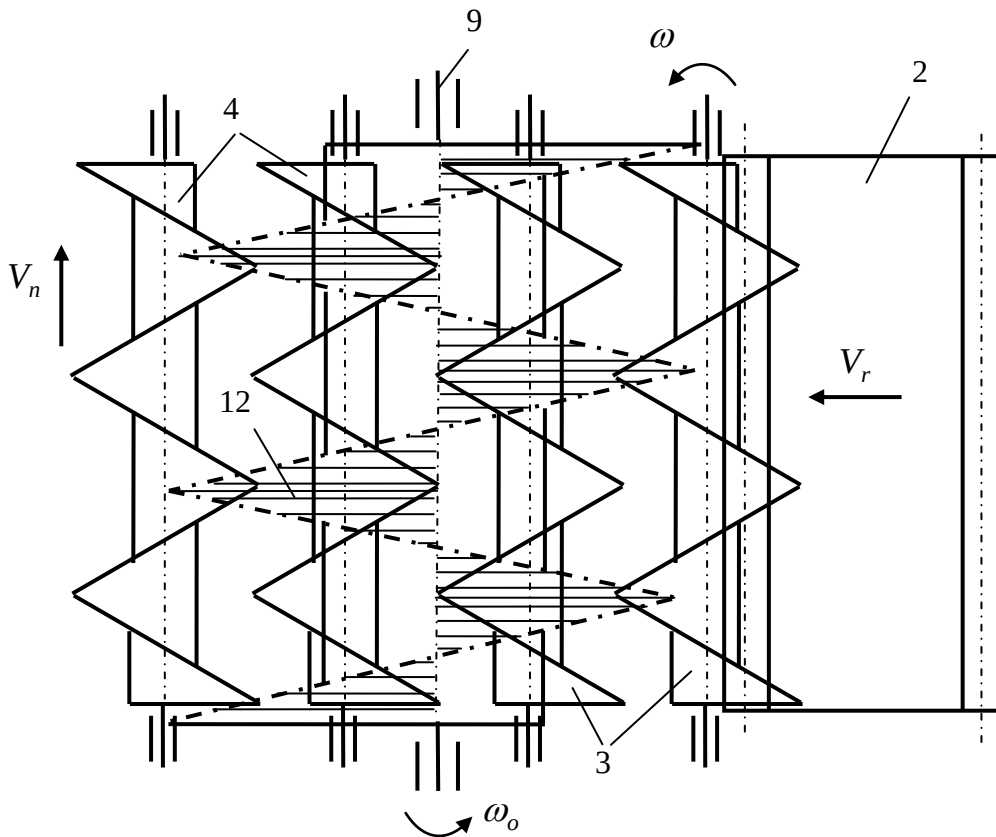


Рис. 2. Конструктивна схема комбінованого очисника вороху коренеплодів, вигляд зверху

У нижній частині сходу очисної гірки розміщені транспоруючо-очисні органи, виконані у вигляді правої 3 та лівої 4 системи шнеків 5 круглого перерізу, осі 6 обертання яких знаходяться на нижній гілці еліпса 7 та утворюють жолоб робочого русла 8. Шнеки встановлені консольно на своїх опорах. Очисна гірка встановлена вздовж осей обертання шнеків круглого перерізу відповідної правої або лівої системи шнеків. У просторі жолоба робочого русла вздовж правої і лівої систем шнеків круглого перерізу та зверху над шнеками горизонтально встановлено вал 9, на барабані 10 якого розміщено очисні пружні елементи 11, набрані з пучків ворсу 12. Очисні пружні елементи розміщені на барабані вала по гвинтовій лінії, причому напрямком навивання гвинтової лінії протилежний напрямку осьового переміщення вороху коренеплодів уздовж жолоба робочого русла.

Комбінований очисник вороху коренеплодів працює таким чином.

Викопаний ворох коренеплодів подається завантажувальним транспортером 1 на очисну гірку 2, де відбувається попереднє часткове відділення вільної землі і рослинних залишків. Недоочищений ворох коренеплодів з нижньої частини сходу очисної гірки надходить у простір жолоба робочого русла 8, тобто на праву 3 та ліву 4 системи очисних шнеків 5 круглого перерізу. При цьому домішки проходять у зазор між робочою поверхнею шнеків і нижнім торцем очисних пружних елементів 11.

Коренеплоди, переміщуючись уздовж осей 6 обертання шнеків, за рахунок контакту з очисними пружними елементами 11 очищуються від налиплого на їх поверхні ґрунту за рахунок обертальних рухів приводного горизонтального вала 9 і шнеків. Частина домішок просіюється в зазор між шнеками, а інша непросіяна частина домішок, за рахунок розміщення очисних пружних елементів по гвинтовій лінії, напрямок навивання якої протилежний напрямку осевого переміщення коренеплодів, виноситься гвинтовою навивкою приводного вала вздовж жолоба робочого русла за межі очисника. Очищені коренеплоди шнеками 3 подаються далі на наступні ТТС КМ.

Таким чином, за рахунок встановлення горизонтального вала 9 з очисними пружними елементами 11 відбувається інтенсифікація процесу відокремлення домішок від коренеплодів.

Використання в комбінованому очиснику ефекту пригальмування вороху над шнеками круглого перерізу, а також безперервне взаємно протилежне пересування коренеплодів і домішок над зазором між шнеками забезпечує інтенсивне відокремлення землі та рослинних домішок як при оптимальній, так і при надмірній або низькій вологості ґрунту.

#### **Список використаних джерел**

1. Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів / В.Ю. Рамш, В.М. Барановський, М.Р. Паньків [та ін.] // Наукові нотатки. – Луцьк : ЛНТУ, 2011. – Вип. 31. – С. 298–305.
2. Барановський В. Основні етапи та загальні принципи сучасних тенденцій розвитку коренезбиральних машин / Віктор Барановський // Вісник ТДТУ. – Тернопіль, 2006. – Т. 11, № 2. – С. 67–75.

**УДК 621.873**

### **ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПРАЦЬ В ГАЛУЗІ ПЛАНУВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ ВАНТАЖУ, ЩО ПЕРЕМІЩУЄТЬСЯ БАШТОВИМ КРАНОМ**

**Д. І. ВЕЛИКОІВАНЕНКО**, студент,  
**Ю. О. РОМАСЕВИЧ** проф., д.т.н.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Головне призначення баштових кранів полягає в обслуговуванні будівельних майданчиків, їх також використовують в доках, при розвантаженні кораблів. Баштові крани зручні в використанні, їхня конструкція дозволяє оператору вчасно виконувати необхідні керуючі рухи, щоб переміщувати вантаж по заданій траєкторії. Перед дослідниками постає ж питання



планування траєкторії. Якісний аналіз можливостей крану, перешкод будівельного майданчика та, на цій основі, раціонально розроблена траєкторія руху вантажу дозволяє збільшити продуктивність баштового крану, а також зменшити ризики при його переміщенні.

Проведення якісного аналізу наукових публікацій дослідників за темою відбувалося за використанням пошукових баз Scopus, Web of Science та Google Scholar. Було задано пошуковий запит «tower crane obstacle avoidance» (уникнення перешкод баштовим краном).

Проведемо аналіз наукових публікацій по тематиці планування траєкторії руху вантажу, що переміщується баштовим краном. Даний якісний аналіз наукових праць дозволить зрозуміти якими способами дослідники намагаються реалізувати вимогу уникнення перешкод під час переміщення вантажу.

Дослідники І. Гуттеррес і Х. Колладо [1] провели дослідження з вивчення динаміки баштового крану, при уникненні зіткнень з перешкодою. Для цього вони використали додаткову відтяжку (каната). Це дозволяє зменшити кількість помилок при переміщення вантажу, що позитивно вплинуло на уникнення перешкод.

Хе Чен, Пен Ян та Яньлі Ген у науковій публікації [2] для того, щоб досягнути можливості уникнення перешкод розробили траєкторії руху візка крана та траєкторію підйому/опускання вантажу. Дослідники розглядали пласку задачу. У результаті було запропоновано метод планування траєкторії для уникнення перешкод, який забезпечує швидке та точне позиціонування візка та усунення коливань вантажу.

Автори Акіра Іномата та Йошіюкі Нода опублікували наукову працю [3], в якій зробили акцент на методі планування траєкторії переміщення вантажопідйомного крана із двома ступенями вільності (модель мостового крана). Ними було запропоновано оптимізувати траєкторію руху вантажу виходячи із початкової можливої траєкторії. В результаті отримано рішення задачі, яке дозволяє зменшити витрати енергії та мінімізувати коливальну компоненту руху візка.

Каната Мацусава, Йошіюкі Нода та Акіхіро Канешіге в публікації [4] запропонували метод планування траєкторії руху вантажу з використанням поетапної оптимізації з урахуванням уникнення перешкод і усунення маятникових коливань вантажу. Вони провели експериментальні дослідження отриманих результатів за допомогою лабораторної моделі мостового крану. Дані експериментів підтвердили можливість застосування методу на практиці.

З проведеного якісного аналізу вище стає зрозумілим той факт, що питання уникнення перешкод при використанні баштового крану та й інших видів кранів є актуальним. Його вирішенням в основному займаються науковці азійських країн, там де відбувається активні процеси забудови мегаполісів.

**Висновок.** Таким чином, провівши якісний аналіз наукових праць в галузі планування траєкторій руху вантажу, що переміщується баштовим краном, слід відзначити значну зацікавленість дослідників цим напрямком. Враховуючи той факт, що будівництво відбувається здебільшого у великих

містах, де щільність забудови досить значна, питання планування оптимальної траєкторії переміщення вантажу є невід'ємною складовою використання баштових кранів.

### **Список використаних джерел**

1. Gutierrez, I.; Collado, J. (2015). [IEEE 2015 12th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE) - Mexico City, Mexico (2015.10.28-2015.10.30)] 2015 12th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE) - Obstacle avoidance in a two wired hammerhead tower crane.
2. He Chen, Peng Yang<sup>1</sup>, and Yanli Geng (2019). Proceedings of the 2019 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics Hong Kong, China, July 8-12, 2019. A Time Optimal Trajectory Planning Method for Overhead Cranes with Obstacle Avoidance.
3. Inomata, Akira; Noda, Yoshiyuki (2016). Fast trajectory planning by design of initial trajectory in overhead traveling crane with considering obstacle avoidance and load vibration suppression. Journal of Physics: Conference Series, 744, 012070.
4. Matsusawa, Kanata; Noda, Yoshiyuki; Kaneshige, Akihiro (2019). [IEEE 2019 IEEE 15th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) - Vancouver, BC, Canada (2019.8.22-2019.8.26)] 2019 IEEE 15th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) - On-demand Trajectory Planning with Load Sway Suppression and Obstacles Avoidance in Automated Overhead Traveling Crane System.

**УДК 631.356.2**

### **КОНСТРУКЦІЙНА СХЕМА РОБОЧОГО ОРГАНА КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ**

**П. А. РИХЛІВСЬКИЙ**, к. т. н, старш. наук. співроб.,

**О. О. КОНОВАЛ**, пров. інженер., здобувач

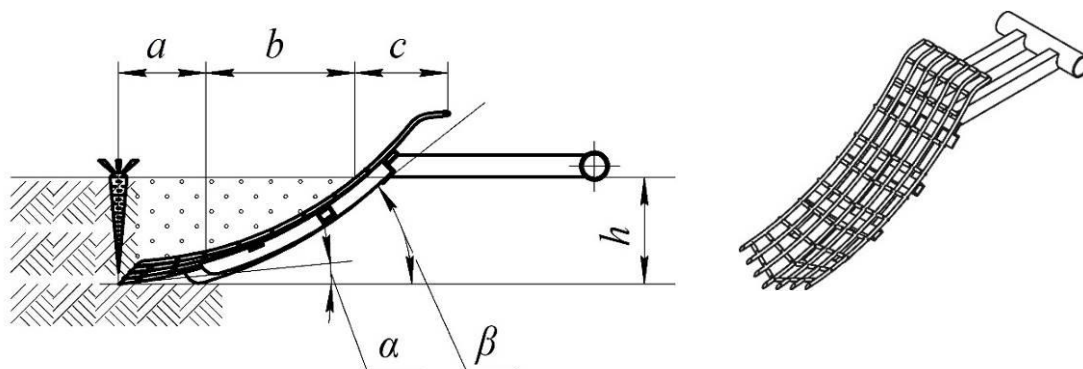
*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН*

*E-mail: petro05081987@ukr.net; [konovaloleg312@gmail.com](mailto:konovaloleg312@gmail.com)*

Створення української сільськогосподарської техніки сучасного технічного рівня – складний процес, що пов'язує послідовне використання проектування, конструювання та виготовлення техніки, який вимагає на кожному етапі цілеспрямованих, взаємопов'язаних, всебічно обґрунтованих дій [1, 2].

В Україні роботи зі створення машин для збирання коренеплодів (морква, столовий буряк, редька та ін.) розпочаті в 1950 р. З того часу було створено ряд машин, таких як УКШ-1, ММТ-1, КПК-3, МУК-1,8 та ін. [3].

Упродовж багатьох років відділом механіко-технологічних проблем овочівництва Інституту механіки та автоматики АПВ НААН (колишній ННЦ «ІМЕСГ») проводились науково-дослідні роботи з розробки нових машин та робочих органів для викопування столових коренеплодів та картоплі. В даний час продовжуються роботи з конструювання, проектування та дослідження нових робочих органів в цьому напрямку досліджень. Розроблена конструкційна схема нового робочого органа [4], який забезпечить викопування коренеплодів овочевих культур довгоплідних сортів та якісне виділення коренеплодів від вороху (рис.).



Конструкційна схема та аксонометрична модель робочого органа коренезбиральної машини:  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – початкова, основна та плавно вигнута наприкінці частини лемеша,  $\alpha$  – кут атаки,  $\beta$  – кут основної частини,  $h$  – глибина роботи

Викопувальний робочий орган коренезбиральної машини має коритоподібну форму з підігнутою вверх передньою частиною за формою параболічної кривої. Робочий орган сконструйовано у вигляді решітки, яка складається із з'єднаних між собою поздовжніх та поперечних прутів, причому поперечні пруті наділені встановленими з можливістю обертання втулками, які розташовані поміж поздовжніми прутами. Форма поперечних прутів виконана вгнутою у початковій частині робочого органа та рівної форми у кінцевій його частині, а форма поздовжніх прутів виконана вгнутою у його початковій та в основній частинах, та плавно переходить у кінцевій частині у вигнуту форму, а робочий орган має кут атаки  $\alpha$  менше  $5^\circ$  до горизонталі, а в основній частині кут підйому маси  $\beta$  більше  $40^\circ$ .

Плавний перехід конструкції пруткового робочого органу у поздовжній площині від малого кута атаки менше  $5^\circ$  до кута, більше  $40^\circ$  відносно горизонту в основній його частині, дає можливість заглиблювати робочий орган у ґрунт на глибину понад 250 мм. Малий кут атаки ґрунтового пласта початковою частиною пруткового робочого органу забезпечує спершу руйнування ґрунтового пласта у зоні розміщення коренеплодів, а лише потім основною частиною робочого органа, що має кут  $\beta$  більше  $40^\circ$ , відбір

коренеплодів від вороху. Така послідовність дій забезпечить цілісність коренеплодів під час їх викопування.

### Список використаних джерел

1. Стан проектування і виготовлення в Україні сільськогосподарських машин сучасного технічного рівня / І. В. Гриник, В. В. Адамчук, Г. М. Калетнік та ін. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: міжвідомч. темат. наук / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2014. Вип. 99, т.1. С. 34–39.
2. Грицишин М. І. Наукові основи формування та оновлення техніко-технологічної бази аграрних підприємств. К.: СПД Блохін О. А., 2018. 312 с.
3. Рихлівський П. А. Обґрунтування параметрів робочих органів машин для збирання столових коренеплодів: дис. ... канд. техн. наук. Глеваха, 2021. 208 с.
4. Викопуючий робочий орган коренезбиральної машини: пат. на винахід № 106342, Україна (UA), МПК А01D 25/00 / О. О. Коновал, В. І. Дешко, І. Ф. Савченко, П. А. Рихлівський, І. М. Гузік, В. В. Курочкін, А. С. Павлоцький. № (а)201315207; заявл. 25.12.2013; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.

УДК 630:620.952

## ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ СЕГМЕНТІВ МЕХАНІЗМУ НАРІЗАННЯ ЖИВЦІВ ДЕРЕВНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

**А. М. БОРИС**, к. т. н, заст. директора з наукової роботи,  
**П. А. РИХЛІВСЬКИЙ**, к. т. н, старш. наук. співроб.,  
**І. М. ГУЗІК**, здобувач

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН*  
E-mail: aborys@ukr.net

З початку нового століття людство активно здійснює пошук заміни традиційних енергоносіїв відновлювальними джерелами енергії. Така необхідність значною мірою обумовлюється виснаженням світових запасів вуглеводнів, порушенням природного балансу екосистем, глобальними екологічними проблемами, зокрема зростання в атмосфері концентрації парникових газів, що призводить до частих природних катаклізмів і різкої зміни погоди на земній поверхні. Тому все актуальнішим стає розвиток такої нової галузі науки, як біоенергетика, яка може стати важливим елементом зменшення дефіциту на викопну вуглеводневу сировину та основою сталого забезпечення держави біоресурсами, її енергобезпеки [1, с. 4; 2, 3 с.].

На сьогодні в Україні відсутні спеціалізовані технічні засоби для висадження плантацій деревних культур та збирання врожаю. Адаптація машин із суміжних галузей, які виконують технологічні процеси з малою продуктивністю не більше 0,5 га/год (для операції посадки) та з підвищеними енергозатратами на чисельні операції збирання дозволяють забезпечувати процес різання та двостадійне подрібнення.

Останніми роками в Інституті механіки та автоматики АПВ НААН (колишній ННЦ «ІМЕСГ») проводяться науково-дослідні роботи з розробки, конструювання та випробування технічного засобу для садіння деревних біоенергетичних культур (верба, тополя і т. п.). Однією із задач даної розробки є дослідження процесу нарізання живців під час садіння деревних біоенергетичних культур прутами довжиною 1,5–2,5 м. За результатами досліджень була запропонована наступна конструкційна схема, яка включає два барабани, що мають зустрічне обертання (рис. 1) [2].

Барабани обладнані гумовими трубками, які стискають прут і протягують його в проміжку між барабанами. Одночасно з цим проводиться нарізання прутів на живці. Для забезпечення якісного нарізання живців вибрана схема різання з протирізом. Основними параметрами є: кут загострення різального ножа  $\varphi$ , довжина ножа  $l$ , глибина входження ножа в крайку на протирізі  $h$ .

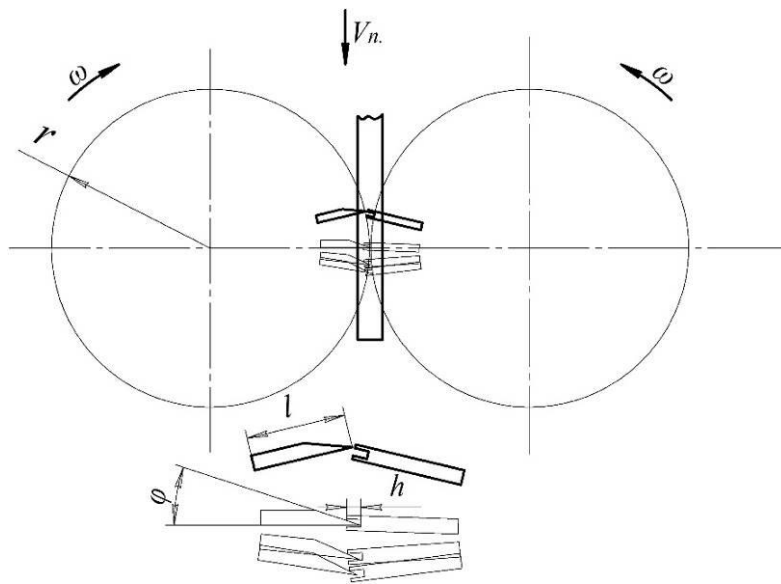


Рис. 1. Конструкційно-технологічна схема механізму нарізання живців деревних біоенергетичних культур:  $\varphi$  – кут загострення ножа;  $l$  – довжина ножа;  $h$  – глибина входження ножа в крайку на протирізі;  $r$  – радіус барабана

Виготовлено лабораторну установку та проведено дослідження з обґрунтування параметрів ножа та протиріза. За результатами досліджень встановлено, що із збільшенням кута заточування з 20 до 30 градусів процес перерізання відбувається швидше і відповідно швидкість входження живця в спрямовувальний кожух збільшується на 0,3 м/с. За умови збільшення заглиблення ножа в крайку на протирізі з 0,5 мм до 3 мм швидкість збільшується на 0,6 м/с. Обґрунтовано наступні значення параметрів: діаметр



прута деревних біоенергетичних культур 8...25 мм, заглиблення ножа в крайку на протирізі – 1...2 мм, кут заточування ножа 15...20 °.

### Список використаних джерел

1. Адамчук В. В., Грицишин М. І., Перепелиця Н. М. Біоенергетичні культури. Технології. Техніка. Економіка. Ніжин: Видавець Лисенко М. М., 2021. 136 с
2. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Під загальною редакцією доктора сільськогосподарських наук В. М. Сінченка. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 340 с. [https://bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/energetychna\\_verba.pdf](https://bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/energetychna_verba.pdf).
3. Розробити наукові основи техніко-технологічного забезпечення вирощування та збирання деревних культур, як сировини для виробництва твердих біопалив: звіт (проміжний) 04.03.00.01Ф / НААН; ННЦ «ІМЕСГ»; кер. А. Борис; вик.: В. Присяжний, І. Савченко, І. Гузік, В. Кусайко, Н. Мартинайтус;. Глеваха, 2018. 29 с.

УДК 621.873

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ПУСКУ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА

**Ю. О. РОМАСЕВИЧ**, д.т.н., проф.,

**В. С. ЛОВЕЙКІН**, д.т.н., проф.

**О. Д. МАЛІНЕВСЬКИЙ**, аспірант,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,*  
*E-mail: romasevichyuriy@ukr.net, lovvs@ukr.net, malinevskiy.2017@gmail.com*

Гвинтові конвеєри отримали широке використання в багатьох галузях виробництва, в тому числі у сільському господарстві. Їх використовують для транспортування сухих, порошкоподібних, дрібнозернистих і рідких вантажів.

Однак, роботі таких конвеєрів, притаманні певні недоліки, зокрема: відносно високий рівень небажаних динамічних навантажень, який призводить до зменшення ресурсу роботи машини та знижує ефективність її експлуатації [1].

Для встановлення величини динамічних навантажень гвинтового конвеєра виконано математичне моделювання динаміки його пуску. Для цього прийнято двомасову динамічну модель, яку зображено на рис. 1.

На рис. 1, представлено наступні позначення: 1 – привід гвинтового конвеєра; 2 – шнек;  $M_0$  – рушійний момент приводу;  $M_{0.1}$  – момент опору руху машини;  $J_{1.1}$  – зведений момент інерції приводу;  $J_{1.2}$  – зведений момент інерції шнека;  $c_{0.1}$  – зведений коефіцієнт жорсткості приводу (пасової передачі);  $b_{0.1}$  –

зведений коефіцієнт дисипації приводу;  $\varphi_0$  та  $\varphi_1$  – узагальнені кутові координати повороту зосереджених мас приводного механізму та гвинта (шнека) відповідно. Всі наведені вище величини зведені до пасової передачі.

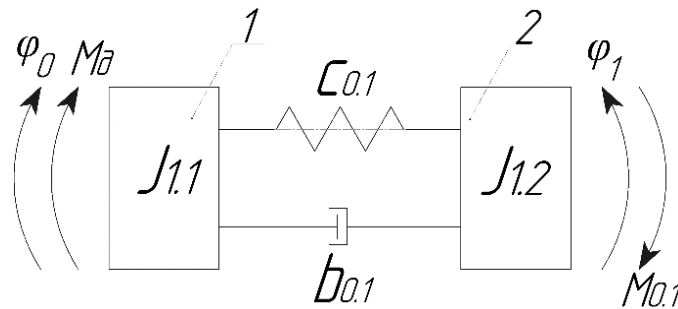


Рис. 1. Двомасова динамічна модель гвинтового конвеєра

Рух динамічної моделі (рис. 1) у часі описується системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} M_{\delta} = J_{1.1} \cdot \ddot{\varphi}_0 + c_{0.1} \cdot (\varphi_0 - \varphi_1) + b_{0.1} \cdot (\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_1); \\ c_{0.1} \cdot (\varphi_0 - \varphi_1) + b_{0.1} \cdot (\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_1) = J_{1.2} \cdot \ddot{\varphi}_1 + M_{0.1}. \end{cases} \quad (1)$$

Для побудови динамічної моделі використовувався принцип д'Аламбера [1]. Для перевірки точності отриманих результатів при проведенні аналізу, запропоновано у динамічній моделі (рис. 1) масу – 2 (шнек) розділити спочатку на дві, а потім на три частини. Тримасова динамічна модель гвинтового конвеєра представлена на рис. 2.

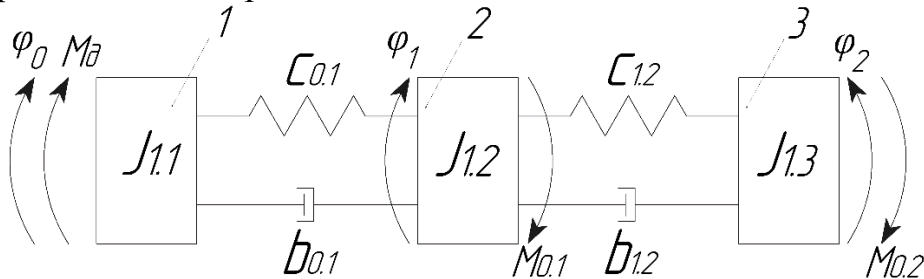


Рис. 2. Тримасова динамічна модель гвинтового конвеєра

На рис. 2, введено наступні позначення: 3 – друга частина шнека;  $J_{1.3}$  – зведений момент інерції другої частини шнека;  $c_{1.2}$  – зведений коефіцієнт жорсткості другої частини шнека;  $b_{1.2}$  – зведений коефіцієнт дисипації другої частини шнека;  $M_{0.2}$  – момент опору другої частини шнека.

Динамічній моделі (рис. 2) відповідає наступна система диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} M_{\delta} = J_{1.1} \cdot \ddot{\varphi}_0 + c_{0.1} \cdot (\varphi_0 - \varphi_1) + b_{0.1} \cdot (\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_1); \\ c_{0.1} \cdot (\varphi_0 - \varphi_1) + b_{0.1} \cdot (\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_1) = J_{1.2} \cdot \ddot{\varphi}_1 + M_{0.1}; \\ c_{1.2} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) + b_{1.2} \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) = J_{1.3} \cdot \ddot{\varphi}_2 + M_{0.2}. \end{cases} \quad (2)$$

Чотиримасова динамічна модель гвинтового конвеєра зображена на рис.

3.

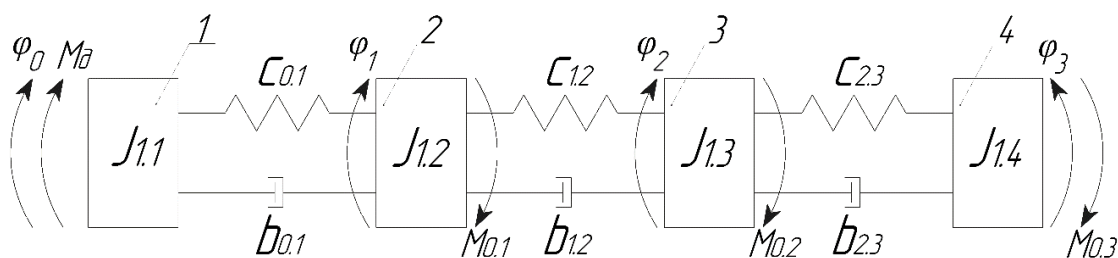


Рис. 3. Чотиримасова динамічна модель гвинтового конвеєра

На рис. 3, наведено позначення: 4 – третя частина шнека;  $J_{1.4}$  – зведений момент інерції третьої частини шнека;  $c_{2.3}$  – зведений коефіцієнт жорсткості третьої частини шнека;  $b_{2.3}$  – зведений коефіцієнт дисипації третьої частини шнека;  $M_{0.3}$  – момент опору третьої частини шнека.

Представлена динамічна модель (рис. 3) описується наступною системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} M_{\phi} = J_{1.1} \cdot \ddot{\phi}_0 + c_{0.1} \cdot (\phi_0 - \phi_1) + b_{0.1} \cdot (\dot{\phi}_0 - \dot{\phi}_1); \\ c_{0.1} \cdot (\phi_0 - \phi_1) + b_{0.1} \cdot (\dot{\phi}_0 - \dot{\phi}_1) = J_{1.2} \cdot \ddot{\phi}_1 + M_{0.1}; \\ c_{1.2} \cdot (\phi_1 - \phi_2) + b_{1.2} \cdot (\dot{\phi}_1 - \dot{\phi}_2) = J_{1.3} \cdot \ddot{\phi}_2 + M_{0.2}; \\ c_{2.3} \cdot (\phi_2 - \phi_3) + b_{2.3} \cdot (\dot{\phi}_2 - \dot{\phi}_3) = M_{0.3} + J_{1.4} \cdot \ddot{\phi}_3. \end{cases} \quad (3)$$

Використовуючи рівняння статичної (Клосса) та динамічної механічної характеристики, а також математичні моделі (1)-(3), виконано динамічний аналіз величини основних показників режиму пуску гвинтового конвеєра. Величину оціночних показників динамічного аналізу зведено до таблиці 1.

Таблиця 1.

Оціночні показники прямого режиму пуску гвинтового конвеєра

| Показники                                      | Одиниця вимірювання | Математична модель |       |       |
|------------------------------------------------|---------------------|--------------------|-------|-------|
|                                                |                     | (1)                | (2)   | (3)   |
| Максимальні значення                           |                     |                    |       |       |
| Рушійний момент приводу                        | Нм                  | 31,1               | 31,1  | 31,1  |
| Момент пасової передачі                        | Нм                  | 30,8               | 30,8  | 30,8  |
| Потужність приводу                             | Вт                  | 4303               | 4303  | 4303  |
| Втрати потужності в природі                    | Дж                  | 3965               | 3965  | 3965  |
| Прискорення шнека                              | рад/с <sup>2</sup>  | 244,4              | 244,3 | 244,3 |
| Сила струму                                    | А                   | 10,9               | 10,9  | 10,9  |
| Середньоквадратичні значення                   |                     |                    |       |       |
| Рушійний момент приводу                        | Нм                  | 19,1               | 19,1  | 19,1  |
| Момент пасової передачі                        | Нм                  | 17,4               | 17,4  | 17,4  |
| Втрати енергії в природі за час пуску конвеєра | Дж                  | 1846               | 1846  | 1846  |
| Прискорення шнека                              | рад/с <sup>2</sup>  | 98                 | 98    | 98    |

**Висновок.** За результатами динамічного аналізу (табл. 1) встановлено, що збільшення кількості мас динамічної моделі гвинтового конвеєра не суттєво

змінює величину основних показників руху конвеєра. Тому для проведення подальших досліджень, запропоновано використовувати двомасову динамічну модель (рис. 1).

### Список використаних джерел

1. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О. Теорія технічних систем. Навчальний посібник. Київ. ЦП «КОМПРИНТ». 2017. 291 с.

УДК 631.4:31

## ГІДРОСЛІДКУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ САДОВОЇ ФРЕЗИ

**В. Ю. ОЛЕКСІЄНКО**, студент,  
**В. М. МАРТИШКО**, кандидат технічних наук,  
**НУБІП України**,  
*E-mail: vm.mart@ukr.net*

Для керування висувними секціями сільськогосподарських машин широко використовують гідромеханічні пристрої з механічними щупами – копірами.

Гідрослідкувальний пристрій садової фрези для обробітку ґрунту в пристовбурно-міжстовбурних смугах саду призначений для своєчасного виведення робочого органа з ряду дерев при зустрічі щупа із штамбом дерева. Від його роботи залежить якість обробітку ґрунту (площа необробленої ділянки біля стовбура дерева) та ступінь пошкодження надземної частини стовбура дерева.

Основним недоліком цієї системи є надмірні зусилля, які виникають в момент контакту щупа із штамбом дерева (понад 20 Н), перевищуючи агротехнічні вимоги.

Оскільки фреза агрегатується з трактором, що має власну гідросистему, тоді гідрослідкувальний пристрій можна істотно спростити і вдосконалити. Схема гідрослідкувального пристрою складається з дросельного гідророзподільника роторного типу, безпосередньо з'єднаного із щупом керування гідроциліндром висувною секцією та системи оливо проводів.

Порядок роботи гідрослідкувального пристрою аналогічний існуючим прототипу. Крім того, запропонована схема не має власного гідронасосу та оливного баку, а приєднана до гідросистеми трактора через розривні муфти. На фрезі встановлений гідророзподільник роторного типу РР-1, який дозволяє за рахунок установки щупа безпосередньо на валу гідророзподільника зменшити зусилля яке виникає при контакті щупа із штамбом дерева.

Розроблена схема має істотні переваги над гідрослідкувальним пристроєм існуючого прототипу. Оскільки нами застосований роторний

гідророзподільник, на валу якого закріплений щуп, тоді за рахунок відсутності системи тяг, та зменшення жорсткості пружини вдалося зменшити зусилля, які виникають при контакті щупа зі штамбом дерева, з 20 Н до 12 Н.

Крім цього гідрослідкувальний пристрій, що розробляється, не має власного гідронасоса, оливного бака та системи тяг, що суттєво знижує вартість фрези та затрати оливи і пального при її експлуатації.

**Висновок.** Встановлено, що процес взаємодії щупа зі штамбом дерева характеризується сумою статичних та динамічних сил, які обумовлюють можливість пошкодження штабів дерев.

УДК 631.331

## КОМБІНОВАНИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН

В. А. ДЕЙКУН, доцент, канд. техн. наук,

Д. Г. ЖУК, аспірант

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

*м. Кропивницький, Україна,*

*E-mail: viktor.deikyn@gmail.com*

Урожайність сільськогосподарських культур залежить від ефективної родючості ґрунтів і є результатом дії ряду факторів: тепла, світла, вологи, поживних речовин та деяких інших.

Одною із найбільш важливих складових, що впливають на підвищення врожайності сільськогосподарських культур є своєчасне та правильне з точки зору агротехніки внесення основної дози добрив та підживлення культурних рослин мінеральними добривами в процесі їх вегетації.

Найбільш широкого застосування набуло внесення добрив методом поверхневого розсіювання з подальшою заробкою різноманітними ґрунтообробними знаряддями. Даний метод є досить високопродуктивним, що позитивно впливає на економічну ефективність польових робіт.

Негативною стороною методу поверхневого розсіювання є значна нерівномірність розподілення матеріалу по площі поля, яка може сягати 25-30%. Аналіз літературних джерел показує, що при подальшій заробці гранул добрив ґрунтообробними знаряддями розсіяних поверхнево, вони нерівномірно переміщуються з ґрунтом (по закону випадкового розподілення), і значна їх частина не переміщується до місця призначення. Крім того, частина добрив вивітрюється або вимивається опадами, і є втраченими як поживна речовина.

Як показують дослідження, при заробці добрив орними агрегатами від 17,5 до 48,1% їх розташовуються в горизонті 0-5 см, від 38 до 78% – у шарі 0-10 см, а при заробці добрив у ґрунт за допомогою робочих органів дискових борін чи культиваторів – від 50 до 90% знаходяться у шарі 2-3 см.



Провівши аналіз існуючих способів внесення мінеральних добрив, вивчено недоліки та переваги кожного з них, визначено оптимальний спосіб внесення та проведено аналіз конструкцій робочих органів для його виконання.

Враховуючи дані попереднього аналізу робимо висновок, що метод поверхневого розсіювання мінеральних добрив з подальшою заробкою є мало перспективним. Його удосконалення пов'язане з вирішенням комплексу питань, що стосуються рівномірного розподілення хімікатів по площі поля та повної і якісної їх заробки з розміщенням в задані горизонти орного шару, що є на даний час достатньо складною теоретико-прикладною задачею.

Локальне внесення є найбільш прийнятним з точки зору агротехніки вирощування сільськогосподарських культур та ефективності використання добрив, так як при такому способі не потрібна додаткова операція заробки туків у ґрунт, а також відсутні втрати добрив за рахунок вивітрювання та вимивання опадами. Локальний спосіб дозволяє більш продуктивно використовувати малі дози мінеральних добрив, що знижує загальні витрати та витрати часу на виконання операції підживлення рослин.

Вітчизняний та закордонний досвід ґрунтознавців свідчить про високу ефективність застосування в землеробстві комбінованих безполицевих знарядь, які не лише дозволяють захистити ґрунт від ерозійних процесів, а також зменшують шкідливу дію сільськогосподарських агрегатів на ґрунт за рахунок зменшення числа їх проходів, знижують затрати праці та витрати паливно-мастильних матеріалів на отримання врожаю

Безполицевий обробіток ґрунту буде більш ефективним, коли його комбінуватимуть з локальним внесенням добрив за допомогою тукових сошників, комбінованих, або інших додаткових пристроїв, які монтуються на плоскорізах та культиваторах для суцільного обробітку ґрунту

Враховуючи значення поверхневого обробітку ґрунту, в тому числі такі фактори, як підвищення якісних показників функціонування робочих органів, зменшення ймовірності обволікання рослинними рештками стояка та розпушувальної лапи, зниження енергоємності процесу, підвищення довговічності роботи, для вирішення поставленої задачі запропонований комбінований дисковий робочий орган оригінальної конструкції (рис. 1).

Розпушувальна лапа виконана у вигляді нахиленого під гострим кутом вперед конусного диска, який може вільно обертатися навколо осі стояка, при цьому стояк виконано пустотілим і поєднаним з простором під диском, даний простір може використовуватись для транспортування та розсіювання гранул мінеральних добрив чи іншого сипкого матеріалу по поверхні поля в підлаповому просторі. По зовнішньому контуру диска виконано трапецієвидні вирізи.

Комбінований дисковий робочий орган (рис. 1) складається з диска 1, який має конусоподібну форму, встановленої під гострим кутом до напрямку руху. Диск 1 прикріплений до стояка 2, який в свою чергу закріплений до кронштейна 3 на рамі знаряддя, при цьому він може обертатися завдяки підшипникам 4.

У просторі під диском в точці сходу гранул добрив з порожнини стояка встановлено розподільник 5, при попаданні на який гранули добрив відбиваються та рівномірно розподіляються по ширині захвату диска.

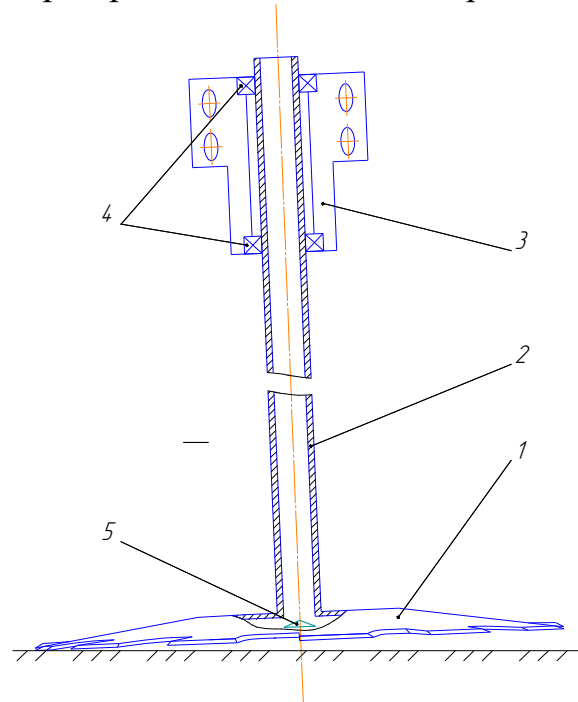


Рис. 1. Комбінований дисковий робочий орган:  
1 – диск; 2 – стояк; 3 – кронштейн; 4 – підшипники; 5 – розподільник

При переміщенні робочого дискового робочого органу диск сприймає опір ґрунту, при цьому його величина опору на ліву та праву частини є різною, що дозволяє диску вільно обертатися разом зі стояком у підшипникових вузлах. Напрямок обертання залежить від конфігурації та місця загострення вирізів на зовнішньому контурі диска, а саме: ліва частина лапи менше опирається тиску ґрунту через те, що передні ліві леза зубів загострені; і навпаки, права боковина зубів лапи незагострена, а самі зуби попарно відігнуті вгору і вниз.

Зусилля, які діють на диск, є достатніми для забезпечення плавного обертання диска навколо своєї осі. При такому обертанні диска зменшуються витрати енергії на рух його в ґрунті та на процес розпушення, покращується якість обробки, а при потраплянні рослинних решток на вирізи диска, вони при його обертанні легко видаляються з його поверхні. При цьому підвищується надійність та довговічність роботи дискового робочого органу через збільшення загальної суми довжин його лез.

Підвищення ефективності та частоти обертання диска забезпечують нахилом його вперед відносно напрямку руху під деяким кутом, величину якого належить визначити експериментальним шляхом, що зменшує дію ґрунту (тобто і зусилля) на ліву частину диска і збільшує дію на праву частину диска.

Мінеральні добрива, які вносяться такими знаряддями, розташовуються в ґрунті на чітко встановленій глибині, поживні речовини, які при цьому утворюються, є більш доступними для кореневої системи рослин і споживаються більш ефективно. Це є особливо важливим для зон із

недостатньою кількістю вологи, якими є центральні та південні області України.

Виходячи з вищевказаного, можна зробити висновок, що більш перспективним способом підвищення родючості ґрунтів і урожайності сільськогосподарських культур є локальне внесення гранульованих мінеральних добрив, суміщене з поверхневим обробітком ґрунту. Очікується, що використання запропонованого комбінованого робочого органа дозволить зменшити час на виконання робіт за рахунок суміщення операцій розпушування ґрунту, внесення добрив і їх заробки, знизити витрати мінеральних добрив та загальні економічні витрати на отримання врожаїв.

УДК:621.87

## МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ КРАНА ПРОЛЬОТНОГО ТИПУ

**Ю. О. РОМАСЕВИЧ**, доктор технічних наук, професор,  
**В. В. МАКАРЕЦЬ**, аспірант.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: walera10100@gmail.com

Застосування оптимального керування рухом системи „кран-вантаж” позитивно впливає на роботу крана, а саме покращується швидкість позиціонування вантажу шляхом усунення маятникових коливань вантажу на гнучкому підвісі, спрощується робота оператора крана, зростає енергоефективність та підвищується довговічність приводів крана.

Для виконання розрахунку економічної ефективності необхідно використовувати відповідну методику, яка на даний час відсутня. Тому розрахунок економічної ефективності будемо проводити тільки із врахуванням підвищення продуктивності роботи крана. Для цього використаємо методику, що описана у роботі [1]. Представимо формулу розрахунку економічної ефективності:

$$\Delta E = (k_1 - k_2)\varepsilon + (e_1 - e_2), \quad (1)$$

де  $k_1$  та  $k_2$  – витрати на налаштування та монтаж пропонованої і базової системи відповідно (тут і далі під базовою системою мається на увазі система керування, яка забезпечує усунення коливань вантажу при розгоні крана протягом тривалості періоду коливань вантажу; пропонована система дозволяє скоротити тривалість розгону крана);  $\varepsilon$  – галузевий нормативний коефіцієнт ефективності (для систем керування рухами механізмів крана, приймають  $\varepsilon = 0,15$ );  $e_1$  та  $e_2$  – експлуатаційні витрати нового та базового варіантів систем керування.

Для реалізації більшості методів керування рухом вантажопідйомних кранів необхідні дані: довжина гнучкого підвісу, маса вантажу, положення візка. Вимірювальне обладнання для отримання цих даних є складовою всіх сучасних кранів, це робить справедливим наступний вираз:  $k_1 - k_2 \approx 0$ .

Отже, при використанні запропонованого методу оптимального керування економічний ефект ґрунтується на скороченні тривалості руху крану. Годинна продуктивність крана визначається за формулою [2]:

$$R_h = m_n z k_m k_h, \quad (2)$$

де  $m_n$  – номінальна вантажопідйомність крана;  $z$  – число циклів роботи крана за годину;  $k_m$  – середній коефіцієнт використання крана за вантажопідйомністю ( $k_m = 0,5 \dots 1$ );  $k_h$  – середній коефіцієнт використання крана за часом ( $k_h = 1$ ).

Число циклів роботи крана за годину:

$$z = \frac{3600}{t_c}, \quad (3)$$

де  $t_c$  – тривалість одного циклу.

Тривалість одного циклу роботи крана знаходиться за наступною формулою:

$$t_c = \sum t_r + \sum t_u + \sum t_j + \sum t_s, \quad (4)$$

де  $t_r$  – тривалість розгону;  $t_u$  – тривалість усталеного руху;  $t_j$  – тривалість гальмування;  $t_s$  – тривалість пауз у роботі крана.

Річна продуктивність крана обчислюється за формулою:

$$R_y = R_h t D,$$

(5)

де  $t$  – число годин роботи крана на добу;  $D$  – число робочих днів за рік.

Далі необхідно визначити різницю в річній продуктивності базового та модифікованого способу керування рухом крана (саме різний ефект від їхнього застосування призводить до підвищення продуктивності роботи крана). Для цього використаємо формулу:

$$\Delta R_y = R_{ym} - R_{yb}, \quad (6)$$

де  $R_{ym}$  та  $R_{yb}$  – річна продуктивність крана з модифікованою та базовою системами керування відповідно.

Наступним і останнім кроком у методиці розрахунків є визначення об'єму коштів, який вдається зекономити від того, що продуктивність роботи крана зросла:

$$P = \frac{\Delta R_y}{R_{hb}} p, \quad (7)$$

де  $R_{hb}$  – годинна продуктивність крана обладнаного базовою системою керування;  $p$  – ціна оренди крана за годину.

### Список використаних джерел

1. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины: учебник. – М.: Машиностроение, 1973. – 360 с.
2. Червоний Б.І., Похильчук І.О. Основи проектування та експлуатації технологічного обладнання. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. 2007. – 197 с.

**УДК 631.363**

### ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПОДІЛУ НАСІННЯ ЗА ГУСТИНОЮ

**Д. А. ВОЛИК**, аспірант

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва  
Національна академія аграрних наук України, Глеваха  
E-mail: rin.rin.gege0@gmail.com;*

Розділення зернового матеріалу відбувається за основними ознаками відмінностей зернівок, за додатковими ознаками або використовуючи поєднання декількох ознак. Як відомо, до основних ознак відносяться: геометричні розміри, маса, швидкість витання, густина зернівки, магнітні властивості, тощо [5, 6, 8]. Одним з якісних показників, за яким проводять відбір, є густина кожної насінини. Згідно з дослідженнями [3], насінини, що мають більшу густину, також мають і більшу енергію проростання, схожість, силу росту та є більш зрілими. Відомі дослідження [3] якості насіння кукурудзи свідчать, що різниця польової схожості легкої та важкої фракцій насіннєвого матеріалу сягає 18% та 70-88%, а врожайність важкої фракції вище легкої на 3 т/га [3, 5]. Тобто, підвищення маси 1000 насінин сприяє підвищенню біологічної врожайності с/г культур.

Таким чином, густина окремої насінини (насиченість, щільність) є важливою ознакою, за якою відбувається поділ матеріалу при підготовці зернового матеріалу до посіву. Поділ зерна за густиною може відбуватись лише за умови попереднього калібрування зерна. Наразі для фракціонування зерна за густиною використовують пневмостоли, пневмовібростоли, пневматичні сепаратори та інші машини з комбінованою дією на зернівку [5-8].

Інтенсифікувати процес сепарації за густиною на відомих машинах можливо шляхом вдосконалення робочих органів та застосування нових способів розділення насіння. З метою покращення якості вихідного матеріалу фірма «Petkus» [2] запровадила у виробництво вдосконалену деку для пневмовібростолів існуючих в серії. Завдяки зигзагоподібній формі поверхні відбувається вплив на динаміку процесу розділення та зменшується варійованість значень густини в окремих вихідних фракціях [2]. Також слід



відмітити вдосконалення, що реалізовано при виготовленні машини Фадєєва Л.В. [1, 9]. На деці таких технічних засобів окрім рифів, розміщених по нормалі до напрямку руху матеріалу, встановлені паралельні руху матеріалу рифи, які призначені для спрямування та активації руху важкої фракції зерна вгору впоперек деки [1].

Іншим способом інтенсифікації процесу сепарації є використання нової конструкції технічного засобу, що поєднує дію пульсувального повітряного потоку та вібрацію при розділенні зернового матеріалу на безпровальному решеті [4]. Попередні дослідження свідчать, що застосування пульсуючого повітряного потоку зі змінною швидкістю дозволяє суттєво збільшити величину розщеплення траєкторій руху зернівок і відповідно ефективність процесу поділу зернового матеріалу, тобто ефективно збільшити швидкість проходження зернівки крізь вібропневмозріджений шар зернового матеріалу. В порівнянні з існуючими сепараторами, які використовують горизонтальні та похилі деки ефективність поділу зернового матеріалу збільшується на 35-42 %.

### **Список використаних джерел**

1. URL: <https://www.fadeevagro.com/>
2. URL: <https://petkus.com.ua/>
3. Кирпа Н.Я. Принципи і способи сепарування зернових мас : Зберігання і переробка зерна. 2011. №4(142). С. 33-36.
4. Пневмоімпульсний - решітний сепаратор для сепарації насіння за густиною : Україна : № у 2022 04330 від 15.11.2022
5. Гусєв В.А., Дударєв І.М., Токарчук М.В. Огляд конструкцій сепараторів сипких матеріалів : Сільськогосподарські машини: Зб.наук.ст. Вип. 42. Луцьк, 2019. 158 с
6. Кулеш Я. М., Панасюк І. В. Аналіз методів та устаткування для сепарації сипких матеріалів. Сучасні електромеханічні та інформаційні системи, 2021.
7. Богатирьов, Д. В., Скриннік, І. О., Обґрунтування технологічних параметрів зернового сепаратора. 2019.
8. Кожевнікова, В. К., Кошулько, В. С., Єрмакова, В. О., Огляд конструктивних особливостей устаткування для сепарування зерна гравітаційного типу. 2019.
9. Фадєєв, Л. В. Насіння кукурудзи калібровка, нові рішення : Grain Products and Mixed Fodder's, 20(2), 4-6. 2020 р.

УДК 631.331

## ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ РОТАЦІЙНОГО ПРОТРУЮВАЧА ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ ДЛЯ ПОШАРОВОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

**В. В. РАТУШНИЙ**, кандидат технічних наук, с.н.с.,

**П. І. ВІТРУХ**, науковий співробітник,

**Ю. В. КОСОВЕЦЬ**, науковий співробітник,

**С. О. МАРАНДА**, науковий співробітник,

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва  
НААНУ,*

**В. Б. ОНИЩЕНКО**, кандидат технічних наук, доцент,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: vratushnyi@ukr.net

Гарантований захист посівів сільськогосподарських культур від комплексу шкідливих організмів тісно пов'язаний із застосуванням технологій передпосівної обробки насіння композицією захисно-стимулюючо-живильних препаратів. Найперспективнішою технологією передпосівної обробки є технологія пошарової обробки насіння, яка реалізуються за індивідуальними для кожного типу насіння рецептами, із застосуванням фунгіцидів, інсектицидів, мікроелементів, стимуляторів росту, біопрепаратів, інокулянтів, вапняних матеріалів, тощо. Причому, ці рецепти відрізняються між собою як за кількістю нанесених шарів препаратів, так і за послідовністю їх нанесення. Створені таким чином на кожній насініні захисно-живильно-стимулюючі оболонки забезпечують високі посівні якості насіння. При цьому зменшується негативний фітотоксичний вплив на початкові фази росту й розвитку рослин і досягається вища технічна ефективність проти збудників хвороб.

Аналіз технологічних та технічних рішень, які можуть бути використані для пошарового нанесення захисно-стимулюючо-живильних препаратів на насіння сільськогосподарських культур [1-7], свідчить про те, що для такої обробки насіння придатні робочі органи ротаційних дражираторів періодичної дії. Згадані технічні пристрої забезпечують обробку порції насіння в процесі циклічного виконання в камері обробки наступних операцій: завантаження порції насіння, розпилення робочого розчину чи порошку, перемішування насіння з робочим розчином чи порошком, при необхідності сушіння насіння та вивантаження порції обробленого насіння. При цьому робочий процес обробки насіння починається із завантаження порції насіння із бункера в камеру обробки, де під дією відцентрових сил обертового днища у вигляді вертикального ротора перерозподіляється, здійснюючи спіральний рух вгору по циліндричній поверхні корпусу камери обробки. За рахунок наданої насінню інерції, зернівки потрапляють на тороподібний відбивач, рухаючись по поверхні якого направляються вниз на рухоме днище. Падаючи, насіння

утворює по контуру камери обробки вертикальний потік, який протягом відповідного циклу обробляється рідкими хімічними компонентами. В результаті проведення циклу обробки на поверхні кожної насінини утворюється тонкий шар рідкого компонента. Потім починається цикл введення і перемішування з насінням порошкоподібних препаратів захисної і стимулюючої дії. При активному спільному русі частинок порошкоподібного компонента з насінням відбувається налипання порошку на їх поверхню і одночасно виконується при необхідності підсушування насіння введенням в камеру обробки теплим повітрям, після чого порція обробленого насіння вивантажується у тару і цикл закінчується.

З врахуванням результатів аналізу техніко-технологічного забезпечення пошарового нанесення захисно-стимулюючо-живильних препаратів на насіння сільськогосподарських культур розроблено структурно-функціональну схему ротаційного протруювача періодичної дії (рис. 1), що передбачає використання камери обробки насіння із встановленим у ній вертикальним ротором, на який подається насіння та компоненти хімічних препаратів, що послідовно наносяться на насіння.

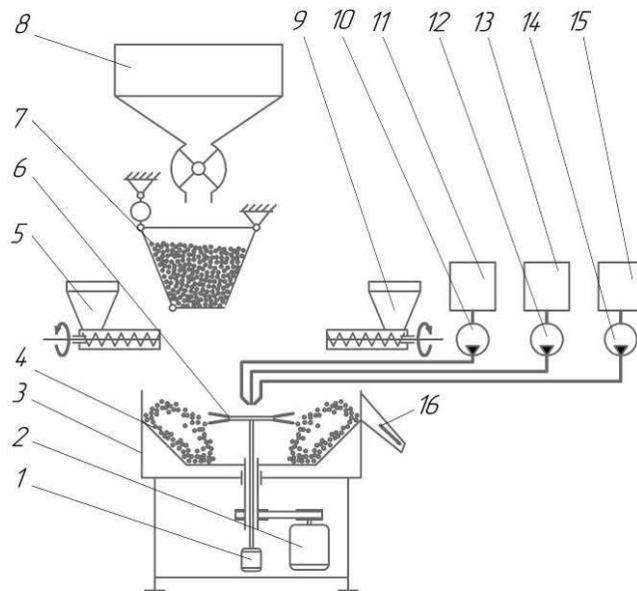


Рис. 1. Структурно-функціональна схема ротаційного протруювача періодичної дії для пошарової обробки насіння:

1 – двигун приводу розпилюючого диска; 2 – двигун приводу робочого органа; 3 – робоча камера; 4 – робочий орган; 5 – дозатор порошковидного препарату №5; 6 – розпилюючий диск; 7 – ваговий дозатор; 8 – бункер; 9 – дозатор порошковидного препарату №4; 10 – насос-дозатор препарату №3; 11 – бак для препарату №3; 12 – насос-дозатор препарату №2; 13 – бак для препарату №2; 14 – насос-дозатор препарату №1; 15 – бак для препарату №1; 16 – вивантажувальний пристрій

Робочий процес протруювача організований таким чином, що під час запуску та зупинки технологічного процесу обробки насіння ввімкнення та вимкнення виконавчих механізмів відбувається в певному порядку. Під час

запуску технологічного процесу першими вмикаються електродвигуни приводу робочого органу та приводу розпилюючого диска. Потім, через певний проміжок часу, приводяться в дію механізми вагового дозатора регульованої подачі насіння, яке у вигляді порції заданої маси подається на робочий орган камери обробки насіння. Згодом через попередньо заданий час вмикається електродвигун приводу дозатора першого робочого розчину, який подає розчин препарату на розпилюючий диск, і через проміжки часу, необхідні для перемішування насіння з першим робочим розчином та сушіння обробленої порції насіння, вмикається електродвигун приводу дозатора другого препарату. Цикл продовжується до того часу поки дана порція насіння буде оброблена останнім із запланованих для нанесення препаратом і через вивантажувальний пристрій вивантажена у тару для обробленого насіння. Після цього подається наступна порція насіння і весь цикл його обробки повторюється аналогічним чином.

### Список використаних джерел

1. Гирка А. Д., Сидоренко Ю. Я., Ільєнко О. В., Бочевар О. В., Остапенко С. М. Інкрустація насіння – важливий технологічний засіб підвищення урожайності зерна ярих колосових культур у степу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 5. С. 125–130.
2. Ruban, I., Sharipov, M., Voropaeva, N. (2006). Native nanoobject sand technology of capsulation increasing their stability to environmentun favourable factors. *The book XIV International Workshop on Bio encapsulation* (Lausanna, Switzerland), 435–437.
3. Sharipov, M., Ruban, I., Voropaeva, N. (2007). Polymers use in technology of rice seeds preparation to sowing. *The book XV International Workshop Bio encapsulation*, 1–4. Vienna.
4. Ратушний В. В., Косовець Ю. В. Обґрунтування мінімально необхідної довжини траєкторії руху зернівки по поверхні робочого органу для пошарової обробки насіння. *Механізація та електрифікація сільського господарства* : загальнодержавний зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2020. Вип. № 11 (110). С. 54–60.
5. Ратушний В. В., Косовець Ю. В. Експериментальні дослідження якості пошарової обробки насіння сільськогосподарських культур захисно-стимулюючими препаратами. *Механізація та електрифікація сільського господарства* : загальнодержавний зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 9 (108). С. 44–50.
6. MultiCoater// Products Coating. URL: [https:// www.petkus.com/products/-/info/coating/multicoater-cm-100/multicoater-cm-100](https://www.petkus.com/products/-/info/coating/multicoater-cm-100/multicoater-cm-100) (дата звернення: 17.01.2023).
7. Centricoater Automatic // Product Overview. URL: [https:// www.cimbria.com/en/products/processing/centricoater.html](https://www.cimbria.com/en/products/processing/centricoater.html) (дата звернення: 17.01.2023).

УДК 631.356.2

## РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПІДРУЛЮВАННЯ НАВІСКИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

**А. М. БОРИС**, к. т. н, заст. директора з наукової роботи,  
**І. Ф. САВЧЕНКО**, к. т. н, старш. наук. співроб., зав. відділу,  
**П. А. РИХЛІВСЬКИЙ**, к. т. н, старш. наук. співроб.,  
**І. К. КАСПРОВИЧ**, наук. співроб., здобувач,  
**О. І. УСІК**, аспірант,  
**В. М. НЕЧИПОРЕНКО**, інженер

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН*  
*E-mail: aborys@ukr.net*

У зв'язку з розвитком нових систем землеробства та впровадженням сучасних технологій природокористування все більшого застосування набувають системи роботизованого виконання польових технологічних завдань таких, як збір та реєстрації місцевизначених польових даних, використання машинно-тракторних агрегатів на операціях, де задіяні шкідливі для людини речовини (наприклад, пестициди) тощо. Застосування наземних засобів автоматизованого збору польових даних дозволяє зменшити витрати робочого часу на проведення операцій моніторингу стану екосистем, підвищити просторову точність виконання польових завдань і забезпечити безперервність процесів моніторингу природних ресурсів. Крім того, використання безпілотних систем дає можливість знизити собівартість виконання польових механізованих операцій шляхом економії витрат на оплату праці операторів [1, с. 4].

На сьогодні в Україні відсутні вітчизняні спеціалізовані технічні засоби для автоматизованого водіння машинно-тракторного агрегата. Відома система паралельного водіння для сільського господарства розробки КБ «Центр», проте вона не забезпечує автоматичне управління курсом трактора та отримання корекції для точного навігаційного рішення в режимі кінематики реального часу. Найвідомішими виробниками GNSS засобів, що застосовуються в сільському господарстві, є такі, як: NovAtel Glide, EPS, Emlid, Trimble CFX-750, E-farmer, Геометр [2, с. 132; 3, 26].

У відділі агронавігації та атоматизації мобільних процесів Інституту механіки та автоматики АПВ НААН (колишній ННЦ «ІМЕСГ») проводяться науково-дослідні роботи з розробки системи автоматичного підрулювання навіски МТА (рис.). За результатами літературно-патентного пошуку та техніко-економічного аналізу обладнання, для створення даної розробки використано системи навігації на основі комплексування даних від систем GNSS RTK та допоміжні системи машинного зору, які доповнюють та корегують дані GNNS. Для корегування даних GNSS вибраний метод лазерного



сканування навколишнього простору та побудова карт прохідності за допомогою систем ROS та алгоритмів SLAM.

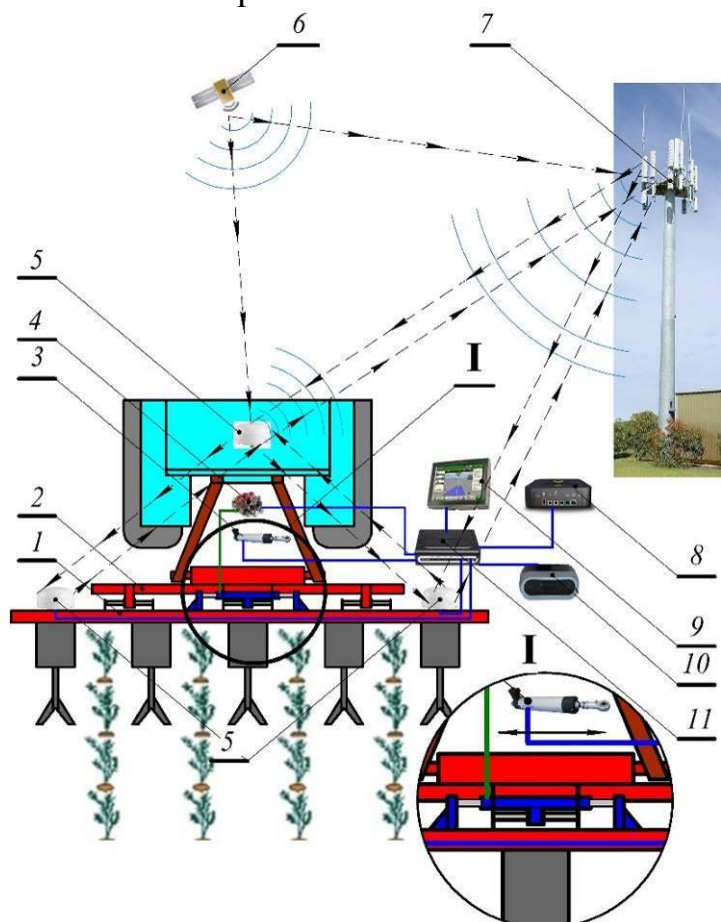


Рис. Структурно-функціональна схема автоматичного підрулювання навіски МТА: 1 – рухома рама; 2 – нерухома рама, 3 – датчик положення, 4 – гідроблок, 5 – радіонавігаційні датчики, 6 – супутник, 7 – базова станція, 8 – модем, 9 – термінал, 10 – камера, 11 – контролер

Розроблена система автоматичного керування забезпечить збільшення продуктивності роботи та якості виконання операцій знищення бур'янів механічними культиваторами під час роботи з мінімальними захисними зонами (2–3 см) або знищення бур'янів в рядку сільськогосподарських культур (кукурудза, соняшник, розсада томатів, часник) поліуретановими пальчиково-зірчастими дисками.

На прикладі фермерського господарства «Союз-ТТТ» у Білоцерківському районі Київської області, де столову моркву, цибулю та столові буряки вирощують на площі 50 га, обладнаних системою крапельного зрошення, перевірено роботу розробленої в Інституті механіки та автоматики АПВ НААН системи автоматичного підрулювання для підвищення якості виконання технологічних операцій із підготовки гряд, сівби овочевих культур та догляду за посівами.



### Список літератури

1. Аніскевич Л. В., Войтюк Д. Г., Захарін Ф. М. Навігація і управління рухом безпілотних рульових машин. – Ніжин.: Видавець ПП Лисенко М. М., 2012. – 96 с.
2. Досвід застосування системи точного водіння агрегатів на вирощуванні столових коренеплодів / Адамчук В. В. та ін. Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодерж. зб. наук. пр. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2022. Вип. 15(114). С. 131–137. DOI: <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2022-15-16>
3. Науково-технічні основи створення і використання універсальної системи керування машинно-тракторним агрегатом: звіт (проміжний) 03.01.00.01Ф / НААН; ННЦ «ІМЕСГ»; кер. А. М. Борис; вик.: Ю. В. Косовець, В. І. Днесь, І. В. Колесник, В. В. Журавель, Ю. І. Алексеев;. Глеваха, 2021. 157 с.

УДК 621.867.4

### ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖУ ШВИДКОХІДНИМИ ГВИНТОВИМИ КОНВЕЄРАМИ З ПРОМІЖНИМИ ОПОРАМИ

**Р. М. РОГАТИНСЬКИЙ**, д.т.н., проф.; **О. Р. ДМИТРІВ**, к.т.н., доц.;  
**Р. П. ЦАПИК**; **Р. І. ОХНІВСЬКИЙ**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,  
м. Тернопіль, Україна;  
E-mail: rogatynskyi@gmail.com*

Для транспортування насипних матеріалів широко використовують гвинтові конвеєри, перевагою яких є простота та надійність конструкції, низькі матеріалоємність та вартість, герметичність конструкції та екологічність. В останній час широкого поширення набули швидкохідні гвинтові конвеєри, працездатність яких практично не залежить від їх просторового розміщення і які знаходять широке використання при автоматизації різних транспортно-технологічних процесах.

Проте використання швидкісних гвинтових конвеєрів унеможлиблюється на довгих трасах, в зв'язку із трудностю використання проміжних опор для підтримки валу гвинтового робочого органу, які є суттєвою перешкодою для потоку вантажу, як через перекриття прохідного січення, так через відсутність в цій зоні гвинтового робочого органу. Особливо негативно ці фактори даються взнаки для вертикальних гвинтових конвеєрів, для яких умови роботи є найважчими. З метою виявлення шляхів подолання негативних впливів вказаних факторів, авторами розроблено низку конструктивних рішень

перехідних зон з спеціальними проміжними опорами та теоретично обґрунтовано можливість проходження вантажу через проміжну зону без зриву гвинтового потоку.

Метою даного дослідження є встановлення умов проходження вантажу через осьовий проміжок, що утворюється торцями двох сусідніх гвинтових робочих органів, потреба якого зумовлена розміщенням опори для довгого вала.

Розглянемо модель проходження вантажу по кожуху через проміжок між сусідніми гвинтовими робочими органами для випадку вертикального розміщення конвеєра, при якому умови транспортування найбільш несприятливі. Насипний вантаж, який переміщається подавальною гвинтовою секцією має за інерцією пройти безгвинтову зону та захватитись приймальною секцією. При цьому запасена кінетична енергія повинна бути достатньою для подолання земного тяжіння і опору поверхонь кожуха та направляючих елементів, при їх наявності, а також забезпечити достатню кінцеву швидкість для розгону вантажу приймальною секцією.

Виберемо циліндричну систему координат  $O\rho\theta z$  з виділенням елементом потоку  $\Delta$  масою  $m$ . На виході із подавальної секції потік характеризується лінійною швидкістю  $v$ , що має осьову  $v_z = dz/dt$  та колову (тангенціальну)  $v_\theta = r \cdot d\theta/dt$  складові, а також кутом нахилу  $\beta$  потоку до площини нормального перетину. Згідно [1], для вертикальних швидкісних гвинтових конвеєрів ці параметри, із умови мінімізації енерговитрат на транспортування, визначаються за залежностями:

$$v_z = \frac{T\omega}{2\pi} \cdot \frac{1 - Sc}{1 + C_\beta}; \quad v_\theta = \omega \cdot r \cdot \frac{Sc + C_\beta}{1 + C_\beta}; \quad \operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{1 - Sc}{Sc + C_\beta}. \quad (1)$$

де  $T$  та  $r$  - крок та зовнішній радіус гвинтової спіралі;  $\alpha$  - кут підйому витка спіралі,  $\operatorname{tg} \alpha = T/2\pi r$ ;  $Sc$  та  $C_\beta$  - динамічний та кінематичний безрозмірні критерії подібності гвинтового транспортування, що пов'язані із параметрами та режимами роботи конвеєра, підбором яких досягаються рекомендовані значення -  $Sc = 0,4$ ;  $C_\beta = 0,2$  [1].

Оптимальна, з точки зору енергоємності, кутова швидкість гвинтового конвеєра становить [1]  $\omega = \sqrt{g \cdot \operatorname{tg} \alpha / (r Sc^2 C_\beta)}$ , з врахуванням чого, початкова вертикальна складова швидкості потоку на виході із подавальної секції буде  $v_{z0} = k_0 \sqrt{g r \operatorname{tg}^3 \alpha}$ , де  $k_0 \approx 1,8$ .

Завдяки обертовій складовій потоку і, відповідно, дії відцентрової сили, вантаж у інерційному русі ковзатиме в безгвинтовій зоні по поверхні кожуха і на виділений елемент  $\Delta$  масою  $m$  будуть діяти сили інерції із складовими  $R_\rho = m r \dot{\theta}^2$ ,  $R_\theta = -m r \ddot{\theta}$ ,  $R_z = -m \ddot{z}$ , сила ваги  $G_z = -m g$ , сила нормальної реакції поверхні кожуха  $N$  та сили опору від тертя із складовими

$F_{\theta} = -\mu N \cos \beta$  та  $F_z = -\mu N \sin \beta$ , де  $\mu$  - коефіцієнт сухого тертя вантажу по поверхні кожуха. Згідно принципу д'Аламбера, рівняння руху виділеного елемента  $\Delta$  буде

$$\begin{aligned} -N + mr\dot{\theta}^2 &= 0; \\ -\mu \cos \beta \cdot N - mr\ddot{\theta} &= 0; \\ -\mu \sin \beta \cdot N - mg - m\ddot{z} &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Для вертикальних конвеєрів раціональне значення кута підйому траси не перевищує 13-15°. В цьому випадку, з похибкою не більше 3%, що суттєво менше похибки встановлення значення  $\mu$ , приймемо що  $\cos \beta = 1$ .

Тоді із першого та другого рівнянь системи (2) отримуємо диференціальне рівняння

$$\ddot{\theta} + \mu\dot{\theta}^2 = 0, \quad (3)$$

з якого, із врахуванням початкового значення  $\dot{\theta}_0$ , отримуємо залежності кутових швидкості  $\dot{\theta}$ , прискорення  $\ddot{\theta}$  виділеного елемента  $\Delta$  та, відповідно, нормальної реакції кожуха  $N$ , як функції від часу

$$\dot{\theta} = \frac{\dot{\theta}_0}{1 + \mu \dot{\theta}_0 t}; \quad \ddot{\theta} = -\frac{\mu \dot{\theta}_0^2}{(1 + \mu \dot{\theta}_0 t)^2}; \quad N = \frac{m \dot{\theta}_0^2}{(1 + \mu \dot{\theta}_0 t)^2}. \quad (4)$$

Зміна кутового параметру розміщення вантажу  $\theta$  в часі, при його початковому значенню  $\theta = \theta_0$  при  $t = 0$ , запишеться залежністю

$$\theta = \theta_0 + \frac{\ln(1 + \mu \dot{\theta}_0 t)}{\mu}. \quad (5)$$

Із врахуванням того, що  $\sin \beta = \dot{z} / \dot{\theta}$  проводимо аналіз третього рівняння системи (2) відносно  $\dot{z}$  та  $z$ , який дозволяє встановити максимальну висоту підйому  $\Delta h$  виділеного елемента. Проте, із умови забезпечення неперервності подачі  $Q$  вантажу, має виконуватись умова

$$v_{z0} / v_{z \min} = \varphi_{\max} / \varphi,$$

де  $\varphi$  та  $\varphi_{\max}$  - відповідно номінальний та максимально допустимий коефіцієнти заповнення робочого простору конвеєра. Отже, за умови дотримання рекомендованих параметрів процесу  $Sc, C_{\beta}$  та кутової швидкості гвинтового конвеєра  $\omega$ , висота проміжку між секціями, через який може проходити вантаж без зриву потоку, визначатиметься як

$$s_{don} = K(\mu) \cdot r \operatorname{tg}^3 \alpha \cdot (1 - \varphi / \varphi_{\max}), \quad (6)$$

де  $K(\mu)$  - параметр, що залежить від коефіцієнту тертя вантажу до поверхні кожуха, максимальне значення якого не перевищує 1,2 при  $\mu < 0,1$  і менше 1 при  $\mu > 0,1$ .

В результаті проведених досліджень показана можливість секційного компонування довгомірних швидкохідних гвинтових конвеєрів з проміжними опорами. Для забезпечення стабільності їх роботи розроблені відповідні конструктивні рішення вузлів з проміжними опорами та елементами регульованого напрямлення потоку вантажу, які забезпечують можливість використання проміжних опор, в т.ч. для вертикальних гвинтових конвеєрів.

#### **Список використаних джерел**

1. Ловейкін В.С., Рогатинська О.Р. Вибір раціональних параметрів та режимів роботи вертикальних гвинтових конвеєрів // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. – Вип. 23, - Вінниця: ВДАУ, 2005. – С. 181-195.

**УДК 681.6**

#### **СУЧАСНІ ВИДИ ХОТЕНДІВ ДЛЯ 3D ПРИНТЕРА**

**В. О. ШАЛЕНКО**, к.т.н., доц.

**Б. В. КОРНІЙЧУК**, к.т.н., доц.

**А. А. МАСЛЮК**, асист.

*Київський національний університет будівництва і архітектури,  
м. Київ*

*E-mail: masliuk.aa@knuba.edu.ua*

Швидкі темпи розвитку та вдосконалення конструкційних особливостей 3D-принтерів на сьогодні маю багато різних видів хотендів, які використовуються у процесі 3D-друку. Вони можуть відрізнятися будовою, а також мати різноманітне призначення. Це зумовлене необхідністю друкувати різні моделі з пластику, які можуть мати різноманітні розміри та складну чи просту конструкцію[1].

Більшість з існуючих на сьогодні хотендів мають різноманітну будову але схожі за принципом роботи. При цьому у 3D-принтерах для друку використовується пластиковий пруток діаметром 1,75мм або 2,9мм. Такі екструдери мають характерну будову ( рис.1 ).

Екструдер складається з радіатора всередині якого розміщується термобар'єр через який подається нитка пластика до нагрівального блоку. До блока під'єднане сопло певного діаметру. Нитка плавиться та витікає через

отвір у соплі. Переміщуючись по певній траєкторії над поверхнею робочого столу принтера хотенд друкує модель з пластику[2].

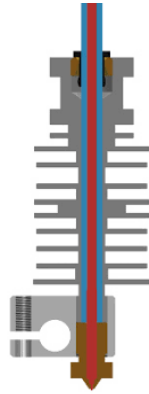


Рис. 1 Будова хотенда в розрізі

В залежності від майбутніх задач друку конструкція самого хотенда може відрізнятися. Змінюється форма та розміри самого радіатора для кращого відведення тепла, та уникнення передчасного розплавлення пластику. Також можуть змінюватися розміри блоку розігріву та саме робоче сопло, що може впливати на збільшення швидкості друку принтера. Існують такі системи хотенда де в будові самого радіатора реалізовано рідинне охолодження. Це дозволяє суттєво зменшити вагу самого хотенда та створює можливість герметично закривати середовище друку самої моделі в принтері.

Більш незвичайним та цікавим за конструкцією є рішення «Rolling Screw Extruder» - так званий шнековий екструдер (рис.2)[3].



Рис.3 Будова Rolling Screw Extruder

Будова такого хотенда вже набагато складніша ніж попередні. Сам радіатор об'єднаний з механізмом подачі пластикового прутка до розігрівуючого блока з соплом. Нижня платформа, як правило, нерухома і закріплюється на корпусі. Верхня частина обертається по колу і змушує обертатися направляючі ролики. Самі ролики мають будову гвинтового шнека, які нахилені під певним кутом по відношенню до нитки. При обертанні самих роликів витки змушують нитку рухатися до розігрітого сопла. Така конструкція хотенда дуже вдало підходить для реалізації у 3D-принтері системи директ



екструдер. При цьому виникає чудова можливість використовувати для друку різні за властивостями пластики.

Існує ще один цікавий хотенд, який побудований на основі шнекового екструдера (рис.3).



Рис. 3 Шнековий екструдер в зорі на каретці 3D-принтера

Він встановлюється на робочій каретці принтера у вертикальному положенні. Зверху такого хотенда розміщується бункер або гнучкий канал завантаження гранул пластику. Перед бункером розміщується електричний двигун, який через муфту з'єднується з валом шнека. На корпусі шнека встановлені нагрівачі елементи, які у процесі роботи розплавляють пластик всередині шнека. Розплавлений пластик витісняється шнеком через сопло на кінці екструдера. Переміщуючи екструдер над поверхнею робочого столу принтера друкуємо модель виробу. Така конструкція шнекового хотенда дозволяє друкувати великогабаритні 3D-моделі, при цьому є можливість застосовувати сопла з великими внутрішніми діаметрами.

#### Список використаних джерел:

1. 3D сфера, всё для 3D печати // [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://3dsfera.by/articles/osnovnye-vidy-plastika-primenyaemye-v-3d-pechatirec>.
2. Шаленко В.О., Маслюк А.А., Якименко С.Л. Складний 3D друк моделей з пластику. // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної онлайн конференції «Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України», присвяченої 20-й річниці з дня створення факультету конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К.: НУБіП України, 2021. – С. 65.
3. Електронний інтернет ресурс. Стаття - SPINNING THREADS PUT THE BITE ON FILAMENT IN THIS NOVEL EXTRUDER DESIGN. Режим доступу: <https://hackaday.com/2021/10/20/spinning-threads-put-the-bite-on-filament-in-this-novel-extruder-design/>

УДК 629.359, 681.513.1

## РОЗРОБКА ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ

**Ю. О. РОМАСЕВИЧ**, д.т.н., проф.,

**В. С. ЛОВЕЙКІН**, д.т.н., проф.,

**О. Ю. ЗАРІВНИЙ**, аспірант,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: romasevichyuriy@ukr.net, lovvs@ukr.net, Alex-zar@ukr.net*

Пристрій для транспортування малогабаритних вантажів являє собою платформу з двома колесами, які розміщені в одній площині обертання. Оскільки це нестабільна механічна система, то для балансування був обраний механізм зміщення заднього колеса відносно центрального положення з електричним приводом, це дозволяє здвигати центр ваги пристрою і цим впливати на рівновагу. Переднє колесо також має електричний привід повороту. Рух механізму здійснюється за рахунок використання мотор-колiс.

Перед початком побудови було розроблено концепцію і виконано моделювання пристрою і всіх механізмів в САПР Solidworks (рис. 1). Основним способом виготовлення деталей було обрано 3Д друк (пластик).

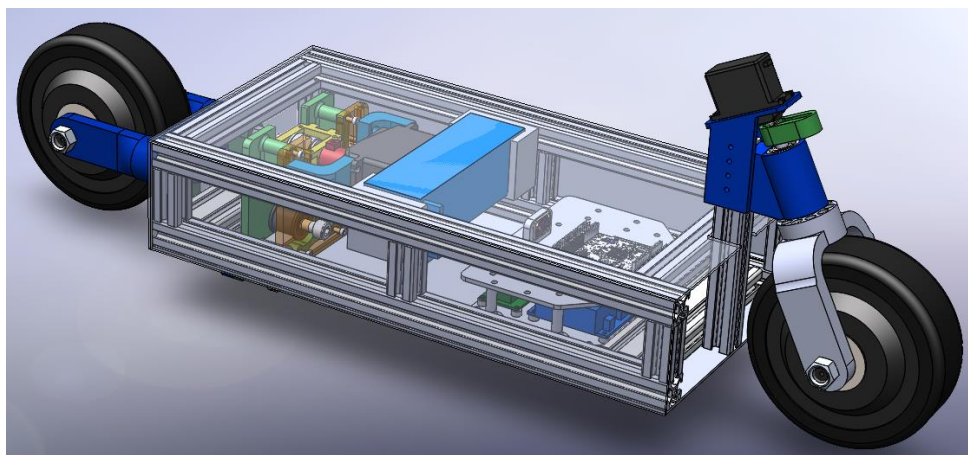


Рис. 1. Загальний вигляд комп'ютерної моделі пристрою в зборі

Після розробки комп'ютерної моделі виконано фізичну модель (рис. 2). Вона складається з рами (рис. 3), механізму стабілізації з сервоприводом на 60 кг, переднього поворотного колеса з сервоприводом на 20 кг, плати керування, драйверів для мотор-колiс, системи живлення з акумулятора і перетворювачів напруги для живлення сервоприводів і плати керування.

Рульова колонка виготовлена з болта М8 і двох підшипників 608.

Механізм стабілізації (рис. 4) має в своїй конструкції пасову передачу з зубчатим пасом 3М і шківками прямого приводу на плечі заднього колеса. В конструкції передбачений механізм натягу паса шляхом переміщення верхнього приводного шківки.

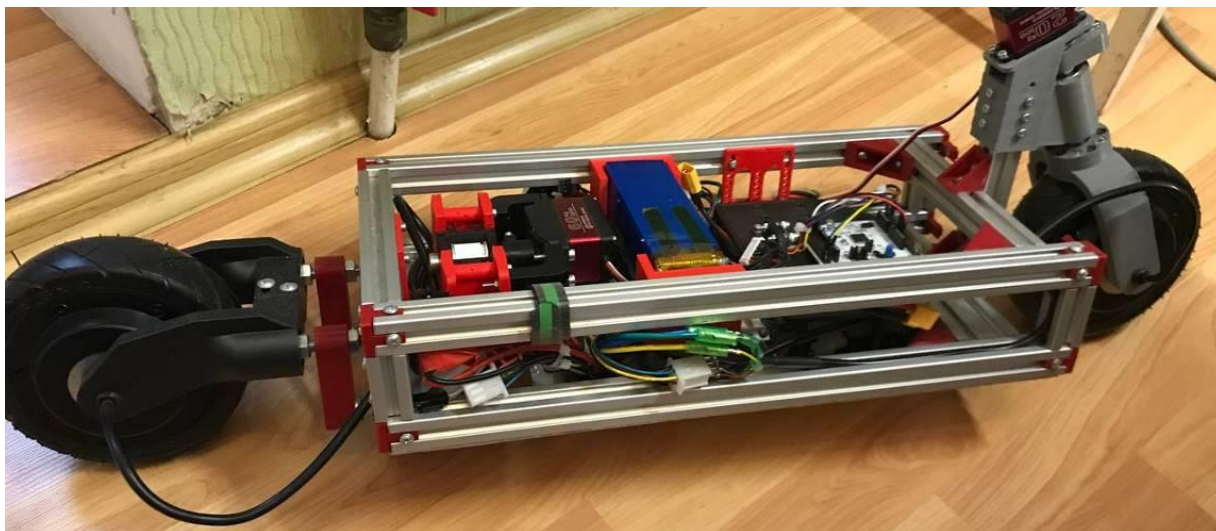
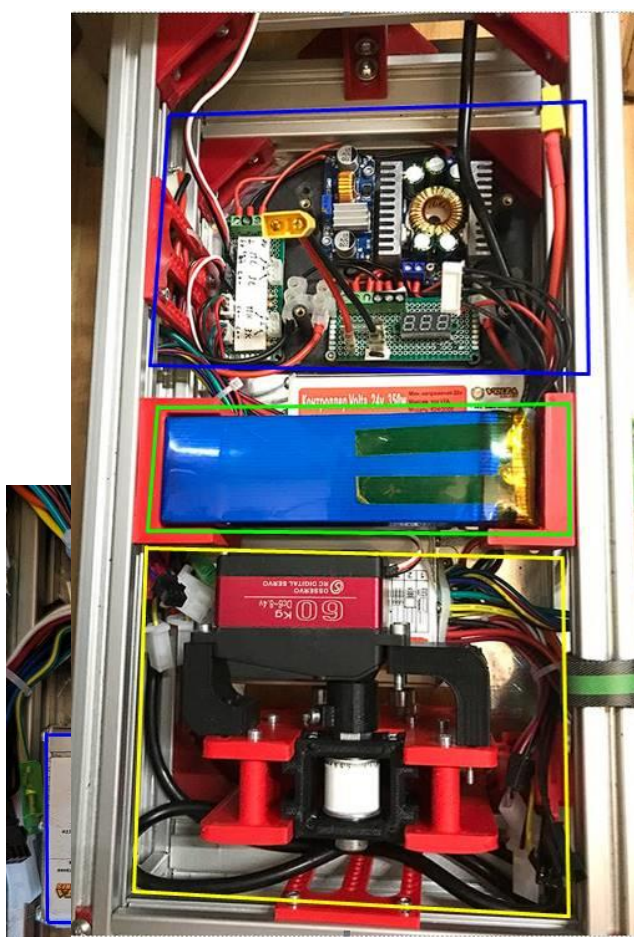
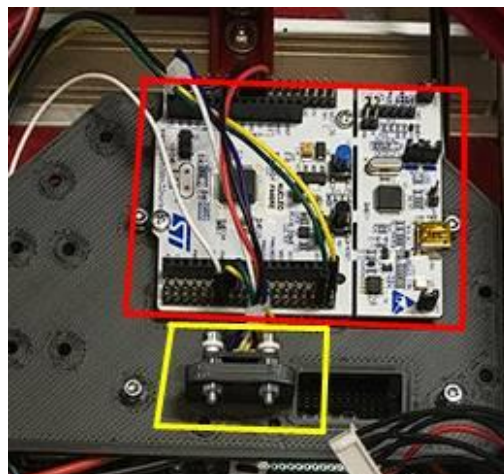


Рис. 2. Фізична модель пристрою



а)



б)

Рис. 3. Складові частини пристрою: а) перетворювачі напруги і плата опторозв'язки, кумулятор 22,2 вольта, сервопривод і пасова передача механізму балансування; б) плата керування, 6-осьовий датчик положення MPU9250 і драйвери мотор-коліс



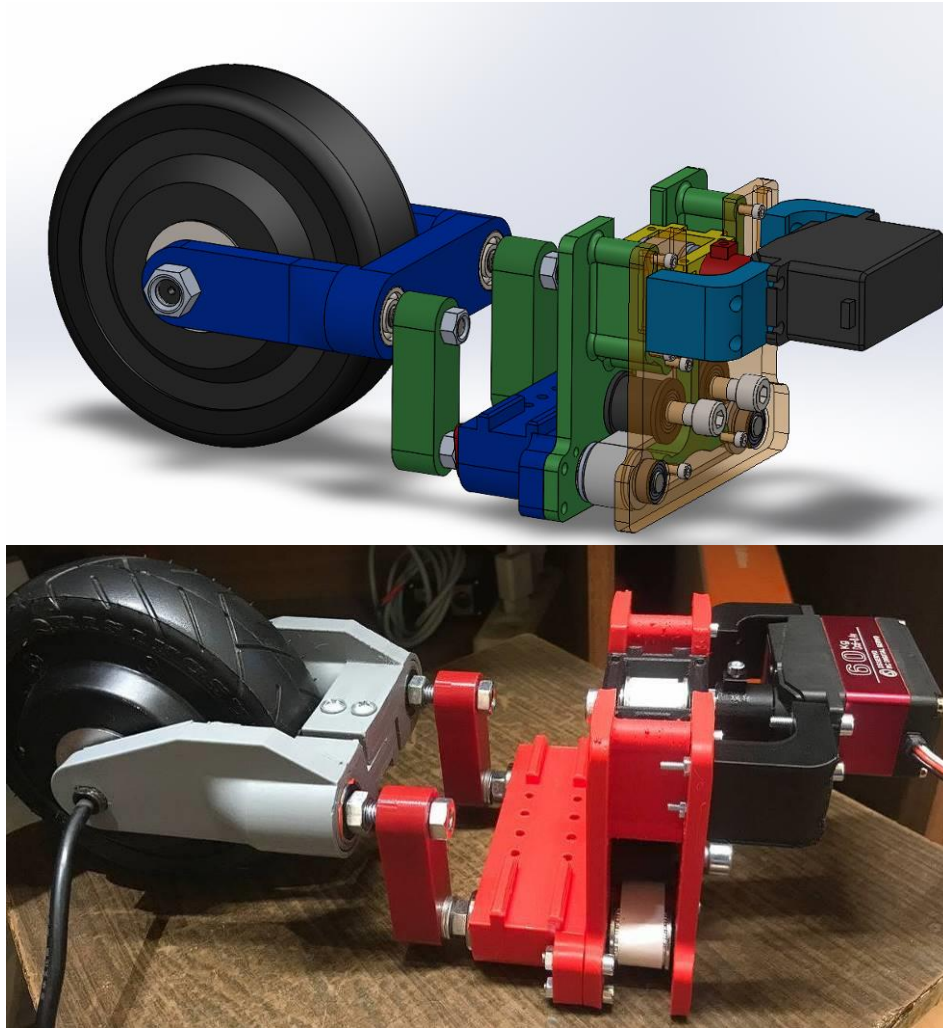


Рис. 4. Механізм стабілізації комп'ютерна модель і фізичне виконання

УДК 621.873.11

## АНАЛІЗ ПАТЕНТІВ СТОСОВНО ВДОСКОНАЛЕНЬ 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*

Баштові крани відіграють величезну роль, адже саме за допомогою них зводяться житлові комплекси та ніші об'єкти. Основне призначення баштового крана – виконувати переміщення вантажів, при цьому сам кран має бути стійким до погодних умов, та не піддаватися зовнішнім коливанням.

База патентів налічує величезну кількість вдосконалень механізму повороту баштового крана. Для подальшого аналізу обрано декілька найбільш раціональних, на нашу думку, варіантів патентів.

Патент на спосіб керування поворотним рухом поворотної частини баштового крана [1], автором якого є Седрік Юрашек, має в основі керування механізмом повороту баштового крана за допомогою встановлення електричного поворотного механізму. Електричний поворотний механізм (рис. 1) має в своїй конструкції редукторний блок електродвигуна з електродвигуном і редуктором, який керується за допомогою комп'ютера. В основу цієї конструкції покладено завдання покращення стабільності роботи механізму повороту крана, за рахунок того, що при поривах вітру електродвигун збільшує крутний момент повороту до того часу, коли цього буде достатньо для плавного повороту робочої частини крана. Даний спосіб встановлення електродвигуна спроможний збільшувати на 15% значення крутного моменту за умов непогоди.

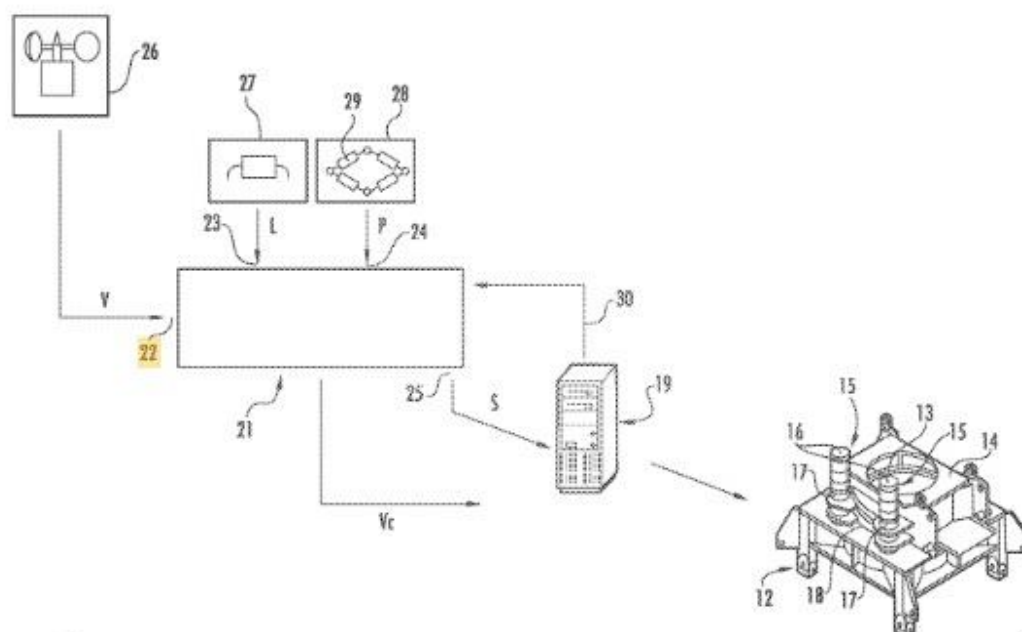


Рис. 1. Електричний поворотний механізм

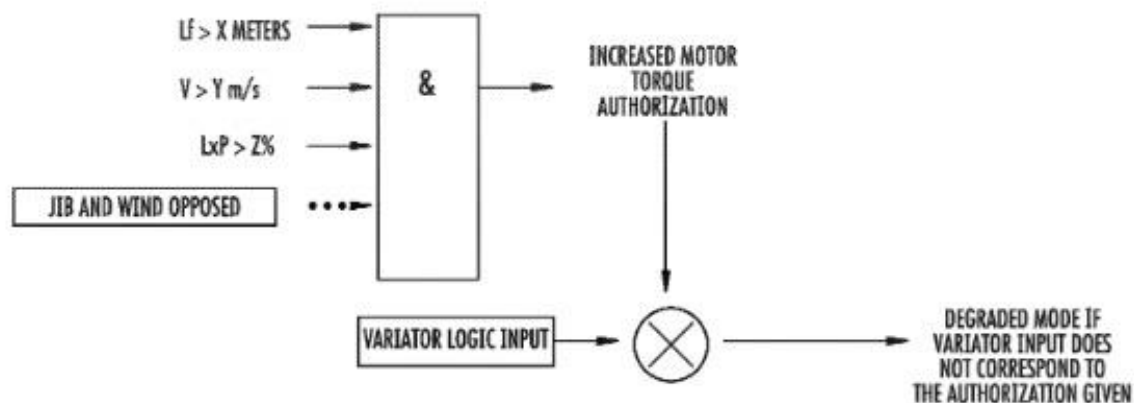


Рис 2. Логічна операція перевірки комп'ютером умов для роботи електричного поворотного механізму

Умови, що перевіряються: довжина стріли; швидкість вітру; момент навантаження від гранично допустимого значення. Даний спосіб підходить практично для всіх баштових кранів, та є універсальним для їх роботи.

Також ще один цікавий патент [2] способу керування рухом механізму повороту баштового крана запропонували Ловейкін В.С. і Кадикало І.О. Даний спосіб дозволяє поліпшити довговічність роботи баштового крана, за рахунок мінімізації коливань вантажу та зменшення навантажень в приводі. Автори представили оптимальний режим роботи баштового крана шляхом практичного підбору параметрів, які на це впливають, а саме: довжину підвісу вантажу; маси вантажу; тривалості процесу пуску; довжини вильоту вантажу. Кращий варіант режиму роботи, за даним патентом досягається за наступними показниками: номінальна швидкість повороту стріли – 0,07 рад/с, довжина гнучкого підвісу – 30 м, виліт вантажу – 40 м, час перехідного процесу – 15 с, маса вантажу – 2000 кг, прискорення вільного падіння – 9,8 м/с.

#### Список використаних джерел

1. Спосіб керування поворотним рухом поворотної частини баштового крана № US8235230B2. URL: <https://patents.google.com/patent/US8235230B2/en>
2. Спосіб керування рухом механізму повороту баштового крана № 131788. URL: <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/736599/#nav-biblio>

УДК: 621.867.42

#### РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ УДОСКОНАЛЕНОГО ШНЕКОВОГО КОНВЕЄРА

**В. Р. ПАНЬКІВ**, канд. техн. наук

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,  
Тернопіль, Україна*

*E-mail: pankiv@tntu.edu.ua*

В аграрному секторі виробництва сільськогосподарських культур, переробній та харчовій галузях промисловості, як правило, використовують механічні конвеєри, специфіка застосування яких зумовлена наявністю широкої гами технологічних процесів збирання та переробки продукції.

Проведений аналіз технологічних процесів і конструкцій робочих органів існуючих гвинтових конвеєрів (ГК) показав, що ні в одній із відомих конструкцій ГК не розглядається питання реалізації технологічного процесу, який би забезпечував одночасне транспортування та подрібнення коренеплодів одним «суцільним» гвинтовим транспортним механізмом [1].

Зважаючи на цей суттєвий технологічно-конструктивний недолік, ми на основі аналізу сучасного стану функціонування гвинтових транспортних



механізмів висунули наукову гіпотезу про існування передумов для проведення подальших досліджень, що спрямовані на розширення функціональних можливостей транспортних ГК шляхом розроблення та застосування енергозберігаючих і багатофункціональних комбінованих робочих органів ГК.

Реалізація такого технічного рішення в умовах виробництва забезпечить ефективне поєднання суміжних функціональних операцій як транспортування, так і одночасного подрібнення коренеплодів одним робочим органом ГК, який змонтовано в технологічній лінії, призначений для їх переробки, рис. 1.

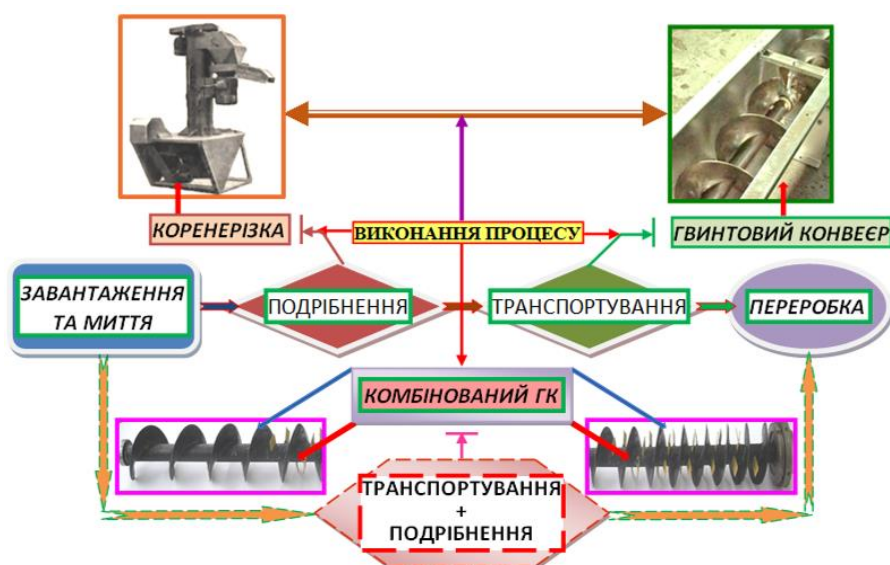


Рис. 1. Структурно-функціональна схема технологічного процесу підготовки та переробки коренеплодів

Для експериментального дослідження продуктивності роботи  $Q_{ek}^{(\alpha_{iy})}$  та питомих затрат споживчої потужності  $P_{ek}$  удосконаленого ГК було використано розроблений макетний зразок лабораторної установки, рис. 2.

Результати кодування змінних входних факторів, верхній і нижній рівень варіювання кожного фактора та інтервал його варіювання наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Результати кодування факторів та рівні їх варіювання

| Фактори                               | Позначення |          | Інтерв. варіюв. | Рівні варіювання, натуральні/кодовані |        |         |
|---------------------------------------|------------|----------|-----------------|---------------------------------------|--------|---------|
|                                       | Натуральні | Кодовані |                 |                                       |        |         |
| Частота обертання шнека $n_k$ , об/хв | $X_1$      | $x_1$    | 100             | 100/-1                                | 200/0  | 300/+1  |
| Діаметр шнека $D_k$ , м               | $X_2$      | $x_2$    | 0,04            | 0,12/-1                               | 0,16/0 | 0,2/+1  |
| Крок шнека $T_1$ , м                  | $X_3$      | $x_3$    | 0,03            | 0,05/-1                               | 0,08/0 | 0,11/+1 |

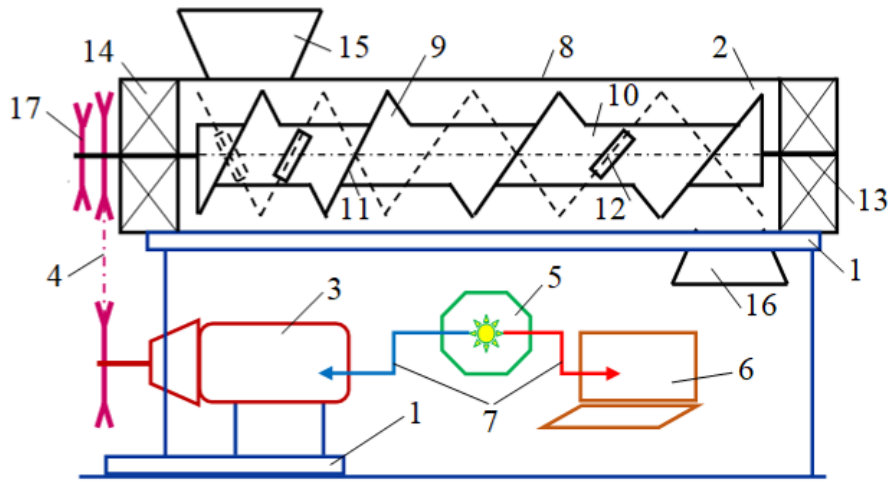


Рис. 2. Конструктивна схема лабораторної установки: 1 – рама; 2 – удосконалений ГК; 3 – електродвигун; 4 – клинопасова передача; 5 – керуючий пристрій Altivar 71; 6 – комп'ютер; 7 – комутаційне з'єднання; 8 – кожух; 9 – шнек; 10 – барабан; 11 – спіральний виток; 12 – ніж; 13 – вал; 14 – підшипникова опора; 15, 16 – завантажувальна та вивантажувальна горловина; 17 – шків

Після оцінювання статистичної значущості коефіцієнтів та перевірки адекватності рівняння регресії, отримано емпіричну модель, яка характеризує функціональну зміну продуктивності роботи  $Q_{ke}$  у натуральних величинах

$$Q_{ke} = 0,81 + 0,61 \ln(n_k) + 1,33 \ln(D_k) + 0,31 \ln(T_1). \quad (1)$$

При цьому домінуючими факторами, які мають значний функціональний вплив на приріст продуктивності роботи  $Q_{ke}$  удосконаленого ГК є частота обертання  $n_k$  шнекового конвеєра та діаметр  $D_k$  шнекового конвеєра, що характерно графічній інтерпретації залежностей зміни продуктивності роботи  $Q_{ke}$  як функціонал  $Q_{ke} = f_Q(n_k)$  та  $Q_{ke} = f_Q(T_1)$ , рис. 3, рис. 4.

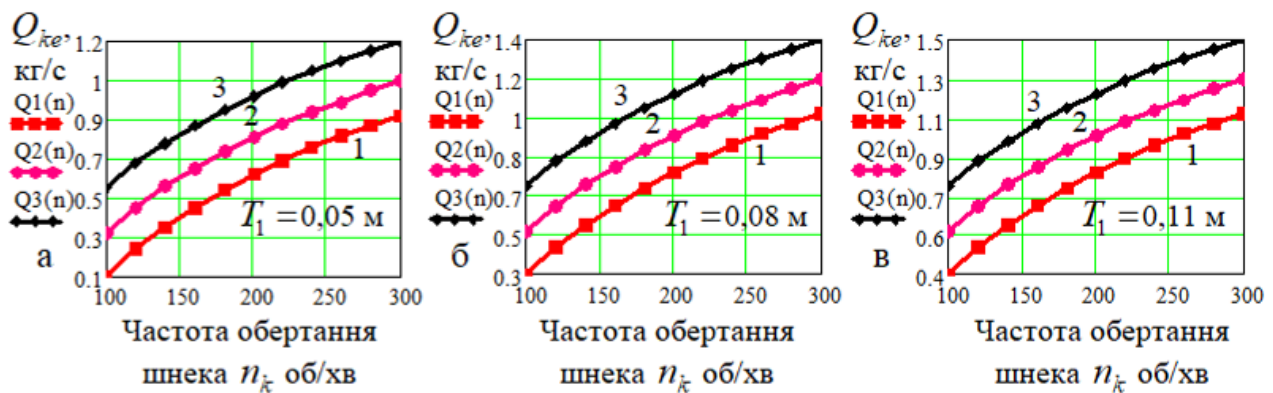


Рис. 3. Залежність зміни продуктивності роботи  $Q_{ke}$  як функціонал  $Q_{ke} = f_Q(n_k)$ : а –  $T_1 = 0,05$  м; б –  $T_1 = 0,05$  м; в –  $T_1 = 0,05$  м; 1 –  $D_k = 0,12$  м; 2 –  $D_k = 0,16$  м; 3 –  $D_k = 0,2$  м

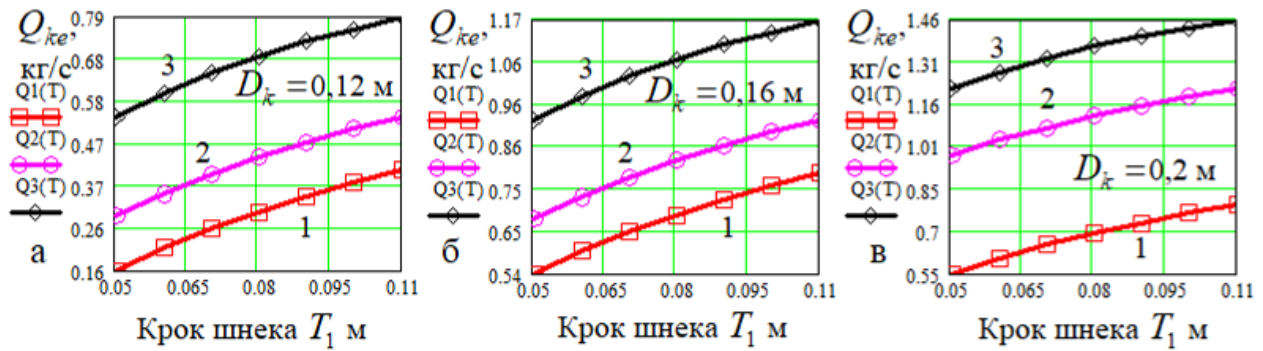


Рис. 4. Залежність зміни продуктивності роботи  $Q_{ke}$  як функціонал  $Q_{ke} = f_Q(T_1)$ : а –  $D_k = 0,12$  м; б –  $D_k = 0,16$  м; в –  $D_k = 0,2$  м; 1 –  $n_k = 100$  об/хв; 2 –  $n_k = 200$  об/хв; 3 –  $n_k = 300$  об/хв

За збільшення діаметра  $D_k$  шнекового конвеєра в межах від 0,12 до 0,2 м продуктивність роботи  $Q_{ke}$  удосконаленого ГК збільшується в середньому на 0,3...0,4 кг/с, а за збільшення частоти обертання  $n_k$  шнекового конвеєра від 100 до 300 об/хв – в середньому на 0,6...0,8 кг/с, рис. 3, рис. 4.

Тобто найбільш вагомі значення приросту продуктивності роботи  $Q_{ke}$  удосконаленого ГК отримано за зміни частоти обертання  $n_k$  шнекового конвеєра в межах від 100 до 300 об/хв.

Значення приросту продуктивності роботи  $Q_{ke}$  удосконаленого ГК в межах збільшення кроку  $T_1$  першого спірального витка шнекового конвеєра від 0,05 до 0,11 м дуже незначне – середнє значення приросту  $Q_{e,k}$  знаходиться в межах 0,1...0,15 кг/с, що є несуттєвим збільшенням продуктивності роботи  $Q_{ke}$  ГК у заданому діапазоні зміни  $T_1$

### Список використаних джерел

1. Барановський В.М., Соломка В.О., Онищенко В.Б. (2001). Вибір параметрів при конструюванні гвинтового конвеєра. Вісник ХДТУСГ, 2(8): 209–215.

УДК: 631.356.2

## АЛГОРИТМИ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНО-ОЧИСНИХ МОДУЛІВ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

**М. Р. ПАНЬКІВ**, канд. техн. наук, доцент  
*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,  
Тернопіль, Україна  
E-mail: pankiv@tntu.edu.ua*

Наукові дослідження, які регламентують розробку наукових концепцій та алгоритмів побудови, функціонування та сфери застосування основних транспортно-технологічних систем сільськогосподарських машин частково ґрунтуються на методах і принципах, які викладених у багатьох наукових працях. За основу розробки техніко-математичних моделей технологічних об'єктів використанні загальні положення, які описують сутність базисних статично-кінематичних і динамічних елементів розробки у вигляді функціональних залежностей, які характеризують технологічні процеси агропромислового комплексу: обробіток ґрунту, посів культур, догляд за посівами, захист культури, збирання врожаю, транспортування матеріалу, переробку сировини тощо.

Складовою та однією з пріоритетних частин загальних аспектів функціонування коренезбиральних машин є методологія та методи розробки наукових концепцій і гіпотез математичного моделювання транспортно-технологічних очисних систем коренезбиральних машин і оптимізація технологічного процесу відокремлення домішок від крупних коренеплодів [1].

При цьому, методологія та методи розробки сформульовані на основі застосування в конструктивно-технологічній схемі коренезбиральних машин адаптованих транспортно-технологічних моноблочних базових систем викопування коренеплодів, очищення викопаного вороху коренеплодів від домішок і завантаження коренеплодів.

Видатним вченим, засновником основ теорії технічної механіки, яка моделює процеси аграрної інженерії, професором П. Василенком було розроблено основи аспектів функціонування робочих органів та методи побудови механіко-математичних моделей, які дозволяють проводити оптимізацію параметрів робочих органів під час взаємодії компонентів викопаного вороху з робочими поверхнями коренезбиральних машин.

М. Волоха констатує, що методологічним питанням аналізу технічних систем, які призначені для збирання коренеплодів є першочергове визначення впливу факторів на вихідні параметри стохастичних об'єктів дослідження. При цьому для їх дослідження пропонується застосовувати статистичне дворівневе моделювання (рис. 1) та агентне моделювання, а факторний аналіз є складовою багатомірного статистичного аналізу, який реалізується на основі розробленої

схеми проведення факторного аналізу, рис. 2.

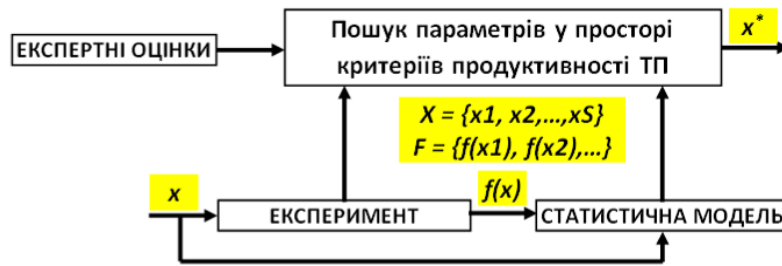


Рис. 1. Структура постановки задачі дворівневого моделювання

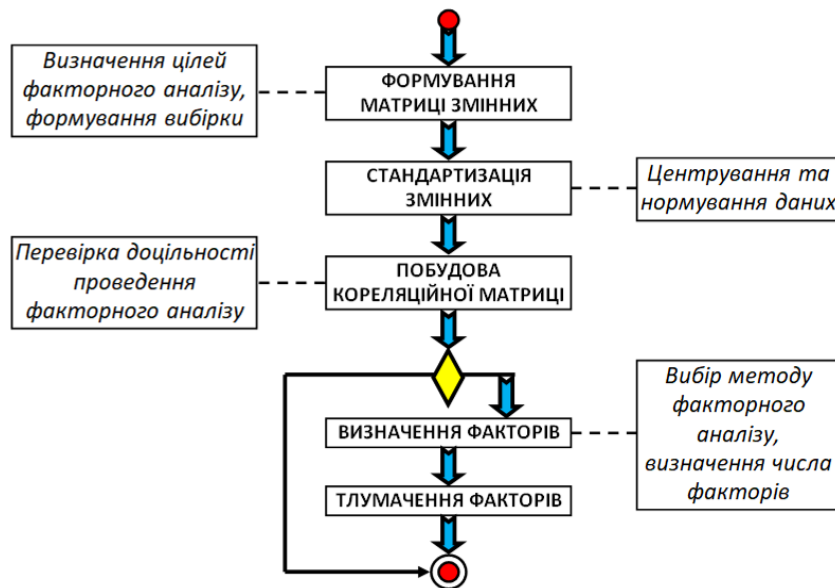


Рис. 2. Узагальнена схема проведення факторного аналізу

Розроблена агентна модель об'єднує одночасно три типи агентів, які утворюють технічну систему «робочий орган-грунт-матеріал», при цьому агенти у створеній моделі моделюють робочі органи машини, які впливають на середовище обробки для досягнення необхідних показників якості роботи.

Рядом вчених запропоновано алгоритм трансформації робочих органів коренезбиральних машин (рис. 3), в основу розробки якого було покладено концептуальні принципи наявності певної послідовності евристичних прийомів нижчих рівнів, або їх трансформації виконувати декілька суміжних різнопланових технологічних операцій [2].

Сутність алгоритму трансформації двох робочих органів  $P'$  і  $P''$  (рис. 1.27), що здійснюють у прототипі дві суміжні технологічні операції, полягає у виявленні для ланок (елементів)  $3'$  і  $3''$ , з яких складаються ці робочі органи, характерних властивостей  $C$  і  $C''$ , позитивних  $ПЕ'$  і  $ПЕ''$  і небажаних  $НЕ'$  і  $НЕ''$  ефектів.

Академік Л. Погорілий розробив комплекс наукових положень, які характеризують механіко-технологічні основи удосконалення механізованих процесів збирання коренеплодів і запропонував методи всебічного наукового обґрунтування процесу випробувань, які забезпечують безперервність і єдність



інформаційного процесу створення та удосконалення техніки й технологій для сільськогосподарського виробництва.

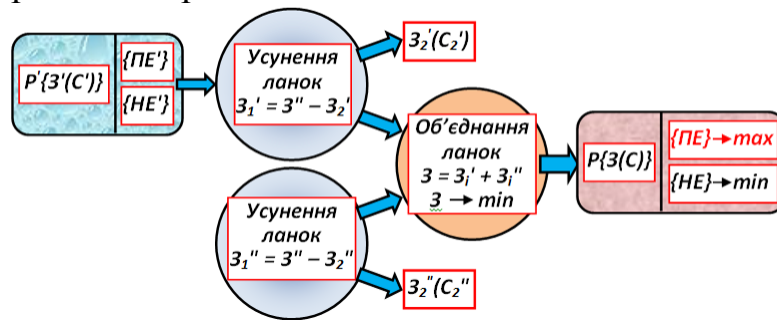


Рис 3. Алгоритм розробки багатофункціональних робочих органів і їх трансформації

Він висунув гіпотезу, що в загальному випадку якість об'єкту дослідження може визначатися сукупністю взаємозв'язаних показників, що є близькою відповідністю загальним аспектам роботи очисних систем сучасних коренезбиральних машин. Сутність гіпотези полягає в тому, що показники якості  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_i$  (рис. 4а) визначаються простором якості об'єкту дослідження, наприклад  $P$ , при цьому множина показників якості утворює в просторі  $P$  область допустимих меж граничних значень станів об'єкту  $\Omega_0$ , або метод багатостадійної оптимізації складних технічних систем сільськогосподарських машин, в тому числі і технічних засобів для збирання коренеплодів, рис. 4б.

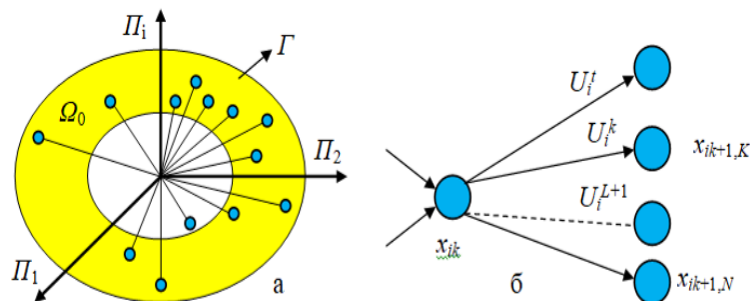


Рис. 4. Графічна інтерпретація: а – визначення простору якості; б – схема розробки математичної моделі багатостадійної оптимізації

Ці граничні значення, або межа значень утворюють граничну поверхню  $\Gamma$ , при цьому критерій оптимізації, який задовольняє умову згідно з агротехнічними вимогами записано у вигляді  $\Pi \in \Omega_0$ , тобто параметр якості знаходиться в встановлених межах, а пересічення траєкторією  $\Pi$  граничної поверхні  $\Gamma$  в напрямку зовнішньої нормалі є станом, коли об'єкт виходить за межі допустимої якості.

### Список використаних джерел

1. Рамш В.Ю., Барановський В.М., Паньків М.Р., Герасимчук Г.А. (2011). Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів. Наукові нотатки, 31: 298–305.

2. Baranovsky V.M. (2008). Rezultaty teoretychno-eksperymentalnykh doslidzhen sekundnoi podachi vorokhu koreneplodiv. Mekhanizatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva, 1: 111 – 120.

УДК 631.333

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДООБРІЗЧИКА ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ

**В. В. ТЕСЛЮК**, доктор сільськогосподарських наук, професор

**В. М. ДОЛЮК**, студент магістратури

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**В. М. БАРАНОВСЬКИЙ**, доктор технічних наук, професор

*Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя*

*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 ґрунтових умовах [1].

Метою магістерської роботи є підвищення технологічної ефективності збирання коренеплодів шляхом розробки та обґрунтування параметрів пасивного дообрізчика залишків гички.

Для підвищення показників якості збирання гички коренеплодів запропоновано удосконалити 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].

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.

Відповідно до поставлених задач програма експериментальних досліджень включає визначення ступеня пошкодження коренеплодів від зміни імпульсного динамічного навантаження з різними поверхнями співудару.

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 запропонованого дообрізчика залишків гички на головках коренеплодів дозволить знизити затрати праці за рахунок підвищення ступеня 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 62-347**

## **ПРИВОД АКТИВНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ҐРУНТООБРОБНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МАШИНИ**

**П. І. ДЕМ'ЯНЧУК**, студент магістратури,  
**П.С. ПОПИК**, кандидат технічних наук, доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Сучасні сільськогосподарські машини для суцільного обробітку ґрунту обладнані робочими органами жорстко закріпленими на поводках приєднаних до рами машини. Такі робочі органи в процесі руху можуть тільки копіювати поверхню ґрунту у вертикальній площині і не виконують активних рухів для

руйнування ґрунту з метою зменшення тягового опору машин-тракторних агрегатів і збільшення продуктивності їх роботи. Це є недоліком даних машин.

Для створення активного приводу робочого органу сільськогосподарської машини можна використати наявну гідросистему трактора обладнану додатковими пристроями.

На рис.1 представлено запропонований привод робочого органу сільськогосподарської машини.

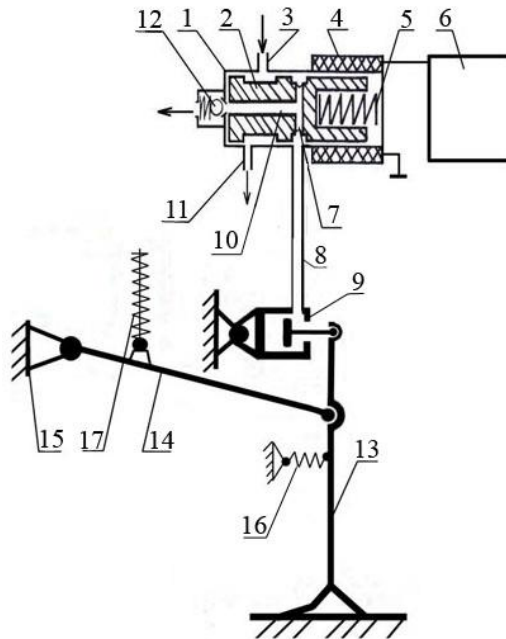


Рис. 1 Схема приводу активного робочого органу сільськогосподарської машини.

Привод складається з розподільника, що має корпус 1 і золотник 2. Золотник рухається в корпусі 1 під дією електромагніту 4 і пружини 5. В розподільник олива надходить з гідросистеми трактора через трубопровід 3. Коли золотник знаходиться в нейтральному положенні (лівому) під дією пружини, олива видаляється з розподільника на злив через трубопровід 11.

До гідроциліндру 9 олива надходить по трубопроводу 8 через проточку золотника при його переміщенні в робоче (праве) положення електромагнітом. Роботою електромагніту керує електронний блок керування 6.

З гідроциліндра олива видаляється через радіальний 7, осьовий 10 канали золотника розподільника і зворотний клапан 12.

Шток гідроциліндру приєднано до верхньої частини робочого органу 13 машини. Сам робочий орган з'єднано шарнірно з поводком 14 який опирається на поперечний брус 15 рами машини.

В переднє положення робочий орган переміщається за рахунок пружини 16. Для копіювання поверхні поля в вертикальній площині поводок навантажено пружиною 17.

Привод працює наступним чином. При роботі машино-тракторного агрегату олива з гідросистеми трактора через трубопровід 3 надходить до розподільника. Якщо золотник 2 знаходиться в нейтральному положенні, олива з порожнини корпусу 1 зливається через трубопровід 11.

При переміщенні золотника в робоче положення електромагнітом 4 олива з каналу 3 через проточку золотника 2 і трубопровід 8 потрапляє в надпоршневую порожнину циліндра 9. Шток циліндру переміщаючись в заднє положення до упору повертає лапу 13 проти годинникової стрілки відносно шарніру поводка 14, розтягуючи пружину 16.

В нейтральне положення золотник переміщається пружиною 5 коли зникає сигнал на електромагніт 4 з блоку керування 6. Олива з гідроциліндру через трубопровід 8, радіальний 7, осьовий 10 канали і зворотний клапан 12 видаляється на злив. При цьому пружина 16 повертає лапу в переднє положення. Далі цикл повторюється.

Частота з якою спрацьовує електромагніт задається блоком керування.

Таким чином, коливання лапи забезпечує активне руйнування ґрунту, що зменшує тяговий опір машино-тракторного агрегату.

### **Список використаних джерел**

1. Сільськогосподарські і меліоративні машини. Під ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища школа, 2004 – 544 с.
2. Патент 53653 Україна МПК А01В 35/00. Привод активного робочого органу сільськогосподарської машини / Топчій С.І., Попик П.С., заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – u 2010 05111; заявл. 27.04.2010; опубл. 11.10.2010р. Бюл. №19.



**Секція 6 «*Новітні матеріали і технології в  
сільськогосподарському  
машинобудуванні*»**

**УДК 669.14.018.25:620.18:539.374**

## **СИСТЕМАТИЗАЦІЯ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА**

**Є. Г. АФТАНДІЛЯНЦ**, доктор технічних наук, професор  
**Національний університет біоресурсів і природокористування України**  
*E-mail: aftyev@yahoo.com*

Із багатьох існуючих методів отримання біметалевих виливків можна виділити чотири основні групи процесів, найбільш поширених у практиці ливарного виробництва, які характеризуються загальними технологічними прийомами:

- одночасне або послідовне заливання рідких сплавів в форму з відокремлюючою перегородкою;
- послідовне заливання в форму рідких сплавів;
- наморожування металу із розплаву на тверду заготовку;
- заливання рідкого металу на тверду заготовку, попередньо розташовану в ливарній формі.

Зазначені групи методів відрізняються температурними режимами процесів, характером підготовки металів, що з'єднуються, складом захисного середовища та покриттів, впливом на процес електромагнітних полів, вібрації, ультразвуку та інше. Для всіх розглянутих вище способів отримання біметалевих виливків на основі заліза з деякими припущеннями можна запропонувати класифікацію, наведену на рис. 1

**УДК 669.14.018.25:620.18:539.374**

## **ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ БІМЕТАЛЕВИХ ПАР ДЛЯ РОБОТИ В УМОВАХ АБРАЗИВНОГО ТА УДАРНО-АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ**

**Є. Г. АФТАНДІЛЯНЦ**, доктор технічних наук, професор  
**Національний університет біоресурсів і природокористування України**  
*E-mail: aftyev@yahoo.com*

Високі вимоги, що висуваються до біметалевих виливків, обумовлюють необхідність визначення оптимального хімічного складу сплавів робочого шару і металу - основи, що забезпечує необхідні властивості відповідно до умов експлуатації та видів зношування. Одною з основних вимог до структури зносостійких сплавів є гетерогенність, яка дозволяє отримувати заданий комплекс властивостей. Оскільки більш м'які складові в процесі тертя

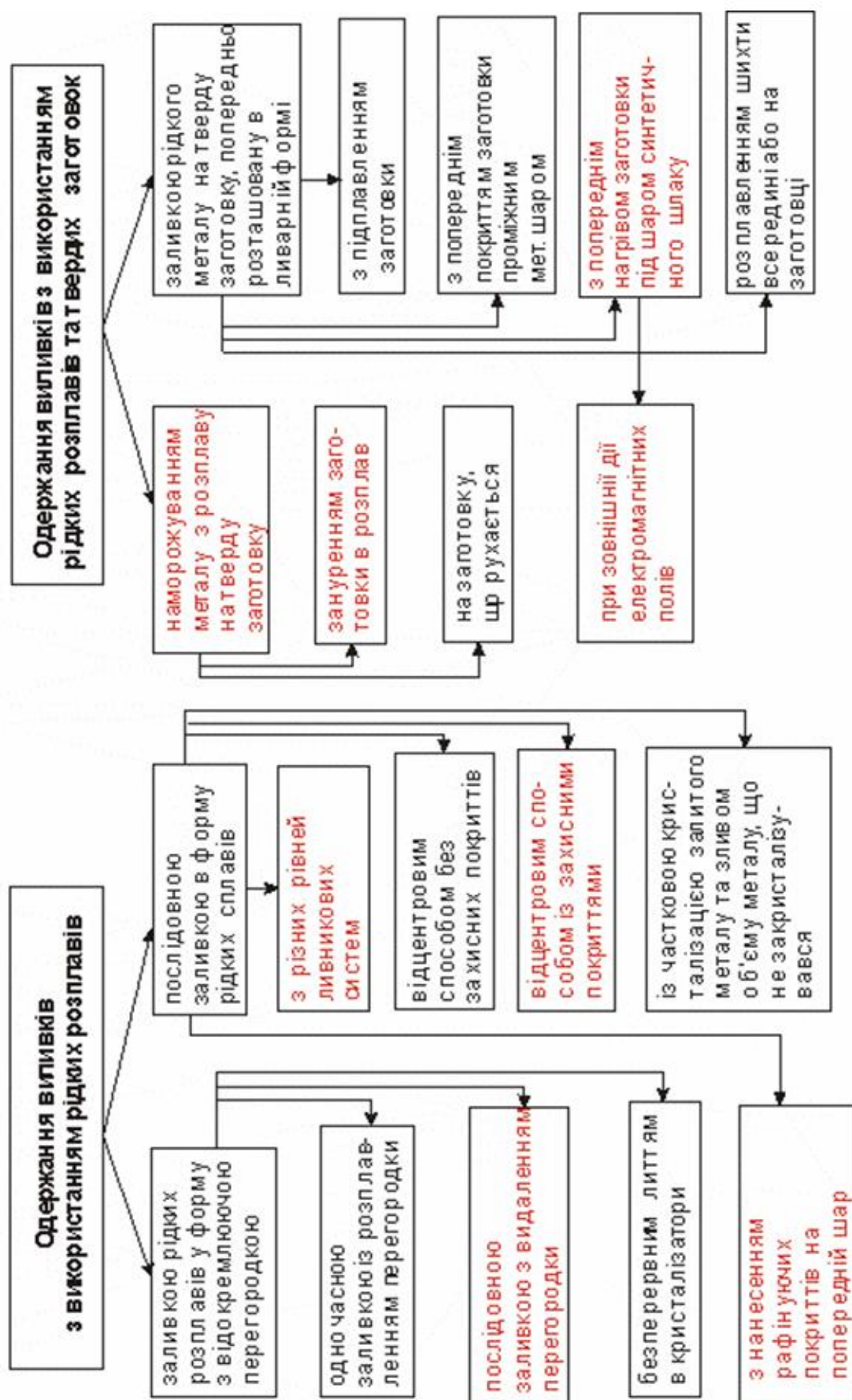


Рис. 1. Класифікація способів отримання біметалевих виливків на основі заліза

зношуються сильніше, питоме навантаження збільшується на більш зносостійкі фази структурних складових і зменшується на менш зносостійкі. Основний внесок у опір матеріалу зношуванню роблять більш тверді складові – карбіди. Для виготовлення деталей, які працюють в умовах інтенсивного абразивного та ударно-абразивного зношування, найбільш широко використовуються комплекснолеговані білі чавуни. Легуючі елементи значною мірою визначають тип карбідів і металеву основу білих чавунів. Одним з основних легуючих елементів білих чавунів є хром. Вміст хрому в білих чавунах більше 10% призводить до утворення в їх структурі первинного карбіду тригонального типу  $(Cr, Fe)_7C_3$ . Карбіди  $Me_7C_3$  більш тверді та дисперсні ніж  $Me_3C$ , що забезпечує чавунам з карбідами першого типу більш високу зносостійкість і міцність по зрівнянню з перлітними та ледебуритними чавунами. Мікротвердість карбідів  $Me_7C_3$  значно перевищує мікротвердість цементиту. Максимальну зносостійкість мають білі чавуни з 12-24% хрому.

Найбільш високі значення механічних властивостей і зносостійкості чавуну визначаються оптимальним співвідношенням у ньому вмісту хрому та вуглецю, які формують карбідну фазу. Найбільш високі властивості мають доєвтектичні та евтектичні чавуни. В заєвтектичних чавунах при кристалізації утворюються крупні голкоподібні карбіди  $Me_{23}C_6$ , які знижують зносостійкість і особливо міцність виливків. Тому хімічний склад чавуну необхідно підбирати таким чином, щоб він не був заєвтектичним. Максимуму зносостійкості хромистих чавунів відповідає щільна евтектична структура з максимальною кількістю карбідів. При вмісті в чавунах 12-20% хрому сплави стають заєвтектичними при концентрації вуглецю більш 3,5%, а при 25-30% хрому – більш 2,6%.

Збільшення розмірів карбідів призводить до зниження зносостійкості. При однаковій кількості карбідів чавун з карбідами пластинчастої та скелетоподібної форми має більшу зносостійкість, ніж з кулястими карбідами. Карбіди в процесі зношування не повинні викришуватися, тобто кількість та властивості більш м'якої і менш зносостійкої складової повинні забезпечувати надійне утримання карбідів. Оптимальний тип структури металевої основи залежить від величин питомого тиску та ударних навантажень. При низьких питомих тисках, коли характер зносу наближається до ерозії, максимальну зносостійкість має мартенситна металева основа, твердість якої наближається до твердості карбідів (10000 – 11500 МПа). При високих питомих тисках і ударних навантаженнях доцільна аустенітна металева основа. Таким чином, металева основа білих чавунів повинна бути достатньо міцною, щоб не руйнуватися при прикладанні навантажень, зносостійкою, щоб чинити опір стиранню, та достатньо в'язкою, щоб перешкодити викришуванню карбідів. Найбільш оптимальною в цьому відношенні є аустеніто - мартенситна металева основа, оскільки мартенсит надає значний опір зношуванню, а аустеніт перешкоджає викришуванню карбідів.

Присутність в структурі металевої основи навіть невеликої кількості м'яких продуктів розпаду аустеніту різко знижує зносостійкість чавуну.

Подавлення перлітного перетворення пов'язано з додатковим легуванням чавуну та проведенням термічної обробки. Для зносостійких легованих чавунів недостатня прогартованість будь-якого перерізу означає і недостатньо високу твердість на поверхні та всередині виливки. При недостатній прогартованості неможливо забезпечити необхідну структуру металевої основи чавуну і, як наслідок, високу зносостійкість. Тому прогартованість необхідно розглядати як одне з основних властивостей, що визначає зносостійкість білих чавунів.

При збільшенні вмісту вуглецю прогартованість чавуну знижується, що пов'язано з збідненням твердого розчину хромом і молібденом внаслідок утворення карбідів. Молібден підвищує зносостійкість чавунів не тільки завдяки подавленню перлітного перетворення, тобто підвищенню прогартованості, але й в результаті подрібнення карбідів  $Me_7C_3$ , які у високохромистих чавунах без молібдену звичайно бувають крупними. Крім цього, молібден підвищує корозійну стійкість хромистих чавунів при його вмісті до 2%. Для отримання високої зносостійкості вміст молібдену в хромистих чавунах (12-20% Cr) не повинен перевищувати 1,5 – 2,5%. Збільшення вмісту кремнію знижує прогартованість. Тому для забезпечення задовільної прогартованості та високої зносостійкості білих чавунів, а також для уникнення графітоутворення вміст кремнію не повинен перевищувати 0,7-1,0%. Марганець застосовують як активний стабілізатор аустеніту і порівняно недорогий легуючий елемент. При концентрації в хромистих чавунах 4,8-5,2% марганцю забезпечується достатньо висока твердість та зносостійкість. В структурі металевої основи при такому вмісті марганцю переважає мартенсит. При концентрації марганцю вище 5,6% в результаті зниження мартенситної точки металева основа містить значну кількість залишкового аустеніту, що викликає зменшення зносостійкості. Для отримання максимальної зносостійкості вміст марганцю в хромистих чавунах має знаходитися в межах 3,5-4,0%. Максимальне підвищення прогартованості високохромистого чавуну досягається при сумісному його легуванні марганцем і молібденом. При відсутності марганцю практично весь молібден зв'язаний у карбіди і лише невелика його частина розчиняється в аустеніті, перешкоджаючи перлітному розпаду при термічній обробці. Введення одночасно з молібденом марганцю призводить до збагачення молібденом твердого розчину, що гальмує перлітне перетворення. Марганець не впливає на мікротвердість карбідів і мартенситу. Надмірне підвищення вмісту марганцю призводить до зменшення кількості карбідів із-за підвищеної граничної розчинності вуглецю в аустеніті і, як наслідок, зниження зносостійкості. Марганець, входячи в карбідну фазу, витискує з неї хром і таким чином підвищує стійкість легованої матриці. Нікель є одним з основних елементів, які вводять у білі зносостійкі чавуни для подавлення перлітного перетворення.

До матеріалу металу-основи пред'являються підвищені вимоги до механічних властивостей (границя міцності, границя плинності, ударна в'язкість та ін.). В якості матеріалу металу-основи найбільш доцільно використовувати низьколеговані (до 2-3% легуючих елементів)



хромомарганцовисті, хромомолібденові та інші сталі, які поряд з високими механічними властивостями мають підвищені показники зносостійкості.

При збільшенні вмісту вуглецю підвищуються твердість і міцність та зменшуються пластичність і в'язкість. Марганець підвищує зносостійкість сталі. Крім цього, марганець та кремній розчиняються у фериті і підвищують його твердість та міцність. Молібден суттєво збільшує міцність сталі, зміцнюючи феритну основу і підвищуючи дисперсність структури, а також знижує схильність сталі до відпускнуї крихкості. Хром підвищує зносостійкість та міцність сталей. Нікель підвищує міцність сталі при одночасному збільшенні пластичності та в'язкості, зменшує чутливість до концентраторів напружень та знижує температуру порогу холодноламкості. Легування сталей невеликою кількістю титану, ванадію, ніобію (0,05-0,15%) подрібнює зерно, що знижує поріг холодноламкості та чутливість до концентраторів напружень. При більшому вмісті цих елементів опір сталі крихкому руйнуванню зменшується внаслідок виділення великої кількості карбідів по границях зерен.

У випадках, коли метал-основа виконує переважно технологічні функції (основа для кріплення до корпусу, конструктивним елементам обладнання та інше) доцільно використовувати низьковуглецеві сталі, які мають високі показники пластичних властивостей, ударної в'язкості, опору утомленості, надійну зварюваність, низький поріг холодноламкості. Відсутність значних ударних навантажень дозволяє використовувати в якості металу-основи середьовуглецеві сталі, які по зрівнянню з низьковуглецевими мають більш високу міцність при більш низькій пластичності. В умовах підвищених вібрацій та ударно-динамічних навантажень у якості металу-основи раціонально використовувати матеріали, що мають високі демпфіруючі властивості.

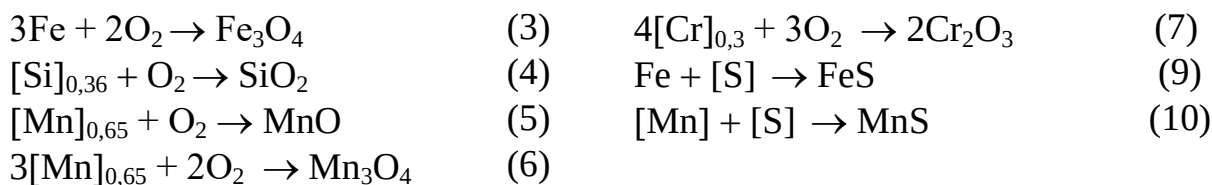
**УДК 621.78**

## **УТВОРЕННЯ ОКСИДІВ НА МІЖФАЗНИХ ПОВЕРХНЯХ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ**

**Є. Г. АФТАНДІЛЯНЦ**, доктор технічних наук, професор  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: [aftyev@yahoo.com](mailto:aftyev@yahoo.com)

На поверхні вуглецевих сталей 25 Л, 30 Л, і 45 Л під дією кисня повітря можливо окислення заліза, вуглецю, кремнію, марганцю, хрому, сірки та фосфору. Можливі також реакції взаємодії заліза та марганцю із сіркою з утворенням сульфідів заліза і марганцю:

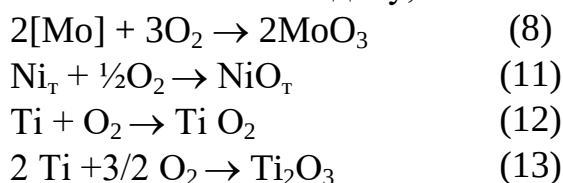




Розрахунки показують, що на поверхні сталей 25 Л, 30 Л, 45 Л можливе утворення твердофазних оксидів заліза, кремнію, марганцю та хрому. Найбільш ймовірними є окислювання хрому до  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  - реакція (7), заліза до  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  - реакція (3), кремнію до  $\text{SiO}_2$  - реакція (4), а також при температурах  $\sim 1600$  К и нижче заліза до  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - реакція (2). При зниженні температури з 1800 до 1600 К імовірність реакції (2) різко збільшується, а ізобарний потенціал зменшується:  $\Delta Z_{1800} = -184$  кДж/моль, а  $\Delta Z_{1600} = -822$  кДж/моль. Реакції (5) - окислювання марганцю до  $\text{MnO}$ , і (1) – окислювання заліза до  $\text{FeO}$ , є менш ймовірними, тому що ізобарний потенціал цих реакцій значно більше. У конденсованому стані знаходяться сульфіді заліза та марганцю, реакції (9) і (10). Реакція (9) утворення сульфїду заліза менш ймовірна, ніж реакція (10) утворення сульфїду марганцю, тому що  $\Delta Z = -60$  кДж/моль реакції (9) більше, ніж  $\Delta Z = -175$  кДж/моль реакції утворення сульфїду марганцю.

Неможлива реакція (6) – окислювання марганцю до  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  при зниженні температури від 1800 до 1500 К. Ця ж реакція можлива при температурах менше 1500 К, а при  $T=1400$  К  $\Delta Z = -800$  кДж/моль, що є значною величиною, реакція є найбільш ймовірною.

На поверхні низьколегованих сталей 35ХГСЛ, 35ХМЛ, 30Х2МЛ, 30ХГТ, 35ХНЛ, 25ГСЛ можливе окислення заліза, вуглецю, кремнію, марганцю, хрому, молібдену, нікелю, титану, сірки та фосфору. До вже розглянутих реакцій (1-10) додаються реакції окислювання молібдену, нікелю та титану:

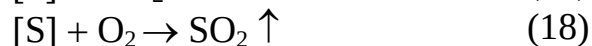
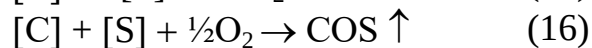
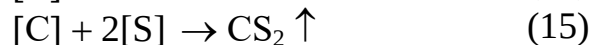


Значення ізобарного потенціалу для реакцій (1-10) будуть іншими в порівнянні з вуглецевими сталями у зв'язку з відмінностями по хімічному складу окремих елементів.

Розрахунки показують, що найбільш ймовірними є реакція (7) – окислювання хрому до  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  реакція (13) – окислювання титану до  $\text{Ti}_2\text{O}_3$ , реакція (12) – окислювання титану до  $\text{TiO}_2$  (рутил), реакції (8) і (3) окислювання молібдену до  $\text{MoO}_3$  і заліза до магнетиту, реакція (4) – окислювання кремнію до  $\text{SiO}_2$ , а також реакція (3) - окислювання заліза до гематиту в температурному інтервалі 1650 – 1400 К. Менш ймовірними є реакція (5) - окислювання марганцю до  $\text{MnO}$ , реакція (1) - окислювання заліза до в'юститу, реакція (10) утворення сульфїду марганцю, реакція (11) – окислювання нікелю до  $\text{NiO}$ , а також реакція (9) утворення сульфїду заліза. Малоімовірна реакція (6) - окислювання марганцю до  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  при температурах 1800-1600 К. В інтервалі температур 1600-1500 К ця реакція

неможлива, а при температурі нижче 1500 К імовірність реакції зростає,  $\Delta Z_{1400} = -800$  кДж/моль.

При окислюванні сталей металу-основи на міфазній поверхні „Me1 – газова фаза” можливо утворення газоподібних продуктів по реакціях:



Розрахунки свідчать, що на міжфазній поверхні вуглецевих та низьколегованих сталей можливе утворення газоподібних оксидів вуглецю  $CO_2$ , кремнію  $SiO$ , сірки  $SO$  та  $SO_2$ , фосфору  $PO$ , а також утворення  $CS_2$  та  $COS$ .

Найбільш ймовірними є реакції утворення двооксиду вуглецю - реакція (14), реакція (18) – утворення двооксиду сірки  $SO_2$ , а також реакція (14) - утворення  $COS$ . Менш ймовірної є реакція (17) – утворення оксиду сірки  $SO$  та реакція (19) утворення оксиду кремнію  $SiO$ . Реакція (15) утворення  $CS_2$  є менш ймовірною зі зниженням температури і нижче 1500 К вона малоймовірна, а при температурі 1400 К – неможлива. Реакція (20) утворення оксиду фосфору малоймовірна і при зниженні температури ізобарний потенціал її збільшується.

На поверхні сталей металу-основи в інтервалі температур 1800-1400 К протікають реакції, що мають різний ізобарний потенціал при визначеній температурі. Це дозволило вибудувати їх в ряд у порядку від найбільш ймовірної до менш ймовірної. Номера на гістограмі відповідають номерам реакцій.

Реакція (6) при температурах 1600 і 1500 К неможлива. Інші реакції мають різну імовірність. Так, реакція (7) у цьому температурному інтервалі найбільш ймовірна, а реакції (9) і (6) найменш ймовірні в інтервалі 1800-1500 К, а при  $T = 1400$  К вона є найбільш ймовірною після реакцій (7) і (2).

При зниженні температури поверхні вуглецевих сталей ізобарний потенціал більшості реакцій зменшується, а імовірність цих реакцій збільшується.

Ряд імовірностей реакцій змінюється при зниженні температури в інтервалі 1800-1400 К. Імовірність одних реакцій може падати, а інших збільшуватися. Для вуглецевих сталей ряд імовірностей при температурах 1800-1400 К представлений у табл. 1.

Для низьколегованих сталей ряд імовірності представлений у табл. 2.

Встановлено, що на поверхнях вуглецевих та низьколегованих сталей, що входять до складу біметалевих пар, в інтервалі температур 1800-1400 К внаслідок протікання реакцій окислення утворюються наступні твердофазні оксиди:  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $SiO_2$ ,  $MnO$ ,  $Mn_3O_4$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $MoO_3$ ,  $NiO$ ,  $TiO_2$ ,  $Ti_2O_3$ . В

якості газоподібних продуктів реакцій утворюються  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{COS}$ ,  $\text{SO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SiO}$ ,  $\text{PO}$ .

Таблиця 1 – Ряд імовірностей реакцій окислювання й утворення сульфідів заліза та марганцю на міжфазній поверхні „Me1- газова фаза” для вуглецевих сталей

| Т,К  | Ряд імовірності реакцій |   |   |   |    |    |    |    |    |
|------|-------------------------|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 1800 | 7                       | 3 | 4 | 5 | 10 | 1  | 2  | 9  | 6  |
| 1700 | 7                       | 3 | 4 | 2 | 5  | 1  | 10 | 9  | 6  |
| 1600 | 7                       | 2 | 3 | 4 | 5  | 10 | 1  | 9  | 6* |
| 1500 | 7                       | 2 | 3 | 4 | 5  | 10 | 1  | 9  | 6* |
| 1400 | 7                       | 2 | 6 | 3 | 4  | 5  | 1  | 10 | 9  |

\*Реакція неможлива.

Таблиця 2 – Ряд імовірностей реакцій окислювання й утворення сульфідів заліза та марганцю на міжфазній поверхні „Me1 - газова фаза” для низьколегованих сталей 35ХГСЛ, 35ХМЛ, 25ГСЛ, 35ХНЛ

| Т, К | Ряд імовірності реакцій |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |
|------|-------------------------|---|---|---|---|----|----|----|----|----|---|
| 1800 | 7                       | 8 | 3 | 4 | 5 | 10 | 1  | 2  | 11 | 9  | 6 |
| 1700 | 7                       | 8 | 3 | 4 | 2 | 5  | 1  | 10 | 11 | 9  | 6 |
| 1600 | 7                       | 2 | 3 | 8 | 4 | 5  | 10 | 1  | 11 | 9  | 6 |
| 1500 | 7                       | 2 | 8 | 3 | 4 | 5  | 10 | 1  | 11 | 9  | 6 |
| 1400 | 7                       | 2 | 6 | 8 | 3 | 4  | 5  | 1  | 10 | 11 | 9 |

Показано, що на поверхнях високолегованих сплавів робочого шару в інтервалі температур 1700-1100 К внаслідок протікання реакцій окислювання утворюються наступні твердофазні оксиди:  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ,  $\text{MnSiO}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  (рутил),  $\text{Ti}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{NiO}$ . В якості газоподібних продуктів реакцій утворюються  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{COS}$ ,  $\text{SO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SiO}$ ,  $\text{PO}$ .

УДК 699.245:536.421.4

## ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИТОПЛЮЮТЬСЯ

**К. Г. КВАСНИЦЬКА**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: katonish@gmail.com*

З розвитком сучасної української промисловості газотурбобудування удосконалюються конструкції ГТД і установок, і, як результат, ускладнюються конструкції лопаток, що призводить до різкого зростання трудоемкості виробництва виливків і потребує постановки задачі підвищення ефективності процесу при одночасному покращенні якості литва. Аналіз публікацій показує, що більшість науково-дослідних робіт щодо лиття лопаток ГТД присвячена розробкам нових складів сплавів, в той час як керамічним ливарним формам приділяється мало уваги, хоча остання значно впливає на формування властивостей, геометрії та якості литих лопаток [1 -3].

Враховуючи складність геометрії складнопрофільних деталей, виготовлення цих високонавантажених елементів ГТД є утрудненим. Шорсткість поверхні має бути до 1,25 мкм, а також треба тримати під контролем значну кількість поверхонь критичного формоутворення. Контроль виконання вимог з точності геометричних параметрів поверхонь деталей на рівні 5-7 квалітетів є надзвичайно важливим.

Вимоги до керамічної форми, яка забезпечує отримання деталей відповідної якості, наступні:

- хімічна інертність до модельної маси і металу;
- міцність, що дозволить формі уникнути деформації при взаємодії з виливком, витримати статичні і динамічні напори розплаву;
- піддатливість до усадки сплаву;
- забезпечення належної шорсткості поверхні та високої точності розміру готового виробу. [4]

Не зважаючи на довготривалий досвід турбобудівних підприємств України брак виливків лопаток є досить високим (інколи досягає 60%). Найбільший відсоток браку (до 40%) припадає на різностінність, термічні тріщини та жолоблення стрижнів, які формуються на етапі одержання керамічних форм через недосконалість використовуваних модельних мас, формувальних та стрижньових матеріалів. Через це підприємства несуть високі виробничі втрати, тому розробка заходів, спрямованих на зменшення браку, є актуальною задачею. [5].

Розробка нових конструкцій ГТД чи їх вдосконалення вимагає виготовлення дослідних партій лопаток, термін одержання яких наразі складає від 6 місяців до 1 року, що пов'язано з довготривалим процесом виготовлення



оснащення. Ефективним рішенням цієї проблеми може стати застосування адитивних технологій при виготовленні разових моделей лопаток.

Не менш актуальним є питання екологічності процесів. Зокрема при виготовленні керамічних ливарних форм наразі в якості сполучних речовин застосовують етилсилікат, який потребує органічних вибухо- та пожежонебезпечних розчинників (етиловий спирт, ацетон).

Для одержання охолоджуваних лопаток ГТД з жароміцних сплавів на основі нікелю методом лиття за моделями, що витоплюються, використовують переважно керамічні стрижні на основі корунду та плавленого кварцу [6]. Для підвищення виходу придатного литва потрібно отримати внутрішні поверхні лопаток з мінімальним гідродинамічним опором, відсутністю водню в процесі видалення кераміки та виключення шкідливих компонентів, які містять фтор.

В результаті виконання роботи будуть запропоновані екологічно чисті сполучні речовини на водній основі для одержання керамічних форм, які за технологічними характеристиками не поступаються етилсилікатним сполучним матеріалам, а також нові склади модельних мас та нові технології одержання разових моделей робочих та направляючих лопаток ГТД. Будуть визначені полімерні матеріали та технології адитивного виготовлення із них разових моделей лопаток, а також оптимальні режими видалення моделей із керамічних форм.

### **Список використаних джерел**

1. Халатов А.А., Ющенко К.А., Ісаков Б.В., Дашевський Ю.Я., Шевцов А.П. Газотурбобудування в Україні: сучасний стан і перспективи розвитку // Вісник НАН України. – 2013. – № 12. – С. 40-49.
2. Федоров О.Г. Газові турбіни і газотурбінні установки // Навчальний посібник, м.Одеса, ОНАХТ. – 2013. – 126 с.
3. Wahl J. B., Harris K. CMSX-4 plus single alloy development, characterization and application development // Superalloys 2016:Proc. Of the 13<sup>th</sup> International Symposium on Superalloys, TMS(the Minerals, Metals&Materials Society). – 2016.- P.25-33.
4. Репях С.И. Технологические основы литья по выплавляемым моделям. – Днепропетровск.: Лира ЛТД. - 2006. – 1056 с.
5. Квасницкая Ю. Г. Повышение эксплуатационных характеристик рабочих лопаток турбин современных промышленных ГТД // Металл и литье Украины. – 2015. – № 8. – С. 29-31.
6. Замковой В.Є. Удосконалення процесів формування внутрішньої порожнини охолоджуваних лопаток ГТД. Автореф. дис. канд. техн.наук. – Київ. – 2005.

УДК 514.18

## ФОРМА ПРУЖНОЇ ОСІ СПІРАЛЬНОЇ СТРИЧКОВОЇ ПРУЖИНИ У ВІЛЬНОМУ СТАНІ

**В. І. ХРОПОСТ**, аспірант

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,*

**Т. А. КРЕСАН**, к.т.н., доцент

*ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут», м. Ніжин,*

*E-mail: hropost97@ukr.net, tanyakresan@i.ua*

Якщо пружну стрічку (наприклад, металеву лінійку) закріпити консольно і до вільного кінця прикласти перпендикулярну силу, то виникне момент, який буде її деформувати. Збільшуючи силу, можна надати стрічці форми спіралі (рис. 1,а). Для виготовлення пружин виготовляють стрічку, яка у вільному стані має форму спіралі. Якщо за таку спіраль взяти евольвенту кола, то відстань між сусідніми витками буде однакова (рис. 1,б). Приклавши аналогічну силу уже до криволінійної стрічки, ми її ще більше скрутимо, оскільки до початкової кривини додається кривина від дії моменту. Із опору матеріалів відомо, що кривина стержня (стрічки) прямо пропорційна прикладеному моменту і обернено пропорційна жорсткості стержня, яка в свою чергу залежить від властивостей металу і форми поперечного перерізу стержня. Шляхом застосування апарату диференціальної геометрії знаходимо форму пружини після її закручування (рис. 2,б) яка у вільному стані мала форму спіралі (рис. 1,б). З нього видно, що відстань між витками стала різною.

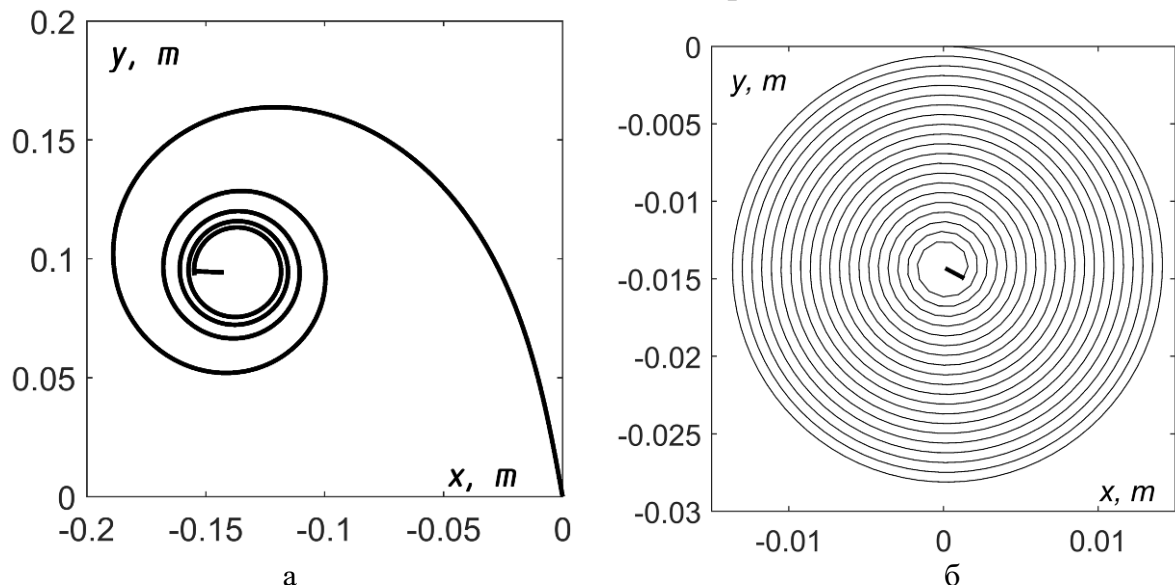


Рис. 1. Форма осі пружної металеві стрічки:

а) форма, яку набула прямолінійна металева консольно защемлена стрічка після прикладення до її протилежного кінця перпендикулярно спрямованої слідкуючої сили;

б) евольвента кола із великою кількістю витків.

Щільність прилягання витків один до одного для евольвенти кола залежить від його радіуса, який можна задати і отримати необхідну щільність. Після дії моменту, тобто після закручування пружини, щільність стала нерівномірною, отже можливий контакт між сусідніми витками, там де щільність більша, і виникнення сил тертя (рис. 2,а).

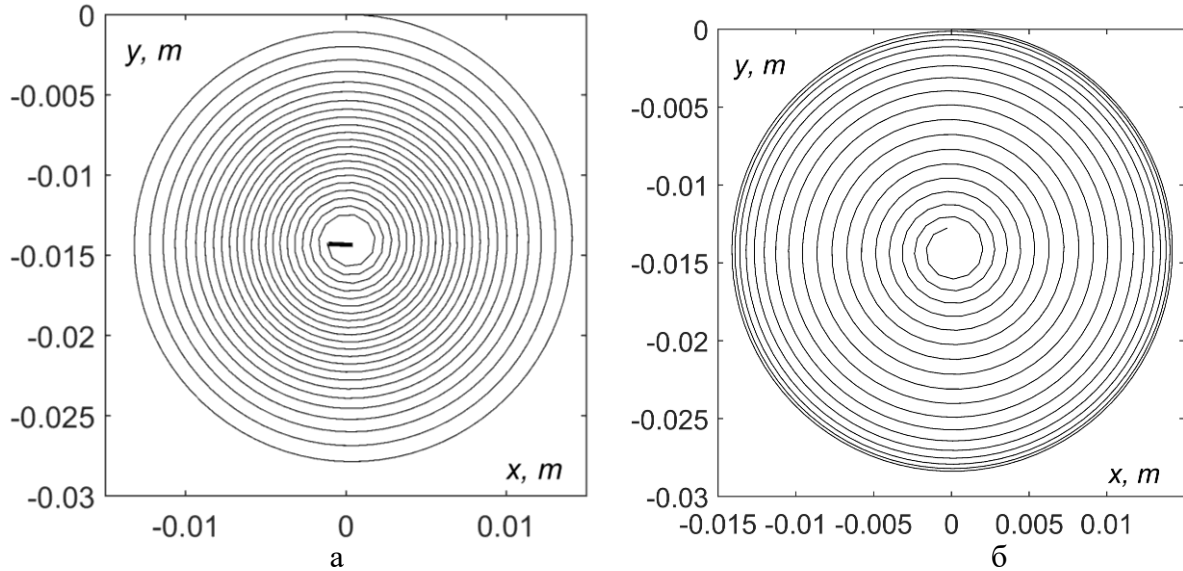


Рис. 2. Форма осі пружної металевої стрічки:

а) форма, яку набула спіральна пружина, яка у вільному стані мала форму евольвенти кола (рис. 1,б), після її закручування;

б) форма пружини у вільному стані, яка після закручування набуде форми евольвенти кола (рис. 1,б)

Закономірно постає питання: якої форми потрібно надати спіральній пружині у вільному стані, щоб після закручування вона набула форми евольвенти кола із рівномірною щільністю витків. Для цього до пружини, яка у вільному стані має форму евольвенти кола (рис. 1,б), потрібно прикласти відповідну силу для її розкручування. Після цього її пружна вісь набирає форми, зображеної на рис. 2,б. Як видно із рис. 2,б, щільність витків пружини у вільному стані теж нерівномірна, проте область більш щільного прилягання помінялася місцями: від центральної частини у закрученому стані (рис. 2,а) до периферійної частини у вільному стані (рис. 2,б).

**Висновки.** При виготовленні спіральної стрічкової пружини не існує такої форми її пружної осі у вільному стані, яка б при закручуванні зберігала рівномірну щільність між сусідніми витками. Щільність може бути більшою на периферії пружини у вільному стані або ж навпаки – у її центрі при заведеному стані. Максимальну потенціальну енергію пружина має у заведеному стані, тому при розкручуванні вона може долати значні сили тертя. Якщо щільність буде більшою на периферії пружини після розкручування, то сили тертя будуть незначними, оскільки потенціальна енергія вивільнилася і у випадку появи сил тертя вони гальмуватимуть подальше розкручування пружини до його припинення. Отже, доцільно форму пружної осі спіральної пружини у вільному стані виготовляти із ущільненими витками на її периферії.

### Список використаних джерел

1. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. Москва: Наука, 1979. 560 с.
2. Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней. Москва: Наука, 1986. 286 с.
3. Харченко В.Є., Корсак В.І. Аналітичне розв'язання нелінійної задачі згину пружного стрижня. *Видавництво Львівської політехніки*. 2015. № 820. С. 105–115. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/31079/1/15-105-115.pdf>
4. Кресан Т.А., Пилипака С.Ф., Хропост В.І., Бабка В.М. Пружне згинання смуги із значним прогином під дією прикладених сил та моменту. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київський національний університет будівництва і архітектури, 2021. № 101. С. 137-147. URL: <http://ageg.knuba.edu.ua/article/view/256312>

УДК 66.10167

### УТВОРЕННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У РОСЛИНИЦТВІ

**К. Г. ЛОПАТЬКО** д.т.н., професор

**К. В. ВИНАРЧУК**, аспірантка

**С. К. ЛОПАТЬКО**, аспірант

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Дослідження, проведені в Україні і провідних країнах світу протягом останніх десяти років, показали високу ефективність застосування колоїдних розчинів наноструктурних (до 100 нм) часток біологічно активних металів у медицині, біології, ветеринарії та сільському господарстві

Дослідження авторів та аналіз літературних джерел показали, що біологічна ефективність колоїдних препаратів на основі наночасток біогенних металів підвищується, якщо розмір дисперсної фази лежить у діапазоні 30 – 200 нм, частинки однорідні за розмірами, формою, хімічним складом і структурно - фазовим станом. Такі розчини мають високу агрегативну та седиментаційну стійкість завдяки високому електрокінетичному потенціалу частинок, малій їх масі і високій однорідності.

Однією з причин, що перешкоджають великомасштабному впровадженню препаратів на основі наночасток біологічно активних металів, є відсутність високоефективних технологій їх масового виробництва. Серед широко відомих методів отримання наночасток металів (механічне подрібнення, випаровування і конденсація в вакуумі, електричний вибух тонких дротів, плазмо-хімічний метод або термохімічного розкладання солей,

крихітливий, осадження з розчинів, відновлення воднем, золь-гель метод) жоден не характеризується високою продуктивністю, технологічністю, дешевизною обладнання та кінцевої продукції. Тому нами розглянуто метод об'ємного електроіскрового диспергування зарекомендував себе, як один з найефективніших і технологічних при виробництві мікророзмірних порошків жароміцних, тугоплавких, надтвердих, магнітом'яких сплавів.

УДК 514.18

## ДО УТВОРЕННЯ ТОРСІВ, ЯК ОБВІДНИХ ПОВЕРХОНЬ ГРАНЕЙ ТРИГРАННИКА ДАРБУ ПРИ ЙОГО РУСІ ПО КРИВІЙ НА ПОВЕРХНІ

**А. В. НЕСВІДОМІН**, к.т.н., доцент,

**С. Ф. ПИЛИПАКА**, д.т.н., проф.,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: a.nesvidomin@gmail.com*

При русі тригранника Дарбу по поверхні одна його грань є дотичною до неї. Вона утворюється двома взаємно перпендикулярними ортами. Один із них спрямований по дотичній до траєкторії руху тригранника, а другий – перпендикулярний до нього. Третій орт перпендикулярний до перших двох, тобто він є нормаллю до поверхні. При русі тригранника вздовж кривої на поверхні утворюється три однопараметричні множини площин за числом граней. Кожна множина огинає розгортну поверхню, тобто торс.

Якщо напрямна крива на поверхні задана у функції довжини  $s$  власної дуги, то інформацію про будову торсів зручно отримати засобами внутрішньої геометрії поверхонь. Для всякої просторової кривої в поточній точці можна побудувати супровідний тригранник Френе із трьома взаємно перпендикулярними ортами  $\bar{\tau}$ ,  $\bar{n}$ ,  $\bar{b}$ . Орти  $\bar{\tau}$  і  $\bar{n}$  утворюють стичну площину, яка в околі точки  $A$  найбільш щільно прилягає до кривої. Якщо крива розташована на поверхні і в точці  $A$  побудувати ще і тригранник Дарбу, то їхні орти  $\bar{\tau}$  і  $\bar{T}$  збігатимуться, а між іншими ортами існуватиме кут  $\varepsilon$  (рис. 1). Його величину можна визначити через диференціальні характеристики кривої і поверхні. Похідні ортів тригранника Дарбу  $\bar{T}$ ,  $\bar{P}$ ,  $\bar{N}$  в проекціях на ці ж орти можна визначити за допомогою формул (1).

Коли ці два тригранники рухаються вздовж кривої на поверхні, то кожна із граней утворює однопараметричну множину своїх положень у просторі. Із диференціальної геометрії відомо, що обвідною поверхнею такої множини площин є розгортна поверхня, тобто торс. Для тригранника Френе ці торси відомі. Крім того, множини площин, що утворюють грані тригранників  $\bar{n}$  і  $\bar{b}$  та  $\bar{P}$  і  $\bar{N}$  є перпендикулярними до напрямної кривої, тобто це одна і та ж



множина площин. Вона утворює полярний торс, спільний для обох тригранників. Його характерною рисою є те, що він не проходить через напрямну криву. Пари двох інших граней ( $\bar{\tau}$ ,  $\bar{b}$  і  $\bar{T}$ ,  $\bar{N}$  та  $\bar{\tau}$ ,  $\bar{n}$  і  $\bar{T}$ ,  $\bar{P}$ ) утворюють дві пари торсів, які проходять через напрямну криву і які збігаються при  $\varepsilon=0$ , тобто, коли орти збігаються.

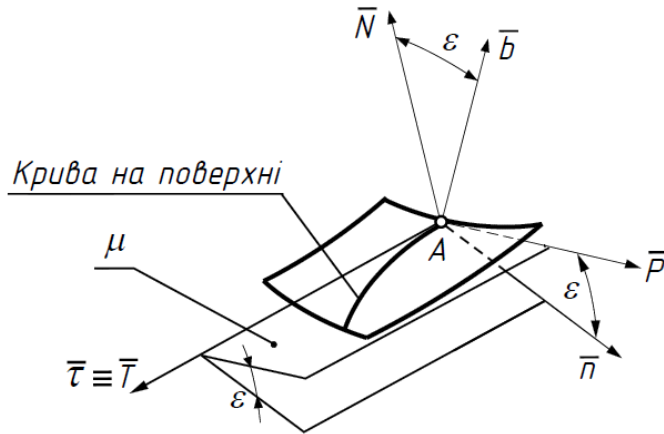


Рис. 1. Тригранники Дарбу і Френе

$$\begin{aligned}\frac{d\bar{T}}{ds} &= \bar{P}k \cos \varepsilon - \bar{N}k \sin \varepsilon; \\ \frac{d\bar{P}}{ds} &= \bar{N}\left(\sigma + \frac{d\varepsilon}{ds}\right) - \bar{T}k \cos \varepsilon; \\ \frac{d\bar{N}}{ds} &= \bar{T}k \sin \varepsilon - \bar{P}\left(\sigma + \frac{d\varepsilon}{ds}\right).\end{aligned}\quad (1)$$

Торс є лінійчатою поверхнею, отже потрібно знати напрямний одиничний вектор  $\bar{L}$ , який задає напрям прямолінійної твірної торса в кожній точці напрямної кривої. Він визначається через векторний добуток нормального вектора площини, яка є елементом множини, і похідної цього вектора. Наприклад, нормальним вектором до дотичної площини  $\mu$  (рис. 1) є орт  $\bar{N}$ . Отже, при русі тригранника із точки  $A$  вздовж кривої на величину дуги  $ds$  з'явиться нова нескінченно близька дотична площина. Ці дві площини перетинаються по прямій лінії (твірній торса), напрям якої визначається із векторного добутку  $\bar{L} = \bar{N} \times d\bar{N}/ds$ . В системі тригранника Дарбу вектор  $\bar{N}$  має координати:  $\{0, 0, 1\}$ . Згідно формул (1) вектор  $d\bar{N}/ds$  в цій же системі має координати:  $\{k \sin \varepsilon, -(\sigma + d\varepsilon/ds), 0\}$ . Виконуємо векторне множення в рухомій системі тригранника Дарбу:

$$\bar{L} = \begin{vmatrix} \bar{T} & \bar{P} & \bar{N} \\ 0 & 0 & 1 \\ k \sin \varepsilon & -(\sigma + d\varepsilon/ds) & 0 \end{vmatrix} = \bar{T}\left(\sigma + \frac{d\varepsilon}{ds}\right) + \bar{P}k \sin \varepsilon. \quad (2)$$

Аналогічно знаходимо напрямний вектор торса, якого огинає однопараметрична множина площин – граней, утворених ортами  $\bar{T}$  і  $\bar{N}$  тригранника Дарбу. Нормальним вектором для площини із цієї множини є орт  $\bar{P}$  (рис. 1). В такому випадку напрямний вектор перетину нескінченно близьких площин цієї множини визначиться векторним множенням орта  $\bar{P}$  на  $d\bar{P}/ds$ :

$$\overline{M} = \begin{vmatrix} \overline{T} & \overline{P} & \overline{N} \\ 0 & 1 & 0 \\ -k \cos \varepsilon & 0 & (\sigma + d\varepsilon/ds) \end{vmatrix} = \overline{T} \left( \sigma + \frac{d\varepsilon}{ds} \right) + \overline{N} k \cos \varepsilon. \quad (3)$$

Після приведення векторів (2) і (3) до одиничних їх проекції на орти тригранника запишуться:

$$\overline{L}: \left\{ \frac{\sigma + \varepsilon'}{\sqrt{(\sigma + \varepsilon')^2 + k^2 \sin^2 \varepsilon}}; \frac{k \sin \varepsilon}{\sqrt{(\sigma + \varepsilon')^2 + k^2 \sin^2 \varepsilon}}; 0 \right\}. \quad (4)$$

$$\overline{M}: \left\{ \frac{\sigma + \varepsilon'}{\sqrt{(\sigma + \varepsilon')^2 + k^2 \cos^2 \varepsilon}}; 0; \frac{k \cos \varepsilon}{\sqrt{(\sigma + \varepsilon')^2 + k^2 \cos^2 \varepsilon}} \right\}. \quad (5)$$

Вектор (34) є напрямним для прямолінійних твірних торса, утвореного однопараметричною множиною положень грані  $\overline{T}$ ,  $\overline{P}$ , а вектор (35) – для торса, утвореного однопараметричною множиною положень грані  $\overline{T}$ ,  $\overline{N}$ .

УДК 621.74.046

## СЕРЕДНЬОВУГЛЕЦЕВІ СТАЛІ ЛЕГОВАНІ БОРОМ, ВАНАДІЄМ, ЦИРКОНІЄМ ТА ЇХ КОМПЛЕКСАМИ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Г. М. ПОХИЛЕНКО, старший викладач

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: pokhilenko@nubip.edu.ua*

Сучасні високі вимоги до механічних, технологічних і експлуатаційних характеристик сталей для деталей і вузлів сільськогосподарських машин визначають необхідність вивчення властивостей сталей при їх комплексному мікролегуванні. Зміну механічних та технологічних властивостей пов'язують із впливом мікролегуючих елементів на фазовий склад, розміри, властивості і розподіл структурних складових сталей.

Особливо відзначається ефективність мікролегування конструкційної сталі бором та комплексами елементів, до складу яких входить бор. Добре відома висока ефективність впливу бору на прогартованість конструкційних сталей, подрібнювання структури при прискореному охолодженні. Бор у конструкційні леговані сталі вводять не тільки для підвищення прогартованості, але і для одночасного зниження витрат дефіцитних легуючих елементів (нікель, хром, молібден та інші) без погіршення механічних властивостей та показників оброблюваності, втомної міцності, зварюваності. Зменшення загального ступеня легування сталі дозволяє не тільки знизити

собівартість сталі, але і поліпшити її технологічних властивостей, а також зменшити чутливість структури до різних концентраторів напруги.

Аналіз впливу мікролегування на механічні властивості сталі 30ХГС дає можливість встановити:

а) мікро добавки ванадію зменшують всі випробовувані властивості сталі 30ХГС. В комплексі із цирконієм ванадій має тенденцію впливати на падіння характеристик механічних характеристик. Мікродобавки ванадію із бором не показали суттєвого впливу на властивості сталі 30ХГС;

б) бор покращує всі характеристики сталі 30ХГС крім відносного звуження;

в) сумісне легування бором цирконієм і ванадієм найбільше впливає на збільшення ударної в'язкості;

г) мікролегування цирконієм, сумісно цирконієм і ванадієм, та цирконієм і бором дозволило досягнути значень питомого опору руйнуванню сталі при розтягу від 1638 до 1964 МПа і межі плинності від 1366 до 1689 МПа;

д) найбільш низький рівень значень ударної в'язкості і відносного звуження отриманий при мікролегуванні сталі 30ХГС цирконієм і цирконієм та ванадієм сумісно.

Вплив температури відпуску в залежності від виду мікро добавок дає можливість визначити, що введення бору в сталь 30ХГС дозволило збільшити межу текучості на 100 – 150 МПа, а межу міцності на 200 МПа після низького і середнього відпуску, тоді як при високому відпуску ці показники практично не змінилися. Комплекс бор – ванадій сприяє підвищенню не лише межі міцності і межі текучості на 100 МПа після низького і середнього відпуску, але й збільшенню в 1.5 рази ударної в'язкості.

При мікролегуванні сталі комплексом бор – цирконій є можливість досягнути такого ж ефекту, але при цьому спостерігається різке зменшення ударної в'язкості і відносного видовження сталі в інтервалі температур середнього відпуску. Додаткове мікролегування сталі ванадієм зміщує інтервал різкого зниження ударної в'язкості в зону температур високого відпуску, при цьому відносне видовження поступово збільшується з підвищенням температури відпуску.

УДК 621.74.046

## ВПЛИВ ЛЕГУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА СТРУКТУРУ І МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛЕГОВАНИХ ЧАВУНІВ

**Г. М. ПОХИЛЕНКО**, старший викладач  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: pokhilenko@nubip.edu.ua

Одним з основних легуючих елементів білих чавунів є хром. Рівень механічних властивостей і зносостійкості чавуну визначається вмістом в ньому хрому і вуглецю, оптимальне співвідношення яких досягається в доєвтектичних і евтектичних чавунах. У заєвтектичних чавунах при кристалізації утворюються великі голкоподібні карбіди, які знижують зносостійкість і особливо міцність виливків. Тому хімічний склад чавуну необхідно підбирати, таким чином, щоб він не був заєвтектичним.

Вуглець підвищує твердість чавуну, але знижує його властивості міцності, особливо в литому стані. Разом з тим максимум зносостійкості відповідає найбільш щільна евтектична структура з максимальною кількістю карбідів.

Виділені з твердого розчину карбіди повинні зберігати контакт з матрицею і не викришуються при терті. Оптимальний тип структури металевої основи залежить від величин питомого тиску і ударних навантажень. При низьких питомих тисках, коли характер зносу наближається до ерозії, максимальну зносостійкість має мартенситна металева основа, твердість якої наближається до твердості карбідів (10000 - 11500 МПа). При високих питомих тисках і ударних навантаженнях доцільна аустенітна металева основа.

Інший елемент - молібден підвищує зносостійкість чавунів не тільки завдяки пригніченню перлітного перетворення, тобто підвищення прогартовуваності, але і в результаті подрібнення карбідів, які є у високохромистих чавунах, без молібдену і зазвичай мають великі розміри. Крім цього, молібден підвищує корозійну стійкість хромових чавунів при його вмісті до 2%. Для отримання високої зносостійкості зміст молібдену в хромистих чавунах (12 - 20% Cr) не повинен перевищувати 1,5 - 2,5%.

Збільшення вмісту кремнію різко знижує прогартовуваність. Тому для забезпечення задовільної прогартовуваності і високої зносостійкості білих чавунів, а також для уникнення графітоутворення вміст кремнію не повинен перевищувати 0,7 - 1,0%.

Марганець застосовують як активний стабілізатор аустеніту і порівняно недорогий легуючий елемент. При концентрації в хромистих чавунах 4,8 - 5,2% марганцю забезпечується досить висока твердість і зносостійкість. У структурі металевої основи при такому вмісті марганцю переважає мартенсит. При концентрації марганцю вище 5,6% в результаті зниження мартенситної точки металева основа містить значну кількість залишкового аустеніту, що викликає

зменшення зносостійкості. Для отримання максимальної зносостійкості вміст марганцю в хромових чавунах має перебувати в межах 3,5 - 4,0 %.

Максимальне підвищення прогартуваності високохромистого чавуну досягається при сумісному його легуванні марганцем і молібденом. При відсутності марганцю практично весь молібден пов'язаний в карбіди, і тільки невелика його частина розчиняється в аустеніті, перешкоджає розпаду перліту при термічній обробці. Введення одночасно з молібденом марганцю призводить до збагачення молібденом твердого розчину, що гальмує перлітне перетворення. Марганець не впливає на мікротвердість карбідів і мартенситу. Надмірне підвищення вмісту марганцю призводить до зменшення кількості карбідів через підвищену граничну розчинність вуглецю в аустеніті, як наслідок, зниження зносостійкості. Марганець підвищує розчинність в твердому розчині хрому і підвищує стійкість легованої матриці до зношування.

Нікель є одним з основних елементів, які вводять в білі зносостійкі чавуни для придушення перлітного перетворення.

**УДК 621.74.046**

## **ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ МЕТАЛЕВОЇ ОСНОВИ БІМЕТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ**

**Г. М. ПОХИЛЕНКО**, старший викладач

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: pokhilenko@nubip.edu.ua*

Високолеговані сплави робочого шару біметалевих виливків характеризуються високою твердістю і зносостійкістю, однак мають низькі механічні властивості, перш за все в'язкість. Тому до матеріалу металу-основи пред'являються підвищені вимоги до механічних властивостей (межа міцності і плинності, ударна в'язкість і ін.) І конструктивної міцності, тобто міцності, яка характеризує можливість протидіяти руйнуванням при наявності високих динамічних навантажень і концентрацій напружень. Виходячи з цього, в якості матеріалу металу-основи найбільш доцільно використовувати низьколеговані (до 2 - 3% легуючих елементів) хромомарганцовисті, хромомолібденові і інші сталі, які, поряд з високими механічними властивостями, мають підвищені показники твердості і зносостійкості.

Вуглець робить основний вплив на властивості сталей. При збільшенні змістом вуглецю підвищуються твердість і міцність і зменшуються пластичність і в'язкість.

Марганець підвищує зносостійкість сталі. Крім цього, марганець і кремній розчиняються в фериті і підвищують його твердість і міцність.



Молибден істотно збільшує міцність сталі, зміцнюючи феритну основу і підвищуючи дисперсність структури, а також знижуючи схильність сталі до відпускнуї крихкості.

Хром підвищує зносостійкість і міцність сталей. При відносно малому вмісті хрому в сталях утворюється карбід заліза  $\text{Fe}_3\text{C}$ , в якому може бути розчинено до 18 - 20% хрому, тобто легований цементит.

Нікель підвищує міцність сталі при одночасному збільшенні пластичності і в'язкості, зменшує чутливість до концентраторів напруги і знижує температуру порогу холодноламкості. Легування сталей невеликою кількістю титану, ванадію, ніобію (0,05 - 0,15%) подрібнює зерно, що знижує поріг холодноламкості і чутливість до концентраторів напружень. При більшому вмісті цих елементів опір сталі крихке руйнування зменшується в результаті виділення великої кількості карбідів по межах зерен.

У випадках, коли метал-основа виконує переважно технологічні функції (основа для кріплення до корпусу, конструктивних елементів устаткування та ін.), доцільно використовувати низьковуглецеві сталі, які мають високі показники пластичних властивостей, ударної в'язкості, опору втоми, низький поріг холодноламкості, а також необмежено зварюються. Відсутність значних ударних навантажень дозволяє використовувати в якості металу-основи середньовуглецеві сталі, які в порівнянні з низьковуглецевими мають більш високу міцність при більш низькій пластичності. В умовах підвищених вібрацій і ударно-динамічних навантажень в якості металу-основи раціонально використовувати матеріали, що мають високі демпфуючі властивості, серед яких можна виділити сірі чавуни.

**УДК 614.8:631.3**

## **УМОВИ БЕЗПЕЧНОГО ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ З НАНОЧАСТИНКАМИ ТА НАНОМАТЕРІАЛАМИ**

**Є. І. МАРЧИШИНА**, доцент, канд. с.г. наук

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: marchyshyev@gmail.com*

Загальні вимоги безпеки виконання робіт з наночастинками та наноматеріалами повинні ґрунтуватись на наявній достовірній інформації про те, що такі матеріали мають певні фізико-хімічні властивості (невеликі розміри, різноманітність форм, велика питома поверхня тощо), що проявляють хронічний токсичний вплив на біологічні об'єкти, у тому числі, і на людину.

Під час роботи з наночастинками, наноматеріалами та продукцією, отриманою з використанням нанотехнологій, необхідно дотримуватись встановлених вимог безпеки праці. Можливими шляхами проникнення

наночастинок і наноматеріалів в організм людини є: інгаляційний; через шлунково-кишковий тракт (ШКТ); через шкірні покриви та слизові оболонки; через вплив з боку забруднених поверхонь.

Умови підготовки, проведення та завершення роботи з наноматеріалами повинні забезпечувати необхідний захист від потрапляння в організм виконавця та в довкілля досліджуваних наночастинок.

У приміщеннях, де проводяться роботи з наноматеріалами, заборонено приймання їжі, напоїв, паління тощо. Під час роботи з наночастинками рекомендовано використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) загального призначення - лабораторні халати та ковпаки, ЗІЗ рук - одноразові рукавички з поліетилену або латексу, ЗІЗ органів дихання – респіратори, ЗІЗ очей – захисні окуляри. Роботи з наноматеріалами у порошкоподібному вигляді проводять лише у спеціально виділеному режимному приміщенні у боксі з рукавичками. У приміщеннях, де проводяться роботи з сухими наноматеріалами, заборонено використання відкритого вогню та інших нагрівальних приладів, тому, що порошки наночастинок, внаслідок своїх високих реакційних характеристик можуть бути легкозаймистими та вибухонебезпечними.

Роботи з водними (рідинними) системами наноматеріалів можна проводити у витяжних шафах, на лабораторних столах у лабораторіях з обмеженим доступом сторонніх осіб. Приміщення, в яких проводять роботи з наноматеріалами, повинні бути обладнані раковинами з гарячою та холодною водою, там завжди повинен бути запас миючих засобів та одноразові паперові рушники, які можуть використовуватись для витирання рук та для усунення аварійного розливу нанорозчинів або вологого збору розсипаного нанопорошку.

Необхідними вимогами щодо допуску до початку дослідницької процедури оцінення ступеня небезпеки наноматеріалів є Акт приймання-передачі призначеного до дослідження наноматеріалу, укладений між замовником та уповноваженим співробітником у комплекті із заповненим Паспортом безпеки речовини (матеріалу).

Призначені для дослідження порошки наночастинок повинні бути упаковані у тарі, що виключає накопичення статичної електрики, розсипання, роздмухування або інший витік матеріалу.

Транспортування та зберігання водних (рідинних) систем наноматеріалів здійснюють у товстостінних скляних флаконах з пластмасовими корками, що загвинчуються. Транспортування та зберігання сухих та рідких наноматеріалів у скляних тонкостінних судинах або скляних судинах із притертими пробками заборонено.

Дослідницька процедура оцінки ступеня небезпеки/безпеки наночастинок здійснюється відповідно до протоколу дослідження та правил проведення лабораторних робіт. Рекомендують використовувати одноразовий пластиковий посуд та спеціально виділене обладнання та інструменти, що не використовують в інших експериментах без спеціальної обробки. Усі

маніпуляції з наноматеріалами, включаючи миття лабораторного посуду та інструментів, обов'язково проводять у одноразових захисних рукавичках. Скляні флакони з водними системами наночастинок та наноматеріалів при зберіганні та під час експериментів повинні бути встановлені у пластикові або металеві емальовані піддони, що унеможливають забруднення поверхонь столів при випадковому розливі рідких наноматеріалів. Усі операції з переливання, дозування та інші дії з наноматеріалами, повинні також проводитися з використанням піддонів.

До робіт з наноматеріалами у порошкоподібному (сухому) стані допускають обмежену кількість спеціально навчених співробітників. Роботи проводять в боксах з рукавичками, що виключають розпилення/роздування порошку. Працівники, які здійснюють ці маніпуляції, обов'язково повинні використовувати спеціальні респіратори та захисні окуляри або респіратори з маскою.

Після завершення робіт із наночастинками, наноматеріалами необхідно: ретельно очистити всі поверхні лабораторного обладнання; матеріали, що використовуються для очищення поверхонь, одноразовий посуд, тверді та рідкі відходи утилізують як потенційно небезпечні відходи; Проводити утилізацію необроблених відходів у загальну каналізацію чи з побутовим сміттям заборонено. Не можна виносити використані ЗІЗ із приміщення, в якому проводяться роботи з використанням наноматеріалів. Використані одноразові ЗІЗ та інші відходи, що утворюються внаслідок роботи з наноматеріалами, наприкінці робочого дня упаковують у спеціальні ємності для збирання відходів, що містять наноматеріали і здають відповідальному співробітнику для подальшої утилізації. Співробітник організації, відповідальний за збирання та утилізацію відходів, що містять наноматеріали, упаковує потенційно небезпечні відходи у міцні ПВХ пакети та складає їх у спеціальному сховищі. Накопичені відходи періодично перетворюються на безпечний стан цементацією з наступною утилізацією як побутові відходи.

До нештатних ситуацій при роботах з наноматеріалами відносяться: розлив водної системи наноматеріалів; розсипання/роздув сухого нанопорошку; попадання водної системи наноматеріалів або сухого нанопорошку в очі, на шкіру, в ШКТ, вдихання сухого нанопорошку.

Дії щодо ліквідації аварійної ситуації з водною системою наноматеріалів або сухим нанопорошком наступні: вжити заходів щодо обмеження поширення рідини; будь-яких повітряних потоків (вимкнути тягу, закрити вікно та двері); проінформувати керівника робіт про аварійну ситуацію; вивісити на вхідні двері попереджувальну табличку про аварійну ситуацію; видалити з приміщення співробітників, не зайнятих ліквідацією аварії; одягнути аварійний захисний комплект, пластиковий фартух, одноразову шапочку, спеціальний респіратор та захисні окуляри або респіратор з маскою, одноразові захисні рукавички, бахіли на взуття. Для збору розлитої рідини або порошку необхідно використовувати паперові рушники, фільтрувальний папір, вату, а потім ретельно промити з детергентами забруднену поверхню. Матеріали, що

використані для усунення аварійної ситуації, потрібно зібрати у спеціальну тару як небезпечні відходи.

При попаданні водної системи наноматеріалів: у очі – потрібно негайно їх промити великою кількістю чистої води, а потім терміново звернутись до офтальмолога; на шкіру - негайно ретельно промити забруднене місце водою з будь-яким миючим засобом; у ШКТ – негайно прополоскати рот чистою водою. При попаданні великої кількості рідкої системи наноматеріалів викликати блювоту, після цього прийняти декілька таблеток активованого вугілля, а потім терміново звернутись до лікаря. При попаданні сухого нанопорошку в очі, на шкіру та шлунково-кишковий тракт - діяти аналогічно. За будь-яких аварійних ситуацій керівник робіт обов'язково повідомляти керівництво інституту.

### **Список використаних джерел**

1. Maynard Andrew D., et all. Safe handling of nanotechnology// Nature. 2006. volume 444. pages 267–269
2. Working Safely with Nanomaterials. OSHA. Електронний ресурс: [https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA\\_FS-3634.pdf](https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA_FS-3634.pdf)
3. Best Practices for Handling Nanomaterials in Laboratories. Електронний ресурс: [http://ccc.chem.pitt.edu/wipf/SOPs/Nanomaterials\\_Best\\_Practices.pdf](http://ccc.chem.pitt.edu/wipf/SOPs/Nanomaterials_Best_Practices.pdf)

**УДК 614.8:631.3**

## **БЕЗПЕЧНЕ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ У ЗАМКНУТИХ ПРОСТОРАХ**

**Є. І. МАРЧИШИНА**, доцент, канд. с.г. наук

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: marchyshyev@gmail.com*

Роботи в замкнутому просторі належать до робіт з підвищеною небезпекою та потребують виконання комплексу організаційно-технічних заходів для безпечного їх проведення. Наочним прикладом замкнутого простору може служити закрита ємність з вузьким отвором для проходу. Проте до категорії таких просторів можна віднести також відкриті люки та оглядові колодязі, каналізаційні колектори, траншеї, трубопроводи, повітроводи та інші місця з недостатньою вентиляцією. Багато замкнутих просторів мають тільки верхній вхід за допомогою вертикально встановлених сходів або зовсім не мають опорних точок. Замкнутий простір характеризується: обмеженим доступом; можливим вмістом небезпечних для здоров'я речовин у вигляді газів або суспензій; слабкою вентиляцією; ускладненістю евакуації потерпілого під час рятувальних робіт.

Роботи в замкнутому просторі відносять до газонебезпечних робіт, тому що під час їх проведення можлива або не виключена можливість виділення в

робочу зону вибухонебезпечних чи шкідливих парів, газів, інших речовин, здатних викликати вибух, загоряння у кількостях, що перевищують ГДК. Під час виконання таких робіт не виключена можливість виділення у робочу зону вибухо- та пожежонебезпечних або шкідливих парів, газів. Також ці роботи супроводжуються недостатнім вмістом кисню (об'ємна частка нижче 20%).

До виконання робіт в замкнутому просторі допускаються працівники не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, інструктажі, навчання та перевірку знань з охорони праці. Періодична перевірка теоретичних знань і практичних навичок працівників повинна проводитися не рідше одного разу на 12 місяців. Працівники, які не пройшли перевірку знань з охорони праці, не можуть бути допущені до самостійної роботи в замкнутому просторі.

Роботи у замкнутому просторі мають проводитись виключно кваліфікованим персоналом, який забезпечений всіма необхідними засобами індивідуального захисту (ізолюючими протигазами, рятувальними поясами, спецодягом тощо) та колективного захисту (газоаналізаторами та/або газосигналізаторами, ліхтарями).

На кожному підприємстві має бути розроблена інструкція, яка уточнює порядок підготовки та безпечного проведення газонебезпечних робіт відповідно до конкретних виробничих умов. На підприємстві у кожному підрозділі необхідно розробляти перелік газонебезпечних робіт. У переліку повинно бути зазначено окремо газонебезпечні роботи: I групи – які виконуються з оформленням наряду-допуску; II групи – які виконуються без оформлення наряду-допуску, але з обов'язковою реєстрацією у відповідному журналі; III групи – викликані необхідністю ліквідації або локалізації аварійних ситуацій і аварій.

Повітряне середовище в замкнутому просторі може містити вибухонебезпечні та/або отруйні гази, вміст кисню може бути недостатнім. Недостатній вміст кисню означає, що його відсоткове співвідношення в повітрі замкнутого простору нижче безпечної межі. Вміст кисню в газоповітряному середовищі замкнутого простору може знизитися з декількох причин: через горіння; внаслідок корозії металу; через розкладання органічного матеріалу; утворення вуглекислого газу у крейдянному ґрунті; розкладання осаду у каналізаційному колекторі; витоку газу з газопроводу; внаслідок викидних газів установок та автотранспортних засобів; присутності різноманітних відходів виробничих підприємств тощо. внаслідок витіснення кисню більш важкими газами. Від низького вмісту кисню найбільше страждає центральна нервова система. Відбувається порушення дихання, втрата сил. Вибратися на свіже повітря працівнику стає все важче. Тривале «кисневе голодування» призводить до смерті. У вузькому просторі, використовуючи ізолюючі засоби захисту органів дихання, працівнику може бути важко самостійно спускатися і підніматися вздовж анкерної лінії. У цьому випадку другий працівник може здійснювати його спускання й піднімання.

До основних видів небезпек у замкнутих просторах належать:



механічні небезпеки: загострені частини; ріжучі частини; падаючі об'єкти; висота від поверхні; високий тиск рідини; нестійкість; кінетична енергія; нерівна або слизька поверхня; накопичена енергія;

електричні небезпеки: електрична дуга; електростатична електрика; струмопровідні частини; частини, які стали провідними в результаті несправності; коротке замикання;

термічні небезпеки: вибух; полум'я; предмети або матеріали з екстремально високою або низькою температурою; випромінювання з джерел тепла;

небезпеки, створені матеріалами та речовинами: аерозолі; біологічні та мікро-біологічні (вірусні або бактеріальні) збудники; легкозаймісті матеріали; пил; вибухові речовини; рідини; випари; газ; імла; окиснювачі;

небезпеки через недотримання ергонометричних принципів: складний доступ; надмірні зусилля; недостатнє місцеве освітлення; незручна поза;

небезпеки пов'язані з середовищем, в якому виконуються роботи: пил та імла; вологість; забруднення; температура; вода; недостатність кисню; комбінація небезпек.

Перед початком робіт в каналізаційних колодязях, відстійниках, зливних ямах необхідно провести аналіз загазованості на наявність шкідливих та небезпечних речовин та, при необхідності, забезпечити їх вентиляцію (перед спуском в колодязь необхідно упевнитись у відсутності шкідливих і небезпечних газів за допомогою переносного газоаналізатора). Виконувати роботи у замкнених просторах повинна бригада не менше ніж з трьох працівників, відкриті каналізаційні колодязі повинні бути огорожені з метою запобігання потрапляння до них людей, тварин або наїзду транспортних засобів. Під час спуску в колодязь, виконуючий роботу повинен одягнути запобіжний пояс зі страхувальною мотузкою, яку повинен весь час тримати інший працівник, що знаходиться на поверхні. Всі засоби, які використовуються в роботі, повинні бути в справному стані. Під час робіт у середині споруд каналізаційної мережі категорично заборонено застосовувати відкритий вогонь, перевіряти наявність газу вогнем. Роботи, пов'язані з можливим виділенням вибухонебезпечних газів, повинні виконуватись з застосуванням інструментів і пристроїв, які не дають іскру, для освітлення використовувати світильники напругою не вище 12 В у вибухозахищеному виконанні. Під час проведення робіт, особливо під дією високих температур у літні дні, можливе виділення в робочу зону вибухонебезпечних або шкідливих парів, газів та інших речовин, здатних викликати вибух, загоряння, отруйну дію на організм людини, недостатній вміст кисню. За необхідності перебування в замкненому просторі понад одну особу, слід вживати відповідних заходів безпеки. При цьому збільшується кількість осіб-страхувальників (на одного працюючого – по одному страхувальнику).

На проведення газонебезпечних робіт оформлюється наряд-допуск, який передбачає розробку та подальше виконання комплексу заходів з підготовки та безпечного проведення робіт.

Основними причинами травмування під час виконання робіт у замкнутих просторах є: незадовільна організація робіт; виконання робіт без оформлення нарядів-допусків; не проведення перевірки приладів аналізу повітряного середовища перед виконанням робіт; незабезпечення працівників засобами колективного та індивідуального захисту під час виконання ними робіт підвищеної небезпеки; допуск до виконання робіт підвищеної небезпеки осіб, які не пройшли навчання, інструктажів з охорони праці; низький рівень виробничої дисципліни, культури виробництва, безвідповідальність посадових осіб та безпечність виконавців робіт підвищеної небезпеки. Неухильне та осмислене виконання усіх організаційних і технічних заходів щодо створення безпечних умов проведення робіт дозволить суттєво знизити ризики настання нещасних випадків.

#### **Список використаних джерел**

1. Войналович О. В., Марчишина Є. І., Білько Т.О. Охорона праці у сільському господарстві. К: Центр навчальної літератури. 2017. 691 с.
2. Войналович О. В., Марчишина Є. І., Кофто Д. Г. Безпека виробничих процесів у сільськогосподарському виробництві. К: Видавничий центр НУБіП України. 2015. 418 с.

**УДК 614.8:631.3**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ТА ШКІДЛИВИХ ВИРОБНИЧИХ ЧИННИКІВ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ ПРАЦІВНИКІВ МАШИНОБУДУВАННЯ**

**Є. І. МАРЧИШИНА**, доцент, канд. с.г. наук  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: marchyshyev@gmail.com

Провідними факторами виробничого середовища та трудового процесу у працівників основних професій у машинобудуванні є: інтенсивний шум, шкідливі хімічні речовини (важкі метали, оксид вуглецю, мастильноохолоджуючі рідини, бензапірен тощо), виробничі аерозолі, несприятливі показники мікроклімату, низька освітленість. На великих підприємствах машинобудування, крім згаданих шкідливих факторів, працівники контактують з фізичними факторами (локальною та загальною вібрацією, електромагнітним, інфрачервоним, ультрафіолетовим, лазерним випромінюванням), промисловими аерозолями (пил силікатовмісний, кремнійвмісний, деревний, металевий, електрокорунд), хімічними речовинами 1-4 класів небезпеки. При цьому працівники піддаються одночасному впливу 2-3 факторів виробничого середовища з перевищенням ГДК шкідливих речовин

та ГДК фізичних факторів. У виробництві використовуються речовини, здатні викликати утворення злоякісних та доброякісних пухлин (формальдегід, мастильноохолоджувальна рідина, бензол). Умови праці здебільшого відповідають 3 класу шкідливих умов, підкласам 3.1 (28,5%) та 3.2 (37,0%), рідше – підкласу 3.3 (11,0%) [1].

Серед факторів, що формують шкідливі умови праці, у працівників основних професій описуються також інтелектуальні, сенсорні (навантаження на зоровий аналізатор), емоційні навантаження, вимушена робоча поза, тривале зосереджене спостереження, що підтверджують тяжкість та напруженість трудового процесу. Виявлено порушення показників репродуктивного здоров'я чоловіків, а також зростання захворюваності сечостатевої сфери, онкологічні захворювання, хвороби шкіри та підшкірної клітковини, органів травлення та дихання [2].

Умови праці працівників машинобудування характеризуються підвищеним вмістом у повітрі робочої зони шкідливих хімічних речовин (ксилол, толуол, ацетон, аміак, оксид марганцю) та аерозолів переважно фіброгенної дії, впливом фізичних факторів (шум, вібрація, теплове випромінювання, що перевищують ГДР, тяжкістю та напруженістю трудового процесу. При цьому на різних робочих місцях діє комплекс виробничих факторів з різною комбінацією встановлених для кожного з них класів шкідливості та (або) небезпеки, у зв'язку з чим для уточнення умов праці визначається інтегральний показник професійної шкідливості. Гігієнічна оцінка умов праці працівників машинобудування показала переважання (57,5%) шкідливих підкласів 3.1-3.3. Виявлено перевищення ГДР з шуму, локальної та загальної вібрації, теплового випромінювання. Протягом усієї зміни працівники контактують із мастильно-охолоджувальними рідинами – 68%, важкими металами – 14%, працюють в умовах перегрівання – 14%. Виявлено високий канцерогенний ризик від ізолюваного впливу бензапірену [2].

Сучасне машинобудування характеризується комплексним та поєднаним впливом шкідливих факторів виробничого середовища та трудового процесу, що супроводжується формуванням різних видів патології, значне місце серед яких займають серцево-судинні захворювання. У машинобудуванні досі недостатньо вивченими є взаємозв'язок традиційних чинників ризику з психосоціальними виробничими чинниками, і навіть їх внесок у формування виробничо обумовлених захворювань працівників [3]. На підприємствах машинобудування заслуговують на увагу питання виробничого травматизму, що є прямим наслідком незадовільних умов та охорони праці.

### **Список використаних джерел**

1. Balabanova L.A., Imamov A.A., Kamaev S.K. About the role of working conditions in the occurrence of reproductive ' health disorders in engineering workers. Journal of Occupational Health and Industrial Ecology. 2019. (9). 556-566.

2. Balabanova L.A., Kamaev S.K., Imamov A.A., Radchenko O.R. Risk assessment of health disorders in employees at the machinery enterprise. Hygiene and Sanitation. 2020. 99(1). 76-79.

3. Войналович О. В., Марчишина Є. І., Кофто Д. Г. Безпека виробничих процесів у сільськогосподарському виробництві. К. Видавничий центр НУБіП України. 2015. 418 с.

**УДК 614.8:631.3**

## **ELECTROMAGNETIC FIELDS AND THEIR IMPACT ON WORKERS' HEALTH**

**Ye. I. MARCHYSHYNA**, docent, Ph.D.

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

*E-mail: marchyshyev@gmail.com*

Electromagnetic fields (EMFs) are produced by differences in voltage (electric field) or by electric current flow (magnetic field). Everyone is exposed to a complex mixture of weak electromagnetic fields in their living and working environment. Most of the workplaces, such as office environments, have only low electromagnetic fields that can be regarded as harmless. On the other hand, in some work environments there are higher EMFs that need to be taken into account. For example, occupational activities that can result to higher EMF exposure are electric welding, certain medical imaging devices, RF (radio frequency) sealing, induction heating and electrolysis processes. In addition, there are also synergistic effects due to simultaneous exposure to various biological, chemical, and physical agents that need to be considered. These types of workplaces should conduct an exposure assessment to ascertain that the workers' exposure is below the recommended limits. In very high overexposure situations, individuals can experience acute health effects, such as nerve stimulations at low frequencies or thermal effects at higher frequencies. The risks and exposure in the workplace can be reduced by appropriate technical measures.

Changes in our environment or external stimuli may evoke biological effects. These effects are part of normal life and the body can adjust to most of these situations. Biological effects themselves are not dangerous to health. However, in some cases, when the stimulus is very strong or long lasting, the effects can lead to adverse health effects. The way that the electromagnetic fields can affect health will depend on the frequency, strength and duration of the exposure. The occupational exposure limits are set in such a way that there will be no adverse health effects as long as there is adherence to the limits.

With low frequency fields (<100 kHz), the main biological effect is the stimulation of the nervous system and subsequent sensory effects. Very strong

electromagnetic fields can induce internal electric fields that stimulate nerves and muscles. The induced electric fields may disrupt the activity of nerves and these can trigger, for example, visual magnetophosphenes (flashes of light seen when one is subjected to a changing magnetic field such as when in an MRI). However, there is no evidence that the magnetophosphenes have any adverse health effects. Nonetheless, continuous visual disturbances are annoying and may lead to other secondary risks in the workplace. Very strong static magnetic fields can also produce nausea and vertigo due to static field gradients. The effects at low frequencies are acute and will cease when the source is removed. Well-known biological effects are nerve stimulation at low frequencies and heating at high frequencies. Occupational exposure to IF fields in certain areas is higher than the exposure of the general public. However, there is a paucity of research on IF and health risks in occupational settings or for the general public are scarce.

With respect to radio frequency fields the tissue heating is the principal mechanism. Tissue heating is the most widely accepted mechanism of interaction between RF energy and the human body. Short exposure durations may not be sufficient to significantly contribute to tissue temperature rise. In this case, the time rate of rise in temperature is proportional to SAR (specific adsorption rate). With longer exposure durations the rise in temperature depends on the tissue, thermal regulatory behaviour and an active compensation mechanism. Under normal conditions, a temperature rise of the order of 1°C can result from an SAR input of 4 W/kg. It should be noted that this temperature rise is within the normal range of human thermoregulatory capacity. However, if there is human contact with metallic objects in the high-frequency EMF field, then this can lead to shocks and burns as adverse indirect effects.

In 2018 the Cancer epidemiology, stated that radiofrequency electromagnetic fields should be categorised as carcinogenic to humans (Group 1) based on animal experimental evidence as well on epidemiological studies. In the workplace, all the risks arising from the electromagnetic fields must be assessed. If needed, the electromagnetic fields to which the workers are being exposed should be measured or calculated [1].

During the risk assessments, the following issues need to be taken into account: the frequency, the level, duration and type of exposure, including distribution over the worker's body and the space of workplace; any direct biophysical effects in the human body directly provoked by the presence in electromagnetic field; any effects concerning the health and safety of workers at articular risk, in particular workers who wear implanted medical device, pregnant workers; the existence of replacement equipment designed to reduce the level of exposure to electromagnetic fields; information provided by the manufacturer of equipment and other relevant health and safety related information; multiple sources of exposure; simultaneous exposure to multiple frequency fields. Under certain circumstances, the EMF can pose an additional risk to specific workers. For example, these workers at particular risk are: individuals with passive or active medical devices (e.g. cardiac pacemakers);



individuals using body worn medical devices (e.g. insulin pumps); pregnant women. [2].

Due to the nature of electromagnetic fields, there is very little advantage to be gained in using personal protecting equipment (PPE) to reduce the exposure. Certain PPE are needed and useful to protect the worker from the physical risks related to EMF. The most effective way to reduce the EMF exposure is to control it at its source. There are several approaches that can be used for prevention and mitigation of exposure. For example, the following means can be applied at the workplace: technical measures to reduce the emission of electromagnetic fields, including, where necessary, the use of interlocks, shielding or similar health protection mechanisms;

- adopting other working methods that entail less exposure to electromagnetic fields;
- the choice of equipment emitting less electromagnetic fields, taking account of the work to be done;
- in the case of exposure to electric fields, measures and procedures to manage spark discharges and contact currents via technical means and the training of workers;
- appropriate maintenance programmes for work equipment, workplaces and workstation systems;
- limitation of the duration and intensity of the exposure;
- safety signs, e.g. warning signs for people with active implanted cardiac devices;
- procedures and supervision;
- information and training. [3]

For employees whose work is related to electromagnetic fields, proper health surveillance is provided, as well as the provision of medical records and their availability in accordance with national legislation. Employees must, upon their request, have access to their own personal medical records. If an employee reports any unwanted or unexpected health effects, or in any case where exposures exceeding the EMA are found, the employer must provide appropriate medical examination or individual health surveillance of the employee(s) concerned, as appropriate to national legislation.

### References

1. WHO – World Health Organisation. Electromagnetic fields (EMF). Електронний ресурс: <http://www.who.int/peh-emf/en/>
2. WHO - World Health Organization. Electromagnetic fields. Електронний ресурс: [https://www.who.int/health-topics/electromagnetic-fields#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/electromagnetic-fields#tab=tab_1)
3. Хмельовський В.С., Марчишина Є.І., Білько Т.О., Мотрич М.М., Скібчик В.І. Охорона праці. К. Центр учбової літератури. 2021. 594 с.

УДК 614.8:631.3

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИННИ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ, ЩО СПРИЧИНЯЄТЬСЯ ФІЗИЧНИМИ ФАКТОРАМИ НЕБЕЗПЕКИ**

**Є. І. МАРЧИШИНА**, доцент, канд. с.г. наук

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: marchyshyev@gmail.com*

Оцінку ризиків на робочому місці, тобто оцінку ризиків для здоров'я працівників, що виникають на роботі, необхідно проводити на різних підприємствах та організаціях незалежно від їх сфери діяльності та розміру. Наведений метод найкраще застосовувати на малих та середніх підприємствах. На великих підприємствах цей метод найкраще підходить для оцінки ризиків у цехах та дільницях. Метод полягає у виявленні небезпек за допомогою анкетування. Анкети є швидким та простим способом виявлення небезпек на робочих місцях. Анкети поділено на п'ять видів ризиків. Види ризиків бувають наступні: фізичні фактори; небезпеки нещасного випадку; ергономіка; хімічні та біологічні фактори небезпеки; психологічне навантаження

Анкети містять перелік найзагальніших чинників небезпеки. При цьому матеріали анкети складають так, що вони підходили для перевірки різних робіт та робочих зон. В анкеті з максимальною точністю описується небезпечна ситуація, що виникла на робочому місці, оцінюється величина ризику, з'ясовуються необхідні заходи, вказується відповідальна особа та графік виконання намічених заходів.

Візьмемо для прикладу «Фізичні фактори небезпеки (F)».

Зміст анкети. Фізичними факторами ризику на робочому місці працівника є шум, температура, рух повітря, освітлення, випромінювання тощо. Фізичні фактори небезпеки є загальними факторами виробничого середовища та бувають однаковими на різних робочих місцях.

F 1. Постійний шум. Це означає, що рівень звуку, що виникає на робочому місці, іноді залишається постійним. Граничне значення постійного шуму 85 дБ, якщо працівник підпадає під його дію протягом 8 годин. Шум нижчих рівнів може знизити працездатність, викликати утруднення передачі інформації або є також неприпустимим через постійне занепокоєння.

F 2. Імпульсний шум. Мається на увазі раптовий гучний звук. Імпульсний характер шуму додає ризику пошкоджень органу слуху. Граничне значення такого шуму 140 дБ. Для точної оцінки імпульсного шуму, а також надзвичайно високого або низького рівня постійного шуму потрібно проводити різнобічні вимірювання.

F 3. Температура повітря на робочому місці. Температура повітря та вологість повітря при необхідності та по можливості повинна регулюватись. Рекомендації щодо температури, які наведені для різних категорій робіт, та

граничні значення наступні:

- Легка сидяча робота - 21–25 °С, максимум 28 °С.
- Інша легка робота - 19–23 °С, максимум 26 °С.
- Робота середньої важкості - 17–21 °С, максимум 23 °С.
- Важка робота - 12–17 °С, максимум 20 °С.

Ф 4. Загальний обмін повітря та місцева вентиляція. Загальний обмін повітря робочого приміщення має бути достатнім та організованим. За потреби він доповнюється засобами місцевої витяжної вентиляції.

Ф 5. Протяги. Залежно від роботи та температури швидкість повітряних потоків може бути шкідливою. Наприклад, відкриті вікна та двері можуть викликати запальні процеси в організмі працівників та втрату працездатності. У внутрішніх приміщеннях швидкість повітря не має перевищувати 0,5 м/сек.

Ф 6. Холодні та гарячі предмети. При контакті з ними на роботі у працівника може бути ураження у вигляді опіків або обмороження. Гарячі або дуже холодні частини технічних пристроїв при необхідності потрібно захистити так, щоб працівник не міг наразитися на таку небезпеку. Працівнику повинен бути виданий за потреби захисний комбінезон або спорядження для роботи з гарячими чи дуже холодними предметами.

Ф 7. Робота на свіжому повітрі. Рівні ризиків при роботі на відкритому повітрі визначаються тривалістю роботи, температурою повітря, швидкістю повітряних потоків, сонячною радіацією, опадами та небезпекою посковзнутись. Рівень ризику підвищується під час роботи на проїжджій частині.

Ф 8. Загальне освітлення. На робочому місці має бути достатньо освітлення, особливо на робочих поверхнях та у місцях переміщення. При оцінюванні достатності освітлення необхідно враховувати вплив денного світла, пору року та доби, погодні умови та використання сонцезахисних засобів та спрямованих світильників. Освітлення не повинно засліплювати.

Ф 9. Місцеве освітлення на робочому місці. У разі потреби загальне освітлення слід доповнювати місцевим освітленням. Місцеве освітлення надзвичайно важливе на роботах, що потребують великої точності. Недостатнє освітлення збільшує ризик нещасних випадків і стомлює.

Ф 10. Безпечне та сигнальне освітлення шляхів пересування. На шляхах пересування має бути достатнє освітлення, а шляхи евакуацій повинні бути вказані світловідбивним вказівником-транспарантом.

Ф 11. Зовнішнє освітлення. На території, що не відноситься до робочого місця (наприклад, складські приміщення, територія підприємства, шляхи пересування) має бути достатнє освітлення.

Ф 12. Вібрація. Щодо локальної та загальної вібрації, спрямованої на руки і все тіло, слід з'ясувати, чи є на робочому місці верстати або пристрої, що викликають вібрацію (наприклад, пневматичні та електричні ручні інструменти, рухомі механізми), чи є у працівників симптоми, викликані вібрацією. Вимірювання рівнів вібрації та аналіз результатів є завданням фахівців.

Ф 13. Ультрафіолетове випромінювання. Ультрафіолетове

випромінювання виникає при зварюванні, застосуванні деяких видів ламп і при сонячному освітленні. Ультрафіолетове випромінювання може спричинити опік шкіри або запалення рогової оболонки очей.

F14. Електромагнітні поля. Електромагнітні поля виникають, наприклад, поблизу індукційних підігрівачів або печей. Про вплив на здоров'я електромагнітних полів існують суперечливі відомості.

Визначення величини ризику. Імовірність ризиків, що завдаються фізичними факторами небезпеки, можна визначити порівнянням результатів вимірювань із гранично допустимими значеннями, або оцінити її на основі тривалості чи частоти впливу.

Таблиця 1

Визначення величини ризику, що викликається фізичними факторами

| Ймовірність                                            | Наслідки                                                                                    |                                                                                        |                                                                                        |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                        | Легкі<br>Незручний стан,<br>роздратування, незначне<br>захворювання, що швидко<br>проходить | Середньої<br>важкості<br>Опіки, тривала легка<br>шкода, перешкоди для<br>органів слуху | Важкі<br>Рак, спричинений<br>умовами роботи, астма,<br>тривала серйозна дія,<br>смерть |
| Мала<br>Вплив -10-50% від<br>нормативної величини      | 1 Малозначний<br>ризик                                                                      | 2 Малий ризик                                                                          | 3 Помірний<br>ризик                                                                    |
| Середня<br>Вплив - 50-100% від<br>нормативної величини | 2 Малий ризик                                                                               | 3 Помірний<br>ризик                                                                    | 4 Значний ризик                                                                        |
| Висока<br>Вище нормативних<br>значень                  | 3 Помірний ризик                                                                            | 4 Значний<br>ризик                                                                     | 5 Недопустимий<br>ризик                                                                |

Наприклад: Рівень шуму робочому місці А протягом 8 годин 80 дБ. Імпульсного шуму нема. Яка величина ризику у приміщенні протягом робочого дня для працівника?

|                     |                                                                         |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Фактор небезпеки:   | Виробничий шум                                                          |
| Опис ситуації:      | Рівень шуму 80 дБ(А)                                                    |
| Наслідки:           | Легкі (немає перешкод для органів слуху, недостатньо зосереджена увага) |
| Ймовірність ризику: | Високий (протягом всього робочого дня, нема захисних засобів)           |
| Рівень ризику:      | 3 - помірний                                                            |

Усунення фізичних факторів небезпеки є найбільш ефективним та економічним заходом щодо оздоровлення умов праці на робочих місцях. Наступні скориговані заходи зазвичай бувають дорожчими і складнішими. На діючих робочих ділянках шум можна зменшити, помістивши джерела шуму в

захисні укриття. Чинники, пов'язані з обміном повітря, потрібно визначати в міру виконання заходів, серед таких, що регулюють величину повітрообміну, - перевірка роботи вентиляційного обладнання та його обслуговування. Наслідки, спричинені занадто високою або низькою температурами, можна зменшити за допомогою невеликих технічних та конструктивних рішень.

#### **Список використаних джерел**

1. Войналович О. В., Марчишина Є. І., Білько Т.О. Охорона праці у сільському господарстві. К: Центр навчальної літератури. 2017. 691 с.
2. Войналович О. В., Марчишина Є. І., Кофто Д. Г. Безпека виробничих процесів у сільськогосподарському виробництві. К: Видавничий центр НУБіП України. 2015. 418 с.
3. Войналович О. В., Марчишина Є. І. Охорона праці у галузі (харчові технології) . К: Центр навчальної літератури. 2018. 582 с.

**УДК620.669.22**

### **ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДЕРЕВООБРОБНОЇ ГАЛУЗІ**

**О. Є. СЕМЕНОВСЬКИЙ**, кандидат технічних наук, доцент,  
**О. В. МИХНЯН**, кандидат технічних наук

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
E-mail: semenovski@ukr.net, mixnyan@ukr.net*

На всіх етапах розвитку людства розширювалося і застосування деревини, особливо в будівництві, для виготовлення меблів та інших предметів побуту та, навіть, мистецтві.

Значення для життєзабезпечення людини виробів з деревини сьогодні не знизилася і, безсумнівно, збережеться в майбутньому. Це пояснюється багатьма причинами і, перш за все, завдяки найціннішим властивостям деревини як конструкційного матеріалу.

Незважаючи на широкий спектр застосування виробів з деревини та їх конструкції, теоретичні основи технологічних процесів деревообробки розвивались менш стрімкими темпами в порівнянні, наприклад, з технологіями обробки металів.

У будь-якому деревообробному виробництві обробка деревини відбувається по етапах, в процесі яких, кінцевому виробу з деревини надають певні властивості, які повинні відповідати певним вимогам ринку. Тільки при виконанні цих вимог можна гарантувати стійкість виробу в процесі його експлуатації, механічну стійкість, незмінність лінійних розмірів в середовищі, де часто виникають зміни вологості і температури.



Особливо гостро стоять питання забезпечення точності геометричних параметрів деталей, а також стійкості до впливу навколишнього середовища в меблевій промисловості. Тому тривалий час вважалося, що натуральна деревина не повністю відповідає цим вимогам із-за схильності до жолоблення під впливом зовнішніх навантажень та зміни вологості.

Основним і майже незамінним конструкційним матеріалом при виготовленні деталей меблів вважались листи ДСП та ДВП.

Але зараз, коли людство все більше уваги приділяє питанням екологічної безпеки питання виготовлення меблів із натуральної деревини набуло особливої актуальності.

Все більше людей розуміє наскільки екологічно небезпечними є меблі, які виготовлені з листів ДСП і ДВП, а не з натуральної деревини, тому містять в своєму складі як фенол-формальдегіди.

Загальновідомо, що для виготовлення листів та елементів меблів використовується суміш деревної тирси та фенол-формальдегідної смоли (що є зв'язуючою - клеючою речовиною), що при високій температурі пресується для надання їй певних геометричних параметрів. З такого матеріалу зроблено майже всі корпусні меблі в сучасних квартирах. Звичайно це є досить економним варіантом меблів. Але смоли, які входять до складу ДСП випаровують шкідливі речовини для людського організму.

Формальдегід, що виділяється з ДСП, вкрай негативно впливає на шкірні покриви, органи дихання і зір людини. Також шкідливий газ небезпечний для центральної та нервової систем. Навіть якщо виробник меблів зі спресованої тирси надає сертифікат якості, такі вироби не можуть бути до кінця безпечні для людського організму.

Практично всі меблі, що складаються з деревинно-стружкових плит (ДСП), є джерелом надходження формальдегіду в наше довкілля, так як формальдегід використовується як компонент клею при виготовленні цих плит. Крім того, формальдегід може виділятися з оздоблювального матеріалу, виготовленого з сполук на основі фенол-формальдегідних смол (різні пластикові вироби, наприклад, жалюзі, стінові і стельові панелі). Ті ж смоли часто використовуються у виробництві і предметів побуту, пластикові прикраси і упаковки.

Формальдегід офіційно вважається канцерогеном, тобто речовиною, що викликає рак. Про це заявило Міжнародне агентство з дослідження раку, що входить до Світової організації охорони здоров'я. Експертами доведено зв'язок формальдегіду з підвищеним ризиком розвитку ракових пухлин носоглотки. Крім того, дані проведених досліджень говорять про те, що ця речовина може призводити до лейкозу.

Тому особливо актуальним є виготовлення меблів з натуральної деревини. Взагалі, деревина була першим конструкційним матеріалом. При виготовленні одного з перших людських знарядь – спису застосовувалась, як механічна обробка деревини – з метою надання відповідної форми, так і хімічна, при якій загострений кінець обпалювався у багатті і таким чином

зміцнювався. З появою ремесел деревина стала одним з перших конструкційних матеріалів для виготовлення прядильних, ткацьких, млинових, гончарних та інших верстатів. Її широко застосовували в вагоно - судно-, авто- та авіабудуванні.

В даний час з неї виготовляють вироби тисяч найменувань. Це перш за все найрізноманітніші меблі, деталі будівель і споруд, численний господарський та спортивний інвентар, музичні інструменти.

Дерево, як конструкційний матеріал відрізняється значною анізотропією властивостей, що обумовлено складною внутрішньою будовою. Деревні матеріали обробляються з порушенням зв'язку між волокнами різанням: пилянням, струганням, фрезеруванням і т.п.

Виготовлення меблів з деревини має не тільки екологічні, але і естетичні переваги, що досягається за рахунок утворення складно профільних поверхонь за рахунок механічної обробки. Окрім того, можливість згинання деревини при виготовленні меблів, надає можливість надання деталям складно профільних об'ємних поверхонь, що може задовольнити найвибагливіший смак.

**УДК620.669.22**

## **ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ РІЗАННЯ В ПРОЦЕСІ ДЕРЕВООБРОБКИ**

**О. Є. СЕМЕНОВСЬКИЙ**, кандидат технічних наук, доцент,  
**Г.М. ПОХИЛЕНКО, О. В. МИХНЯН**, кандидат технічних наук  
*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України, м. Київ*

*E-mail: semenovski@ukr.net, gena\_pgn@ukr.net, mixnyan@ukr.net*

При обробленні матеріалів різанням робота та тертя інструменту по заготовці зумовлює утворення та виділення значної кількості енергії у вигляді теплоти.

Енергія тепла розподіляється між, інструментом, заготовкою і навколишнім середовищем. Якщо при обробці металів та сплавів співвідношення розподілу теплової енергії загальновідомі, тобто в стружку виділяється (60...85 %) тепла, в інструмент (15...35 %), а решта відповідно в заготовку і навколишнє середовище - (1...5 %), (0,5...3 %).

При обробленні деревини практично відсутні реальні дані досліджень реального розподілення теплової енергії, що обумовлено незначною теплопровідністю деревини, а також складністю процесів вимірювання температури в зоні різання при обробленні багаторізцевим інструментом.

Особливість процесу різання при деревообробці в тому, що теплостійкість матеріалу інструменту (в нашому випадку сталь Р18 – 650 °С),

досить висока, а температура, при якій починаються незворотні процеси утворення на обробленій поверхні окислених прошарків, а потім і процеси горіння, тління, значно нижча і не перевищує 200 °С.

Похибка результатів вимірювання температури в зоні різання загальноприйнятним методом штучної термопари перевищувала 80 °С, що пояснюється значною віддаллю зони встановлення термопари від різальної кромки.

На практиці при обробці деревини теплота, яка зумовлює нагрівання заготовки майже не впливає на зміну її розмірів. Нагрівання різального інструменту знижує його зносостійкість і може спричинити зміну розмірів деталі через теплові деформації інструменту. В зоні різання інструмент може нагріватися до значних температур, їх величина сягає 250...380 °С і обмеження накладає теплостійкість матеріалу заготовки - деревини.

Для уточнення отриманих результатів, які стосуються визначення температур в зоні різання, враховуючи інтервал екстремальних температур, нами були досліджені кольори мінливості окисних плівок, що утворились на поверхні інструменту та обвуглецювання заготовки в процесі деревообробки.

Отримані результати за методом дослідження окисних плівок дають можливість досить точно визначати температури різальних кромek та заготовки, а також розподілення температур по тілу різця.

При проведенні дослідів нами встановлено, що різниця між температурою ріжучої кромки інструменту і оброблюваної заготовки при незначних подачах, які мають місце при чистовій обробці, не перевищує 100... 200° С.

### **Висновки.**

1. В роботі визначені дійсні значення температур леза за рахунок використання кольорів мінливості, що утворюються на поверхні інструменту в діапазоні максимально можливих температур при обробці деревини.

2. Визначені температури, які викликають обвуглецювання оброблених поверхонь деревини.

УДК 621.791.92

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТОНКОЇ ТРУБНОЇ РЕШІТКИ ГРІЮЧОЇ КАМЕРИ ВИПАРНОГО АПАРАТУ

Є. С. ДЕРЯБКІНА, к.т.н., доц.,

П. І. МИСАК, магістр

*Державний біотехнологічний університет, м. Харків,*

*E-mail: derjabkina@btu.kharkov.ua*

Удосконалення конструкції і зниження металоємності гріючої камери випарного апарату, що являє собою кожухотрубчатий теплообмінник, можливо забезпечити при заміні товстої трубної решітки ( товщиною 20 мм і більше) на тонку товщиною 2,5-3,0 мм з відбортованими отворами для кріплення трубного пучка[1].

Метою досліджень є розробка заходів і інструменту для забезпечення точності відбортовки, вибору типу зварного з'єднання і способу зварювання труб з відборткуванням отворів в тонкій трубній решітці.

Дослідження виконували на трубній решітці зі сталі 12X18H10T товщиною 2 мм і діаметром 1000 мм з 361 отворами для кріплення труб діаметром 32 x 2 мм і одиничних зразків з 1-2 отворами, відстань між центрами отворів - 48 мм, а між стінками -14 мм. Форма і висота відбортовки залежить від кроку розташування отворів в решітці, діаметру отвору під отбортовку. Розміри елементів відбортовки визначали розрахунком. Внутрішній радіус вигину R між суміжними отворами дорівнює 3,7 мм, радіус вигину по середній лінії дорівнює 4,95 мм. Кут нахилу відборткованої частини отвору  $15^{\circ}$ , а висота циліндричної частини отвору -2 мм. Діаметр свердлування отвору під відбортовку складає 23,5 мм, а висота відбортовки дорівнює 10,5 мм [2].

Для відбортовки отворів у тонкій решітці спроектований інструмент - протяжка (по типу металоріжучої протяжки, але без ріжучих зубів). Зуби на конічній і циліндричній поверхні протяжки округлені і відполіровані. Вісім зубів на конічній поверхні призначені для відбортовки отворів, а сім на циліндричній - калібрують отвори до діаметру 34 мм, свердлування отворів під відбортовку виконували на пакеті з 2-6 трубних решітках в кондукторі з накладним шаблоном. Протяжка закріплюється на штоку поршня гідроциліндру з тяговим зусиллям 6000 кН і ходом поршню 120 мм. У отворі решітки встановлюють протяжку, яка при прямому ході поршня відбортковує отвір, при зворотному ході - виводиться з отвору решітки. Така технологія свердлування отворів і послідовність їх відбортовки (від центру до країв в діаметрально розташованих напрямках), забезпечує совісність отворів і мінімальні прогини решітки.

Дослідження по вибору типу зварного з'єднання труб з тонкою трубною решіткою виконували на нахлесточних зварних з'єднаннях, вибраних по

аналогії кріплення труб у товстій трубній решітці без виступу і з виступом на 2-3 мм труби над відбортовкою трубної решітки. Зварні з'єднання виконуються ручним і автоматичним аргонодуговим зварюванням вольфрамовим електродом, який не плавиться, з присадкою і без неї.

Якість зварних з'єднань оцінювалася зовнішнім оглядом швів і механічними випробуваннями на зріз зварних з'єднань і прогином трубної решітки. Прогин трубної решітки визначали щупом, що поміщається між трубної решіткою і опорою.

Максимальну міцність (6660 кН) мають нахлесточні з'єднання при виступанні труби на 2-3 мм над відбортовкою, виконані без присадки автоматичним зварюванням в аргоні електродом, який не плавиться. Однак у цьому зварному з'єднанні є щілинний зазор (0,5-1,0 мм) між трубою і відбортовкою, який обумовлює концентрацію напружень і ймовірність щілинної корозії і тріщин у корені зварного шва. Зазор можливо виключити при заміні нахлесточного зварного з'єднання стиковим швом торців відбортовки отворів і труби. Встановлена можливість приварювання труби встик до відбортовки отворів автоматичним зварюванням в аргоні без присадки електродом, який не плавиться.

Механічні випробування на розривання показали, що при стиковому з'єднанні забезпечується достатньо висока міцність (6790 кН), величина якої практично рівноцінна міцності кріплення труби в товстій трубній решітці (6840 кН). У стиковому з'єднанні одиночної трубної решітки середня величина прогину складає 0,2 мм.

Для забезпечення стабільного якісного формування стикового шва, що з'єднує торці труби і відбортовки, спроектована зварювальна установка, що складається з пальника, механізму її кругового переміщення, системи змінного підведення струму і аргону, що забезпечує точність горизонтального розташування підігнутого кінця електроду відносно стику, який зварюють. Запалювання дуги і час обертання голівки синхронізовано і здійснюється автоматично. Задовільне формування стикового шва встановлено при зварювальному струмі 70-75 А, напрузі дуги -10-11 В, швидкості зварювання - 11,0-12,0 м/год., витраті аргону у пальнику -8-10 л/ хв.

Впровадження результатів досліджень дає підставу для використання тонких трубних решіток, що дозволить забезпечити суттєве зниження металоємності і скоротити витрати дефіцитної високолегованої сталі на виготовлення гріючої камери випарного апарату.

### **Список використаних джерел**

1. Орлик Г.В. Удосконалення технології зварювання теплообмінних апаратів / Г. В. Орлик, А. Г. Орлик, А. Ю. Сапожніков // Альманах сучасної науки та освіти.- - 2016. - № 12 (114). - С.71-74.

2.Дерябкіна Є.С. Спосіб кріплення труб до тонкої трубної решітки кожухотрубчатого теплообмінника /Дерябкіна Є.С. // Збірник наукових праць «Машинобудування». – Харків: «УІПА», 2019. – Вип.23. – С. 107-114.



УДК 631

## СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

**І. П. СИСОЛІНА**, к.т.н., доц.,

**П. Г. ЛУЗАН**, к.т.н., доц.

*Центральноукраїнський національний технічний університет,  
м. Кропивницький*

Інноваційний розвиток підприємства, галузі, країни впливає на рівень конкурентоспроможності їх на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Останнім часом стали поширеними ряд ідей, що стосуються сільськогосподарського машинобудування, такі як:

- датчики врожайності, які дозволяють застосовувати диференційоване внесення добрив, а також визначати стан посівів на всьому полі, наприклад, за допомогою інфрачервоного світла (наукова ідея отримала підтвердження у 2015 році, стала мейнстрімом у 2018 р.);

- сільськогосподарські роботи (агророботи): автоматизація збирання фруктів, оранка полів, догляд за ґрунтом, прополювання, посів, зрошення та інші необхідні технологічні операції (наукова життєздатність доведена у 2018 році);

- роботизовані фермерські рої – комбінація (десятків або сотень) сільськогосподарських роботів з тисячами мікроскопічних датчиків, які разом могли б відстежувати, прогнозувати, вирощувати та збирати врожай і практично без втручання людини (наукова життєздатність напрямку, як очікується, може бути доведена у 2023 році) [1].

Сільськогосподарські поля залежать від місцезнаходження, тому ГІС-технологія стає корисним інструментом, з точки зору точного сільського господарства. Використовуючи геоінформаційні технології в сільському господарстві, фермери можуть скласти карту поточних і майбутніх змін кількості опадів, температури, врожайності, здоров'я рослин тощо. Також воно дозволяє використовувати застосунки на основі GPS, сумісні з інтелектуальними технологіями для оптимізації внесення добрив та пестицидів у сільському господарстві; з огляду на те, що фермерам не потрібно обробляти все поле, а обробляти тільки певні ділянки, вони можуть досягти економії грошей, зусиль і часу. Ще однією великою перевагою ГІС-технологій в сільському господарстві, є використання супутників та агродронів для збору цінних даних про рослинність, ґрунтові умови, погоду та рельєф з висоти пташиного польоту. Такі дані значно покращують точність прийняття рішень у сільському господарстві.

За допомогою сучасних інноваційних технологій в сільському господарстві, таких як дрони, фермери мають можливість з високою точністю визначати біомасу врожаю, висоту рослин, наявність бур'янів та насиченість

водою на певних ділянках поля. Вони надають більш якісні і точні дані з вищою роздільною здатністю в порівнянні з супутниками. Незважаючи на те, що агродрони прості у використанні і здатні збирати великі обсяги даних в короткі терміни, при їх постійному використанні виникають проблеми як і раніше, оскільки така технологія не з дешевих. Дрони практично безпорадні там, де сільському господарству потрібно картографування або моніторинг великих територій, і краще доповнити цю технологію супутниковим моніторингом вже нанесених на карту ділянок, де конкретні зони потрібно перехресно перевірити [2].

Все ширше застосовуються прогресивні сучасні технології мінімального обробітку ґрунту й точного землеробства, що впливає на мінімізацію техніко-технологічного впливу на ґрунт під час його обробітку, що підвищує економічну ефективність й екологічність процесу вирощування сільськогосподарських культур за рахунок зменшення рівня витрат палива, добрив, засобів захисту рослин, скорочення використання сільськогосподарської техніки, зменшення ущільнення ґрунту, зростання врожайності, оптимізації сівозмін, покращення стану природного середовища тощо [3].

Крім технології "No-till", останнім часом з'являється технологія "Strip-till" (смуговий обробіток ґрунту), за якої також відбувається мінімальна обробка ґрунту. Вона поєднує в собі переваги звичайної обробки ґрунту, такі як просушку ґрунту і прогрів, із можливістю їх захисту при ріллі завдяки тому, що зачіпається лише та ділянка ґрунту, в яку закладається рядок насіння. Також ця технологія дає змогу успішно проводити підкорінне підживлення рослин із застосуванням як натуральних, так і органічних добрив при використанні відповідної техніки [4]. До її недоліків відносять те, що система не придатна для глинистих ґрунтів, залежність від кліматичних умов (наприклад, у випадку ранніх заморозків технологія є неефективна), складність точного налаштування сільськогосподарської техніки, проблеми в адаптуванні (потреба заміни машинно-тракторного парку (трактори із системою навігації GPS); суттєві фінансові витрати), неефективність смугового обробітку ґрунту на полях зі складними ландшафтними умовами тощо.

Все ширше розвиваються напрями пов'язані з органічним землеробством; мікрозрошенням тощо. Більшість країн проявляє значний інтерес до виробництва сільськогосподарської "еко"-продукції, вирощеної з мінімальним обробітком ґрунту, повною відмовою від використання ГМО та засобів захисту рослин [5]. Органічне сільське господарство передбачає відмову від використання мінеральних добрив і пестицидів, а також застосування стимуляції біологічної активності ґрунтів.

Тенденція розвитку землеробства характеризується створенням умов для стабільного управління станом ґрунтів. У цьому аспекті провідна роль належить зрошенню та осушенню земель, використання яких мінімізують залежність сільськогосподарського виробництва від умов природного вологозабезпечення. Нині існує п'ять типів систем мікрозрошення, а саме:

кругові, канално-міжрядні, краплинні, барабанні та лінійні. Серед наведених, краплинне зрошення є популярним в Україні, починаючи з 2004 р. [6].

Виробники тракторів, такі як John Deere, також показали зразки тракторів з електрогенераторами і припустили, що завдяки економії палива незабаром стануть реальністю гібридні та повністю електричні сільськогосподарські машини.

Приходять до агротехнічних робіт, які виконують польові роботи – сівба, прополка або внесення добрив і зернозбиральні роботи.

Роботи для прополки також були розроблені для автоматизації низки процесів: вони розпізнають будь-які бур'яни (через інструменти аналізу зображень) і переміщуються по полю, використовуючи датчики і камери, дотримуючись при цьому слідів шин, щоб уникнути пошкодження врожаю. Такий «роботизований бродяга» також є частиною експерименту «Гектар без рук» в Університеті Харпера Адамса.

Сільськогосподарські машини також можуть бути оснащені більш широким асортиментом аксесуарів для виконання різних завдань, що скорочує потребу в транспортних засобах. Це обов'язково зробить їх більше і важче, що спричиняє винаходи нових компонентів, таких як високогнучкі шини, чистіші/ефективніші двигуни (SGR, EGR тощо), і більш досконалих контролерів для передачі обчислювальних даних між пристроями [7].

Таким чином, щоб включатися в інноваційний процес необхідно проводити власні інноваційні дослідження, залучати інвестиції та мати державну програму по розвитку сільськогосподарського машинобудування.

### Список використаних джерел

1. 8 технологій які невдовзі змінять сільське господарство [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://landlord.ua/news/8-tekhnologii-iaki-nevdovzi-zminiat-silске-hospodarstvo/>
2. Інноваційне підприємництво [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/view.php?id=357314&chapterid=131094>
3. Білінська В. Сучасні інноваційні технології в сільському господарстві: основна характеристика та перспективи впровадження // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка, 2015; 7 (172): 74-80 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://bulletin-econom.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2015/11/172\\_11.pdf](http://bulletin-econom.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2015/11/172_11.pdf)
4. "Стрип-тілл": шляхом проб і помилок [Електронний ресурс] // Український журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". – 2015. – № 2. – Режим доступу: <http://www.propozitsiya.com/?page=146&itemid=4105>
5. Петров В. М. Технічне забезпечення інноваційних технологій у рослинництві / В. М. Петров // Економіка АПК. – 2013. – № 2. – С. 100.
6. Інноваційні трансформації аграрного сектора економіки : [монографія] / [О. В. Шубравська, Л. В. Молдован, Б. Й. Пасхавер та ін.] ; за ред. д-ра екон. наук О. В. Шубравської ; НАН України, Ін-т екон. та прогнозув. – К., 2012. – 496 с.

7. Топ-10 техно-трендів для сільського господарства [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agroprofi.com.ua/statti/1817-10>

УДК 621.793

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНОЇ МІЦНОСТІ Й СТАБІЛЬНОСТІ ТОЧКОВИХ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

**І. М. РИБАЛКО**, доктор технічних наук

**О. В. ТІХОНІВ**, кандидат технічних наук, доцент

**Б. В. ТІТОВ**, здобувач вищої освіти

*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

*E-mail: kafedraTSRP@i.ua*

Точкове зварювання при виготовленні та ремонті просторово-листових конструкцій транспортних засобів є технічно та економічно доцільним способом з'єднання деталей. Якість точкового зварювання з'єднань дозволяє підвищити застосуванням точкового зварювання з периферійним обтисканням зони зварювання.

Ступінь досконалості технології виконання точкових зварних з'єднань можна оцінити шляхом випробування зразків. Випробування на міцність зразків з'єднання, виконаних по обраному технологічному процесу, є першою практичною перевіркою його якості. За допомогою зразків трапляється можливість визначити з великою точністю міцність з'єднання в напрямку дії на з'єднання навантаження в експлуатації. Випробування одного типу розміру зразка, виконаного за різною технологією, дає можливість визначити, який технологічний процес (схема точкового зварювання) забезпечує більшу міцність.

Дослідження з'єднання на зразках не вимагає великих матеріальних витрат, часу на виготовлення зразків і спеціальних іспитових стендів або установок. Зразки в більшості випадків випробовують на універсальних іспитових машинах.

Точність і вірогідність результатів, отриманих при випробуванні зразків, залежить від розмірів і форми зразків, технології їх виготовлення й старанності обробки їх результатів. Для цього, щоб визначити залежність міцності з'єднання від аби-якого фактора, необхідно провести випробування, змінюючи тільки цей досліджуваний фактор.

У даній роботі стосовно до схеми точкового зварювання з обтисканням периферійної зони точки експериментально досліджувалася залежність міцності однієї точки при випробуванні на зріз  $P_{роз}$  залежно від величини зварювального струму  $I_{зв}$ . Інші параметри режиму зварювання не змінювалися (рис. 1). Для порівняння така ж залежність була побудована для звичайної

схеми зварювання плоскими електродами.

Встановлено, що зварювання більше чим без обтискання [1]. Це пояснюється двома причинами. По-перше, обтискання деталей дає можливість одержати більший  $d_{\text{я}}$  без виплеску й меншу величину вм'ятини на поверхні листів. По-друге, при обтисканні збільшується зона зварювання в пластичному стані, у результаті чого міцність з'єднання підвищується. Так, при зварюванні сталі Ст.3, 2+2мм у діапазоні струмів 8,5-10,2кА (рис. 2,а) міцність з'єднання в схемі з обтисканням вище, незважаючи на менші  $d_{\text{я}}$ . Ефект від обтискання підвищується зі збільшенням товщини листа, що зварюється.

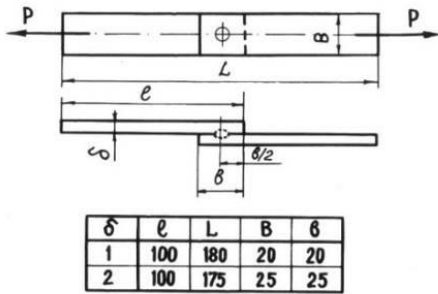
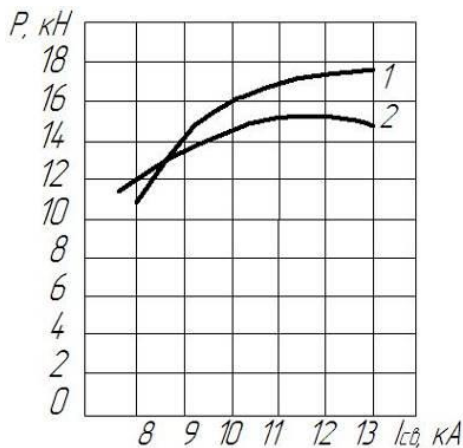
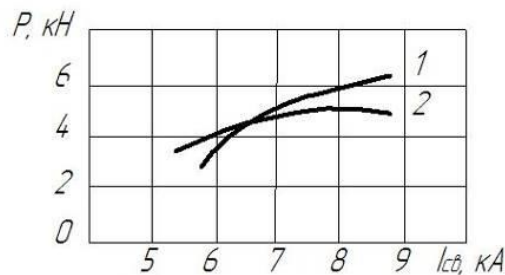


Рисунок 1 Форма й розміри зразків для випробувань на зріз



а)



б)

Рисунок 2 Залежність міцності точкового зварного з'єднання від величини зварювального струму для схеми з обтисканням (1) і без обтискання (2):

а) сталь Ст.3 2 + 2мм; б) Сталь 20 1 + 1мм

У роботі досліджувалася стабільність статичної міцності з'єднань зі сталі Ст.3 товщиною 2+2мм, Сталі 20 1+1мм виконаних по обом схемам точкового зварювання на великій кількості зразків (по 20 штук). Випробування зразків проводилося на машині ПД-10/90 з електронним силовимірювачем. Зварювання проводилося на наступних режимах, прийнятих на підставі аналізу експериментальних даних за оптимальні:

1 – зразки зі сталі Ст.3 товщиною 2+2мм;

а) звичайними електродами:  $I_{\text{зв}}=9,7 \text{ кА}$ ;  $F_{\text{ел}}=3500\text{Н}$ ;  $t_{\text{зв}}=0,3\text{с}$ ;  $d_{\text{е}}=8\text{мм}$ ;

б) електродами з обтискачем:  $I_{\text{св}}=10,2\text{кА}$ ;  $F_{\text{ел}}=6000\text{Н}$ ;  $t_{\text{зв}}=0,3\text{с}$ ;  $d_{\text{ст}}=8\text{мм}$ ;

ширина паска обтискача  $v=1,5 \text{ мм}$ ;

(а) Сталь Ст.3, 2+2мм; б) Сталь 20, 1+1мм; в) Сталь X18H9T, 1+1мм);



2 – зразки зі Сталі 20 товщиною 1+1мм;

а) звичайними електродами:  $I_{зв}=7,2\text{кА}$ ;  $F_{ел}=2400\text{Н}$ ;  $t_{зв}=0,14\text{с}$ ;  $d_e=6\text{мм}$ ;

б) електродами з обтискачем:  $I_{зв}=7,6\text{кА}$ ;  $F_{ел}=4350\text{Н}$ ;  $t_{зв}=0,14\text{с}$ ;  $d_{ст}=6\text{мм}$ ;  
ширина паска обтискача  $v=1,0\text{мм}$ .

Показники стабільності міцності точкового зварювання з'єднань вище у з'єднань виконаних з обтисканням периферійної точки.

### Список використаних джерел

1. Лебедь О.А. Дослідження міцності точкових зварних з'єднань, виконаних звичайними і електродами з обтисканням / О.А. Лебедь // XIII-й Міжнародний форум молодёжи «Молодёжь и сельскохозяйственная техника в XXI веке». – Харьков, 2017. – С.117.

УДК 514.8

## ГВИНТОВИЙ ЦИЛІНДРОЇД. УТВОРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

**О. М. КУЛІШ**, студент магістратури

**Сумський національний аграрний університет**

**Т. М. ВОЛІНА**, кандидат технічних наук, доцент

**Національний університет біоресурсів і природокористування України,**

**Сумський національний аграрний університет**

Гвинтові поверхні складають групу лінійчатих нерозгортних поверхонь, які широко застосовуються в техніці. Ці поверхні мають важливу властивість: під час гвинтового переміщення поверхня ковзає вздовж самої себе. Гвинти, шнеки, свердла, пружини, поверхні лопаток турбін та вентиляторів, робочі органи суднових рушіїв, конструкції гвинтових сходів – це далеко не повний перелік технічного використання гвинтових поверхонь. Гвинтова поверхня описується деякою лінією (твірною) при її гвинтовому русі. Тобто, такі поверхні утворюються при русі довільної твірної по гвинтовій напрямній.

Поверхня циліндроїда утворюється при переміщенні прямолінійної твірної  $l$  по двох напрямних кривих  $m$  та  $n$  (рис. 1) за умови, що ця твірна постійно залишається паралельною деякій заданій площині паралелізму  $\Sigma$ . Із комплексного креслення видно, що твірні  $l$  паралельні площині паралелізму  $\Sigma$ , так як їх горизонтальні проекції паралельні горизонтальній проекції горизонтально-проектуювальної площини  $\Sigma$ . Циліндроїд подібного утворення використовується при конструюванні та виготовленні відвалів плугів, у кузовобудуванні та при облаштуванні склепінь.

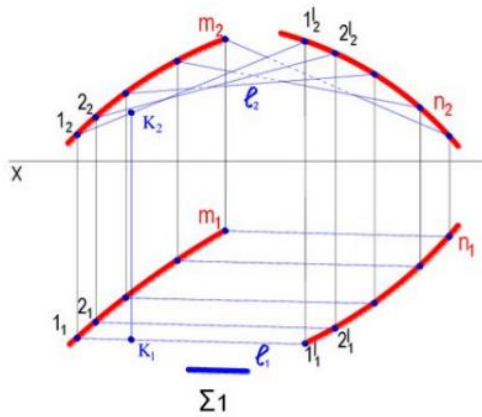


Рис. 1. Утворення поверхні циліндроїда



Рис. 2. Приклад застосування гвинтового циліндроїда – свердло по дереву

Поверхня гвинтового циліндроїда, що застосовується при конструюванні та виготовленні різальних інструментів (рис. 2), утворюється з використанням гвинтової лінії у якості криволінійних направляючих.

Отже, поверхня циліндроїда має важливе значення для інженерної справи у будівництві гідроенергетичних споруд, у машинобудуванні (у тому числі у сільськогосподарському), кораблебудуванні тощо.

УДК 514.18

## СПІРАЛІ У ПРИРОДІ ТА ТЕХНІЦІ

**Є. В. ХОРУЖИЙ**, студент магістратури

**Сумський національний аграрний університет**

**Т. М. ВОЛІНА**, кандидат технічних наук, доцент

**Національний університет біоресурсів і природокористування України,**

**Сумський національний аграрний університет**

З часів появи математики як науки спіралі досліджувалися багатьма видатними вченими. Серед них Архімед, Бернуллі, Ферма, Гете та інші.

Спіралі широко розповсюджені у живій природі. Рослини випускають вусики по спіралі, дерева – нарощують тканини у стовбурах, павуки плетуть павутиння. Торнадо закручується по спіралі, насіння у соняшнику розташовано по спіралі (рис. 1), молекула дезоксирибонуклеїнової кислоти являє собою подвійну спіраль. Ще Гете підкреслював спіральну тенденцію у природі та називав спіраль «кривою життя».

Спіраль – це плоска крива, яка багаторазово обходить одну з точок площини (полюс спіралі). Рівняння спіралі в полярній системі координат має

вигляд:  $\rho = f(\varphi)$ , де функція  $f$  монотонно зростає чи монотонно спадає із збільшенням кута  $\varphi$ .

Спіралі описуються числовою послідовністю 1, 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5, ... на квадратній сітці. Тут кожне число послідовності показує кількість клітинок до чергового повороту, який відбувається проти годинникової стрілки.

Увагу Архімеда привернула спіралью закручена мушля. Дивовижно, але спіраль мушлі діаметром 10 см має довжину 35 см. Вивчаючи мушлі, Архімед вивів рівняння спіралі ( $\rho=\varphi a$ ), яка і названа його іменем. Для такої спіралі характерним є рівномірне збільшення кроку, який дорівнює  $2\pi a$ . У тваринному світі спіраль Архімеда трапляється не так часто, хоча і має місце (соснова шишка, алое багатolistий, броколі романеско тощо), а ось мушлі багатьох моллюсків мають її форму. Сам Архімед у дослівному перекладі назвав свою спіраль «равликом».

В наш час спіраль Архімеда широко застосовується у техніці. Наприклад, саме її застосовували для підйому води при зрошуванні земель та для осушення заболочених територій. Металева пластина у вигляді половини витка спіралі Архімеда використовується у конденсаторі змінної ємності.

Спіраль Архімеда є частковим випадком (при  $n=1$ ) узагальненої спіралі Архімеда, рівняння якої у полярних координатах має вигляд:  $r=b+a\Theta^{1/n}$ . При  $n=-1$  можна отримати гіперболічну спіраль, при  $n=2$  – спіраль Ферма, а при  $n=-2$  – літуус (жезл). Отже, спіраль Архімеда – це крива, яку описує точка при її рівномірному русі зі сталою швидкістю вздовж прямої, що рівномірно обертається у площині навколо однієї зі своїх точок зі сталою кутовою швидкістю. Основною властивістю спіралі Архімеда є те, що відношення радіус-вектора будь-якої її точки до полярного кута, який вираховується від будь-якого фіксованого напрямку, є сталим.

В основі утворення спіралі лежить закон золотого перетину (рис. 2). Золотий перетин – це пропорція, яка була помічена ще у Стародавньому Єгипті. Щоб її отримати, необхідно поділити лінію на дві частини так, щоб довша її частина співвідносилася з коротшою у такій самій пропорції, як уся лінія співвідноситься з довшою. Виявляється, що ця пропорція завжди дорівнює 1,618. Закон золотого перетину тісно пов'язаний з послідовністю Фібоначчі, яка прослідковується у єгипетських пірамідах, картиною Леонардо да Вінчі «Мона Ліза», равликом, галактикою, ящіркою, пальцями людини тощо.

Фібоначчі (близько 1170 — близько 1250) або Леонардо Пізанський, як його звали насправді, – італійський математик середньовіччя. Дивовижна суть послідовності чисел Фібоначчі полягає в тому, що кожне число у цій послідовності дорівнює сумі двох попередніх чисел. Числа, які утворюють послідовність 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 584, ... називаються числами Фібоначчі, а сама послідовність – послідовністю Фібоначчі. Ще більш дивовижним є те, що чим далі продовжується цей ряд, тим ближче співвідношення сусідніх чисел у ньому до 1,618.



Рис. 1. Числа Фібоначчі у природі

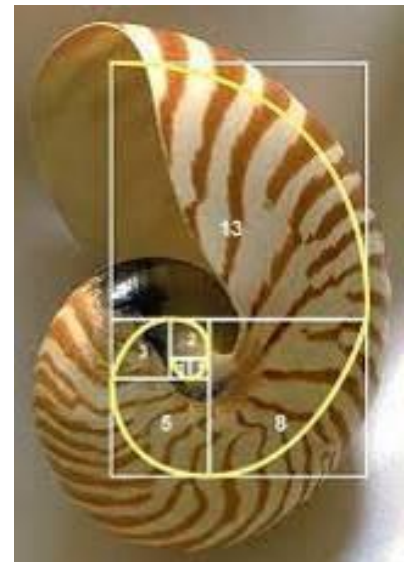


Рис. 2. Равлик і закон золотого перетину

Таким чином, будова всіх живих організмів і неживих об'єктів, що зустрічаються в природі, жодним чином не пов'язаних між собою, зорганізована відповідно до чітких математичних формул. Усе в природі підпорядковане єдиним законам, розкрити і пояснити які і є головним завданням людської науки.

UDK 62

## APPLICATION OF BICYLINDROCONICAL MACHINE ELEMENTS

**V. S. KIRYUSHKO**, *student of the master's degree*  
**Sumy National Agrarian University**

**T. M. VOLINA**, *candidate of technical sciences, associate professor*  
**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,**  
**Sumy National Agrarian University**

Bicylindroconical machine elements are mechanical components that are designed to perform a variety of functions in a variety of industrial areas. These elements are often composed of two bicylindrical sections connected at a central point and typically have a variety of features that make them ideal for use in many manufacturing and engineering scenarios. They help to provide a strong and stable connection between two pieces of equipment, allowing them to move in unison. Bicylindroconical machine elements are usually made of metal, such as steel, aluminum, or stainless steel. Bicylindroconical machine elements are available in many different sizes and styles, depending on the application. They can be as small as a few millimeters in diameter and as large as several inches.

Bicyclindroconical machine elements are used in a variety of areas, from the construction of automobiles to the operation of industrial machinery. They are also used in many consumer products, from bicycles to toys. They provide a strong connection, allowing two pieces of machinery to move together in a precisely controlled manner.

These machine elements are also often used to help guide and control the motion of parts in automated systems. For example, they may be used to help guide a robotic arm or other motion control system. By providing a reliable connection between the two systems, bicylindroconical elements are able to help ensure that the motion of the parts is accurate and consistent.

In addition to being used as motion control systems, bicylindroconical elements are also used in a variety of other applications. They are often used as part of the assembly process for large machines, such as for joining different parts of the machine together. They can also be used to help ensure that the parts of a machine remain in place during operation, helping to prevent damage and wear. Moreover, it is often used for lifting loads.

Overall, bicylindroconical machine elements are an important component in many manufacturing and automation systems. By providing a reliable connection between different parts of a system and helping to ensure that the motion of the parts is accurate, these elements are essential for many industrial operations.

УДК:621.771

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО РІВНЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ**

**А. К. АВТУХОВ**, доктор технічних наук, професор  
**Є. В. КОВАЛЕВСЬКИЙ**, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
**Д. В. ТОЛСТЕНЬОВ**, здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

Багато галузей народного господарства України, зокрема машинобудівний комплекс, мають постійний попит на прокат різного сортаменту. Основними робочими інструментами прокатного виробництва, що впливає на якість та вартість прокату, є прокатні валки. В теперішній час знайшли широке застосування литі сталеві та чавунні прокатні валки різного хімічного складу та структури з легованих та низьколегованих сплавів [1]. У прокатному виробництві широко використовуються сталеві (з нелегованих та низьколегованих сталей із вмістом вуглецю 0,45-1,896 за масою) та чавунні (з нелегованих, низьколегованих та високолегованих чавунів) прокатні валки. Для забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей шляхом отримання більш дрібнозернистої структури сталеві валки зазнають нормалізації. Чавунні



валки з метою сфероїдизації карбідів відпалюють. За структурою чавунні прокатні валки можна розділити на три основні групи валки з вибіленим шаром, перліто-карбідо-графітні та перліто-графітні. Найбільшого поширення набули чавунні прокатні валки з вибіленим робочим шаром бочки.

Знаходять застосування також біметалічні прокатні валки, які можуть бути збірними та литими. Збірні валки складаються з втулки, яка виготовляється з білого або відбіленого зносостійкого чавуну, що посаджена по гарячому на сталеву вісь. З метою компенсації усадки між втулкою та віссю в збірних валках встановлюють шар із пластичного матеріалу (наприклад, листовий алюміній). Отримуване механічне з'єднання має недоліки, що особливо проявляються в умовах циклічних навантажень і нагріву.

Литі біметалічні прокатні валки виготовляються кількома способами [1,2]. Перший метод «напівпромивки», який полягає в модифікуванні серцевини валка, що кристалізується, з метою отримання в ній структури сірого чавуну. Бочка такого валка кристалізується в кокілі, а цапфи — у піщано-глинистих формах. Заливка відбувається вертикально одним металом, у певний момент у струмінь якого додається модифікатор, що графітізує. Недолік способу полягає у невисокій стабільності властивостей валка. Вищу якість дає метод «промивання». Це метод полягає у тому, що у таку саму форму заливають чавун, що формує вибілений шар робочої поверхні прокатного валка. Надалі, після необхідної витримки, виробляють заливку чавуну іншого складу, який заміщає раніше залитий метал в серцевині валка. Найбільш висока якість дозволяє отримувати відцентровий спосіб виготовлення прокатних біметалічних валків, що має кілька різновидів. Перша полягає у виливці валка з різних металів у виливницю, яка обертається через технологічно обґрунтовану паузу, що забезпечує формування робочої поверхні бочки прокатного валка. Тому для підвищення якості перехідної зони використовують спеціальні шлаки або проміжний шар із нелегованого чавуну. В іншому випадку зносостійка втулка для біметалічного прокатного валка виготовляється відцентровим способом, після її кристалізації виливниця повертається у вертикальне положення і відбувається заливка серцевини. Розглянуті відцентрові методи отримання валків мають недоліки, пов'язані з відцентровими силами впливу на розплав. Ця група методів потребує використання складного технологічного устаткування. Кожен із перерахованих методів отримання литих біметалічних прокатних валків мають різні технологічні або експлуатаційні недоліки.

Експлуатаційні властивості двошарових прокатних валків суттєво залежать від таких показників, як хімічний склад сплавів, що використовуються, температури заливки металів, швидкості охолодження розплавів та інших показників [3].

Для забезпечення необхідного рівня експлуатаційних властивостей двошарових прокатних валків був запропонований сплав, для робочого шару валків з гладкою бочкою що забезпечує підвищення їх напрацювання та зниження схильності до сколювання її країв, при наступному співвідношенні

компонентів, мас. %: 2,8-3,3 С; 0,8-1,0 Si; 0,5-0,7 Mn; 4,0-4,5 Ni; 1,5-1,8 Cr; 0,2-0,5 Mo; 0,02-0,2 Nb; 0,1-0,2 V; 0,01-0,05 В; інше залізо.

Застосування запропонованого сплаву для виготовлення двошарових хромоникелевих валків дозволило збільшити їх ресурс на 9,8%.

### Список використаних джерел

1. Производство и применение прокатных валков: справочник / Т. С. Скобло, А. И. Сидашенко, Н. М. Александрова и др.; под ред. Т. С. Скобло. – Х.: ЦД № 1, 2013. – 572 с.

2. Скобло Т.С. Прокатные валки из высокоуглеродистых сплавов/ Т.С. Скобло, Н.М. Воронцов, С.И. Рудюк / [под. Ред. Скобло Т.С.].-М.: Металлургия, 1994.-336с.

3. Автухов А. К. Влияние способа производства и химического состава хромоникелевого чугуна на основные оценочные критерии прокатных валков. *Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві: Вісник ХНТУСГ Харків: ХНТУСГ, 2015. Вип.158. С. 263–270.*

УДК:621.771

## ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ЯКІСНИХ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КУЛЬ

**А. К. АВТУХОВ**, доктор технічних наук, професор  
**В. В. КОЛЕСНИК**, здобувач вищої освіти СВО «Магістр»  
*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

Надійність та довговічність кулькопрокатних валків є вирішальними факторами, що визначають якість продукції, продуктивність та економічну ефективність роботи кулькопрокатних станів. Будучи основним інструментом стану, який формує форму прокату, забезпечує якість поверхні та її властивості, кулькопрокатні валки визначають собівартість одержуваної продукції [1]. Робота в умовах одночасної дії залишкових, контактних, згинальних напруг, теплових навантажень і крутного моменту, викликає підвищений знос валків [2]. Після зношування робочого шару валки замінюють на нові. Перевалка валків у клітях станів також сприяє підвищенню витрат на виробництво прокату.

Щоб знизити собівартість виробництва куль, що мелють, необхідно розробити технологію виробництва валків з найменшими витратами на виплавку, розлив і кування. У зв'язку з вищевикладеним актуальною є розробка ресурсозберігаючої технології виготовлення прокатних валків методом електрошлакового переплаву відпрацьованого прокатного інструменту, яка дозволить без втрати якості зменшити собівартість продукції, що одержується.

Технологія електрошлакового лиття дозволяє повторно використовувати дорогу валкову сталь без втрати якості металу, що переплавляється при забезпеченні високих службових характеристик готового виробу. Сутність цього способу полягає в переплаві відпрацьованого валка в шарі розплавленого шлаку, що рафінує, який в рідкому стані електропровідний [3]. Головна перевага цього процесу - можливість отримання щільної однорідної структури заготівлі валка по всьому перерізу, без подальшого кування, що суттєво знижує витрати на їхнє виробництво.

#### **Список використаних джерел**

1. Производство и применение прокатных валков : справочник / Т. С. Скобло, А. И. Сидашенко, Н. М. Александрова и др. ; под ред. Т. С. Скобло. – Х. : ЦД № 1, 2013. – 572 с.
2. Автухов А. К. Повышение срока службы прокатных валков. *Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. Вісник ХНТУСГ.Х.*: ХНТУСГ, 2014. Вип. 146. С. 77-84.
3. Теоретические основы технологии ремонта машин: Учебник в 3-х т. / Сидашенко А.И., Науменко А.А., Скобло Т.С. и др. / Под ред. А.И. Сидашенко, А.А. Науменко. Том 1. (Теория и технология производственных процессов ремонта машин) – Харьков: ХНТУСХ, 200

**УДК 536.2**

### **ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ФТОРОПЛАСТУ-4**

**О. Б. КАЛЮЖНИЙ** к.т.н., доц.,  
*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

Розвиток сучасної техніки вимагає розробку нових матеріалів, у тому числі пористих полімерних матеріалів зі специфічним комплексом корисних властивостей, зокрема стійких до агресивного середовища. Провідною тенденцією в галузі полімерного матеріалознавства є розробка та вивчення пористих матеріалів на основі фторопласту-4. Пористі полімерні матеріали на основі фторопласту-4, завдяки своїм фізико-механічним характеристикам, успішно використовуються як фільтруючі елементи для очищення та сепарації рідин та газів з термодинамічними параметрами, які можуть істотно

відрізнятися від нормальних [1]. Однак дані про теплофізичні властивості таких матеріалів відсутні.

Дослідження теплопровідності проведено на пористих матеріалах на основі фторопласту-4. Технологічний процес виготовлення фільтруючих матеріалів на основі фторопласту-4 включає змішування полімеру з пороутворювачем (NaCl), пресування суміші, термообробку заготовки, вилугування пороутворювача, сушіння виробу. В залежності від співвідношення полімеру та пороутворювача отримані матеріали з пористістю 64, 68, 70, 74% [2].

Пористість матеріалів визначали розрахунковим методом:

$$\varphi = \left(1 - \frac{m}{V\rho_{\text{ф-4}}}\right) \cdot 100, \% \quad (1)$$

де  $m$  – маса пористого матеріалу, кг;  $V$  – об'єм пористого матеріалу, м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{ф-4}}$  – щільність фторопласту-4, кг/м<sup>3</sup>.

Кожен зразок зважувався з похибкою  $\pm 0,01$  г, висота і діаметр зразка вимірювалися з похибкою  $\pm 0,01$  мм.

Для вимірювання теплопровідності використан метод динамічної  $\lambda$ -калориметрії [3]. Визначення теплопровідності проводилося на приладі ІТ- $\lambda$ -400, з похибкою  $\pm 10\%$ . Випробування проводилися в інтервалі температур від -100 до +200 °С.

Для кожного матеріалу з різним значенням пористості проводили щонайменше п'ять експериментів. Результати дослідження теплопровідності матеріалів наведено на рис. 1. Встановлено, що досліджувані матеріали мають теплопровідність меншу у 3,5 - 4 рази ніж компактний фторопласт-4 [4].

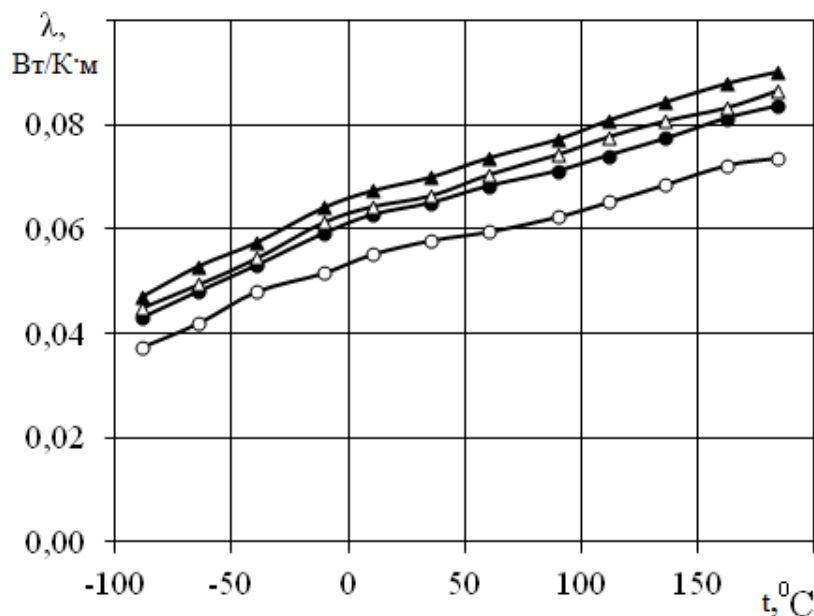


Рис. 1. Залежність теплопровідності від температури пористих фторопластів з різним значенням пористості:

▲ - 64%; Δ - 68%; ● – 70%; ○ - 74%.

Показано, що навіть незначна відмінність у пористості досліджуваних матеріалів чинить помітний вплив на теплопровідність. Теплопровідність пористих фторопластів істотно залежить від температури. Так при збільшенні температури від -100 до +200 оС теплопровідність збільшується ~ 2 рази для всіх пористих матеріалів.

#### **Список використаних джерел**

1. Kalyuzhny A.B., Platkov V.Ya. High porosity tetrafluoroethylene polymer for water separation from diesel fuel. *Functional Materials*, 9, No.2, 2002, pp. 90-93.
2. 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, No.2, 1999, pp. 25-30.
3. Платунов Е.С. Теплофизические измерения в монотонном режиме. М.: Энергия, 1973. 343 с.
4. ГОСТ 10007-80 Фторопласт-4. Технические условия.

**УДК 621.9.0255**

### **РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РІЗАННЯ ВИСОКОАБРАЗИВНИХ МАТЕРІАЛІВ АБРАЗИВНИМИ АРМОВАНИМИ КРУГАМИ**

**К. І. ПОЧКА**, д.т.н., професор,  
**Ю. Д. АБРАШКЕВИЧ**, д.т.н., професор,  
**М. О. ПРИСТАЙЛО**, к.т.н., доцент,  
**А. Г. ПОЛІЩУК**,

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

*E-mail: pochka.ki@knuba.edu.ua; abrashkevych.iud@knuba.edu.ua;*

*prystailo.mo@knuba.edu.ua; p.a.g.19.05@gmail.com*

Різнання вогнетривів і природного каменю є масовою операцією, в процесі виконання якої підлягає обробці широка гама матеріалів з різними фізико-механічними властивостями. В роботах [1-4] запропоновано установку для різання високоабразивних матеріалів алмазними дисками та абразивними армованими кругами, розглянуто вплив теплових процесів на роботоздатність відрізних інструментів та визначено силові параметри машин з абразивним інструментом. Для підтвердження адекватності складеної математичної моделі проводились експериментальні дослідження різання високоабразивних матеріалів абразивними армованими кругами.

Експериментальні дослідження з врахуванням передбачених задач досліджень було проведено на доопрацьованому динамометричному стенді реєстрації силового навантаження [5] авторської конструкції КНУБА (рис. 1).



В якості робочого середовища запропоновано використання вогнетривкої цегли, а в якості робочого органу – абразивний армований круг для різання високоабразивних матеріалів міцністю до 60МПа.

Оцінка взаємодії високоабразивних матеріалів з абразивним армованим кругом здійснювалась за основою однофакторного експерименту завдяки застосуванню високотехнологічного вимірювально-реєструючого обладнання, що дозволило швидко з першочергових даних отримувати точні результати. Для реєстрації зусиль взаємодії абразивного армованого круга з високоабразивним матеріалом на бокових поверхнях тензобалки 1 на динамометричному візку стенду реєстрації силового навантаження (рис. 2) наклеєні тензодатчики Д1-Д4, що реєструють дотичну силу  $P$ , яка діє на абразивний армований круг. На горизонтальній тензобалці 2 – тензодатчики Д5-Д8, що реєструють нормальну силу  $N$ , яка діє під час різання вогнетривкої цегли на абразивний армований круг.

Групи тензодатчиків включено в електричні мостові схеми. Сила різання через конструкцію абразивного армованого круга передається тензодатчикам, деформації яких трансформуються в зміну опору вимірювальних елементів, так у всіх мостових схемах з'являється розбаланс. В основу методів вимірювання датчиками опору покладений тензометричний ефект – зміна електричного (тобто омичного) опору металевого дроту датчика при його пружній деформації. Датчики наклеєні на поверхню тензометричної балки, що деформується, полімерним клеєм за спеціальною технологією. При проходженні через датчики електричного струму в результаті деформації тензометричної балки змінюється опір датчиків. В результаті зміниться напруження

в електричному ланцюзі. Оскільки деформація пропорційна силам, які її викликають, то їм буде пропорційна зміна напруження струму в електричному колі.

Датчики з'єднуються в мостову схему. В даному випадку на кожен тензометричну балочку (рис. 2) наклеєно по чотири датчики, які одночасно виконують функції робочих та компенсаційних датчиків. Таке підключення датчиків дозволяє реєструвати тільки різницю напруження на базовій ділянці балочки, замкненій між датчиками.



Рис. 1. Динамометричний стенд реєстрації силового навантаження

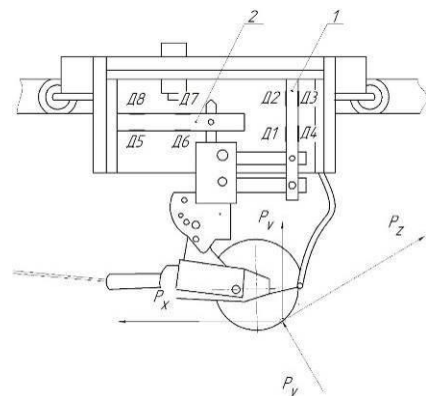
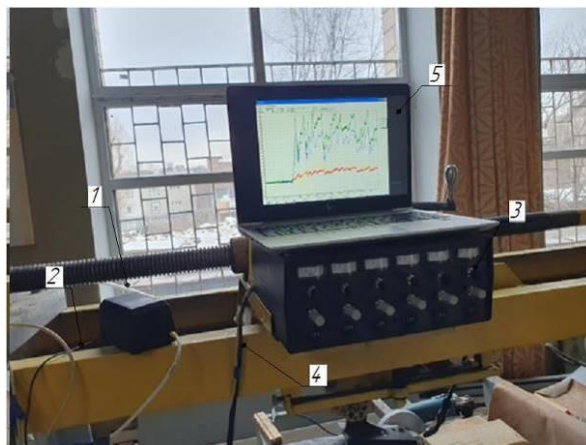


Рис. 2. Схема розташування тензодатчиків

В комплект реєструючої апаратури (рис. 3) входить: блок живлення 1; кабель живлення 2; модуль АЦП (аналого-цифровий перетворювач); шестиканальний підсилювач та мікроконтролерний блок керування 3; кабель передачі сигналу (інтерфейс SCI – Serial Communication Interface) 4; та персональний комп'ютер 5. Сигнал розбалансу моста з включенням тензодатчиків підсилюється за допомогою інструментальних операційних підсилювачів, увімкнених за схемою диференціального підсилювача з погашенням синфазних перешкод. Завдяки цьому вдається підсилити дуже малий рівень електричних коливань з уникненням зростання паразитних шумів та прямою передаточною характеристикою. Також завдяки включенню за такою схемою вдається уникнути дрейфу нуля, який притаманний звичайним схемам операційних підсилювачів.



*Рис. 3. Комплект реєструючої апаратури*

Запропоноване високотехнологічне вимірювально-реєструюче обладнання дозволяє швидко і без повторювань з першочергових даних отримувати точні оцінки взаємодії високоабразивної цегли з абразивним армованим кругом та дає можливість обробляти їх за допомогою сучасного програмного забезпечення, що позбавить від трудомісткого процесу обробки даних.

Швидкість горизонтальної подачі механізму приводу обертання абразивного армованого круга в зону різання забезпечувалась за допомогою підключення привідного електродвигуна через частотний перетворювач «Freson» FR150A. Завдяки частотному перетворювачу вдається змінювати частоту струму привідного електродвигуна, що в свою чергу приводить до зміни швидкості горизонтального переміщення механізму приводу обертання робочого органу в зону різання.

Частота обертання абразивного армованого круга встановлювалась за допомогою регулятора приводної машини, в якості якої використовувалась ручна кутошліфувальна машина. Вимірювання кількості обертів виконувалось за допомогою цифрового фототахометра.

Тарування тензометричних балок перед проведенням експериментальних досліджень проводилось механічним навантаженням в напрямку кожної із складових повної сили різання за допомогою динамометра.

Завдяки застосуванню запроектованим та розробленим високоточної системі керування подачі робочого органу та високотехнологічному вимірювально-реєструючому обладнанню, яке дозволяє швидко і без повторювань з першочергових даних отримувати достатньо точні дані оцінки взаємодії високоабразивних матеріалів з абразивним армованим кругом та дало

можливість обробляти їх за допомогою сучасного програмного забезпечення, що позбавило від трудомісткого процесу обробки даних. Це дало можливість мінімізувати число вимірів сили різання при заданій точності і надійності результатів досліду з вірогідністю отриманих даних від 0,90 до 0,95.

#### Список використаних джерел

1. Абрашкевич Ю.Д. Підвищення експлуатаційних показників абразивного інструменту / Ю.Д. Абрашкевич, Л.Є. Пелевін, А.Г. Поліщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2012. – Вип. 80 – С. 30-37.
2. Абрашкевич Ю. [Дослідження впливу теплових процесів на роботоздатність відрізних інструментів](#) / Ю. Абрашкевич, А. Поліщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2013. – Вип. 81. – С. 39-44.
3. Абрашкевич Ю. [Силові параметри машин з абразивним інструментом](#) / Ю. Абрашкевич, В. Рашківський, А. Поліщук, О. Човнюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2015. – Вип. 85. – С. 67-71.
4. Абрашкевич Ю.Д. Розробка установки для різання високоабразивних матеріалів алмазними дисками та абразивними армованими кругами / Ю.Д. Абрашкевич, К.І. Почка, М.О. Пристайло, А.Г. Поліщук // Current issues of science and integrated technologies: Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference. – Milan, Italy. – January 10-13, 2023. – P. 656-663.
5. Патент України на корисну модель № 13846, МПК G 01 L 5/16, G 01 N 3/58 (2006.01). Стенд реєстрації зусиль різання / Л.Є. Пелевін, М.О. Пристайло, Т.Ю. Пристайло (Україна); заявник і патентовласник Науково-дослідний інститут будівельно-дорожньої і інженерної техніки, № у 2005 10393; заявл. 03.11.2005; опубл. 17.04.2006, Бюл. № 4.

УДК 621.793

#### ЗМІЦНЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ КАМАЗ ЛАЗЕРНОЮ ОБРОБКОЮ

**О. Д. МАРТИНЕНКО**, к.т.н., доцент;

**А. К. АВТУХОВ**, д.т.н., доцент;

**С. В. ЛИСЕНКО**, ст.викладач;

**М. Л. ТИМОШЕНКО, Р. В. НОВІКОВ**, магістранти

*Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.*

*E-mail: martynenko\_dm@ukr.net)*

Загартування під впливом енергії лазерного променя ґрунтоване на нагріві тонкого поверхневого шару матеріалу деталі з переходом його в аустенітний або рідкий стан з подальшим швидкісним охолодженням за

рахунок відводу тепла в масу деталі. Цей метод також забезпечує і можливість використання локальної обробки. Відомі розробки торкаються загартування гільз циліндрів, колінчастих і розподільних валів, а також поршнів двигунів внутрішнього згорання, доріжок підшипників кочення, різного інструменту, у тому числі і прокатних валків, різальних поверхонь сільськогосподарських машин та ін.

Лазерну термічну обробку робочої (внутрішньої) поверхні гільзи здійснювали по однозаходній спіралі, одержуваної за рахунок одночасного обертання і поздовжнього переміщення лазерного променя вздовж гільзи, обробку циліндрів проводили з використанням CO<sub>2</sub>-установки безперервної дії «Комета-2» в інтервалі потужності 0,8 - 1,2кВт, радіус плями лазерного випромінювання 2-4мм.

Досліджено вплив режимів лазерної обробки на структуру і фазовий склад, а також фізико-механічні властивості внутрішньої поверхні гільз циліндрів двигуна КАМАЗ. Випробуваннями на зносостійкість (час випробування дорівнював приблизно 100годинам) зразків, вирізаних з гільз циліндрів після лазерного термозміцнення, показано, що зносостійкість їх збільшується в 2,2-4,5рази в порівнянні з серійним варіантом зміцнення (гарт струмами високої частоти) при цьому найбільш високі результати по зносостійкості отримані при зміцненні 70-80% робочої поверхні гільзи без оплавлення або з локальним оплавленням поверхні.

Зони загартування, що йдуть за областями оплавлення, в результаті досягнення в них температур Ас1 і швидкого охолодження за рахунок відведення тепла в тіло деталі призводить до формування мартенситно-аустенітної структури матриці. У цій зоні включення графіту не зазнають яких-небудь змін. Подібна структура формується при обробці без оплавлення. Оцінка мікротвердості різних структурних складових виявила наступне: мікротвердість цементитних включень - Н<sub>50</sub> – 1200...800; ледебуриту - Н<sub>50</sub> - 780...1050; аустеніту - Н<sub>50</sub> – 540...430; мартенситу - Н<sub>50</sub> - 640...910. Такий великий розбіг в значеннях ледебуриту і мартенситу пов'язаний з наявністю в таких зонах різної долі аустеніту і карбідів.

Враховуючи той факт, що при лазерній обробці реалізуються надшвидкісні режими, як нагріву, так і охолодження, то це може стати причиною виникнення залишкової напруги, яка при подальшій шліфовці і експлуатації може викликати утворення тріщин.

Розглянуто розподіл напружень в низьколегованому чавуні гільз циліндрів по плямі лазерного променя. Максимальні значення напруги стискання характерні для центральної зони. У ній мають місце найбільші термічні та структурні напруги. На межах із зонами плями формуються розтягувальні напруження. В результаті проведених досліджень встановлено, що застосування лазерного загартування дозволить істотно підвищити зносостійкість гільз циліндрів у порівнянні з традиційною обробкою - гартуванням струмами високою частоти. Спостережуване забезпечується структурними змінами, підвищенням мікротвердості формованих фаз.



Вибір оптимальних параметрів процесу ЛТО гільз циліндрів двигуна КАМАЗ здійснювали, виходячи з вимог технічного завдання: отримати шари лазерного зміцнення глибиною не менше 0,3 мм, що визначається максимально допустимим зношуванням гільзи в процесі експлуатації двигуна. При цьому твердість має бути не нижче 500HV, що визначає максимальну зносостійкість. Крім того, вибір оптимальних параметрів ЛТО має поєднуватися з найбільш ефективним використанням основного та допоміжного обладнання.

### **Список використаних джерел**

1. Захаров Ю. А., Рыбакова Л. А. Основные способы упрочнения рабочей поверхности гильз цилиндров двигателей автомобилей // Молодой ученый. — 2015. — №2. — С. 157-160.
2. Соловых Е.К. Тенденции повышения работоспособности гильз цилиндров ДВС / Е.К.Соловых // Проблемы трибологии (Problems of tribology). — Хмельницький: ХНУ, —2009. —№ 2. —С.47–57.
3. Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С., Мартиненко О.Д., та ін.. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1. / За ред. О.І. Сідашенко О.І., О.В.Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт». — 2018. - 416с.
4. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Слоновский Н.В. Способ восстановления и упрочнения деталей лазерным лучом. // Сб. науч. тр.: Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. Вып. 4. - Харьков: ХГТУСХ, 2000. – С.82-87.
5. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Науменко А.А., Слоновский Н.В. Метод восстановления длиномерных деталей, предварительно подвергнутых химико-термической обработке // Труды 5<sup>-ой</sup> Междунар. науч.- прак. конф. “Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве”. – Харьков: ХНПК “ФЭД”. 2002. – С. 367-371.
6. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Слоновский Н.В. Математическое обоснование режима лазерной обработки деталей, предварительно подвергнутых химико-термической обработке для повышения прочности восстанавливаемых покрытий // Вестник Национального технического университета “ХПИ”. Сб. науч. тр. тем. вып. “Динамика и прочность машин”. Вып. 10. Т.2. – Харьков: НТУ “ХПИ”. 2002. - С. 138-160.



УДК 338.24

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛЕЙ

О. В. БАРАНОВА асистент

П. М. ПОЛЯНСЬКИЙ канд. екон. наук, доцент

*Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв*

Проведено детальний аналіз одиничної взаємодії індентора з поверхнею деталі. Для побудови моделі одиничного взаємодії при динамічних методах поверхневого пластичного деформування (ППД), використана методика Е.Ф. Непомнящего. Розглянуто випадок косого зіткнення гладкою жорсткої сфери з деформованою поверхнею деталі при діапазоні кутів взаємодії від  $75^0 \leq \alpha < 90^0$ . При впровадженні враховувалося тільки ковзання кульки по поверхні деталі, виключаючи його можливе перекочування. Отримано залежність для визначення обсягу металу, деформованого за один удар кульки об поверхню оброблюваної деталі:

$$V = 8,9 \cdot R^3 \cdot \left( k_{ш}^{0,5} \cdot k_v \cdot A \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{\rho_{ш}}{3 \cdot k_s \cdot c \cdot \sigma_T}} \right)^{\frac{5}{2}} \cdot (0,87 \cdot \operatorname{ctg} \alpha - 0,47 \cdot f)$$

де  $R$  – радіус кульки;  $\rho_{ш}$  – щільність матеріалу кульки;

$k_{ш}$  – коефіцієнт, що враховує вплив шорсткості поверхні деталі на площу фактичного контакту;

$k_v$  – коефіцієнт втрати швидкості при видаленні гранули від стінки робочої камери;

$c$  – коефіцієнт несучої здатності контактної поверхні;

$\sigma_T$  – межа плинності матеріалу деталі;

$\alpha$  – кут зустрічі кульки з поверхнею деталі;

$f$  – коефіцієнт тертя ковзання кульки по матеріалу оброблюваної деталі.

При проектуванні технологічних процесів обробно-зміцнюючої обробки, основними завданнями є аналітичний розрахунок очікуваної ступеня деформації, глибини зміцненого шару і шорсткості поверхні. При впровадженні індентора в поверхню деталі в зоні контакту виникає залишкова вм'ятина (пластичний відбиток) навколо якої завжди є пластично деформована область, яка поширюється на деяку глибину  $h_n$ . Аналітичне визначення товщини зміцненого шару і ступеня деформації в залежності від фізико-механічних властивостей матеріалу деталі і параметрів процесу є дуже складним завданням. В результаті теоретичних досліджень отримані уточнені залежності для визначення глибини зміцненого шару, що відрізняються урахуванням впливу форми плями контакту, яку описує коефіцієнт  $K$ :

$$K = 1 - \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{b}{a} \right)^4$$

де  $a$  і  $b$  – піввісі еліпса контакту.

Відомо, що при динамічних методах ППД визначення величини контактної навантаження  $P$  і зусилля зіткнення представляє значні труднощі, тому визначення глибини зміцнення проводилося через параметри, які легко обчислити або визначити з дослідів. При виведенні теоретичних залежностей для визначення глибини зміцненого шару і ступеня деформації враховувалося умова пластичності Генки-Мізеса, при якому  $\sigma_i = \sigma_T$ , де  $\sigma_i$  – інтенсивність напружень.

Глибина зміцненого шару  $h_n$  для вібраційної обробно-зміцнюючої обробки ВОЗО:

$$h_n = 3,8 \cdot R \cdot \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{b}{a} \right)^4 \right] \cdot k_{ef} \cdot A \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot 4 \frac{\rho_{ш}}{k_c \cdot c \cdot \sigma_T}$$

де  $k_{ef}$  – узагальнюючий коефіцієнт ефективної швидкості;

$A$  – амплітуда коливань робочої камери;

$\gamma$  – частота коливань робочої камери.

Для ВРОЗО:

$$h_n = 3,8 \cdot R \cdot \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{b}{a} \right)^4 \right] \cdot k_{ef} \cdot \omega \cdot R_{ef} \cdot \sin \alpha \cdot 4 \frac{\rho_{ш}}{k_c \cdot c \cdot \sigma_T}$$

де  $R_{ef}$  – ефективний радіус ротора;

$\omega$  – частота обертання дна робочої камери (ротора).

Залежність для визначення глибини зміцненого шару  $h_n$  при обробці кулькового стержневого зміцнювача (КСЗ) отримана з урахуванням того, що на формування якісних характеристик поверхневого шару при даному виді обробки впливають такі фактори: енергія удару ударника  $E_y$ , число стрижнів в насадці  $N$ , діаметр заточування індентора (стержня)  $D_{in}$ , втрати енергії при ударі, що враховуються ККД  $\eta$ ; фізико-механічні властивості матеріалу деталі:

$$h_n = 1,68 \cdot \sqrt[4]{\frac{E_y \cdot \eta \cdot D_{ин}}{N \cdot HB^{1,12} \cdot 10^6}}$$

де  $D_{in}$  – радіус заточування індентора;

$HB$  – твердість матеріалу деталі по Брінеллю в кгс/мм<sup>2</sup>.

Під ступенем деформації  $\varepsilon$ , відповідно до робіт Кудрявцева І.В., умовно приймається відношення діаметра від вдавнення лунки  $d$  до діаметра сфери  $D$ , що вдавлюють.

$$d = \left( \frac{D \cdot E_y}{0,1 \cdot HD} \right)^{\frac{1}{4}}$$

де  $HD$  – динамічна твердість матеріалу деталі в Па.

На практиці досить часто вдаються до перерахунку одних чисел твердості в інші. Дані перерахунки проводяться виключно на основі емпіричних

залежностей, які в повному обсязі описують внутрішні зв'язки між різними числами твердості. Представлені залежності для визначення ступеня деформації отримані з урахуванням переведення твердості по Бринеллю ( $\text{кгс/мм}^2$ ) в динамічну твердість (МПа):

$$HB = 0,2 \cdot HD^{0,89}$$

Для визначення ступеня деформації при обробці деталей динамічними методами ППД отримані наступні залежності:

для ВОЗО:

$$\varepsilon = 0,8 \cdot \sqrt{V_{\text{эф}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho_{\text{ш}}}{HB^{1,12} \cdot 10^6}}$$

для КСЗ:

$$\varepsilon = 0,67 \cdot \sqrt[4]{\frac{E_y \cdot \eta}{N \cdot HB^{1,12} \cdot R_z^3 \cdot 10^6}}$$

де  $R_z$  – радіус заточки стержня.

При проектуванні технологічних процесів обробно-зміцнюючої обробки є важливим визначення необхідного часу обробки деталі. Важливо уникати таких явищ при обробці як перенаклеп, який призводить до зниження міцності, відшаровування, луцення поверхневого шару металу і появи тріщин в ньому.

Для найбільш точного прогнозування і планування технологічного процесу отримана залежність для розрахунку часу обробки при заданому кількості  $F$  деформування всього обсягу поверхневого шару товщиною необхідною для формування заданих параметрів зміцнення:

$$t_F = \frac{4 \cdot h_{\text{max}} \cdot F \cdot R^2}{V_s \cdot f_{\text{с}}}$$

де  $F$  – необхідна кількість повторюваних ударів в одну і ту ж точку оброблюваної поверхні;

$V_s$  – деформується обсяг металу, укладений в кульовий сегмент радіуса  $R$  і висотою  $h_{\text{max}}$ ;

$f_{\text{с}}$  – частота циклів впливу маси кульок на поверхню деталі.

### Список використаних джерел

1. Олейник Н. В. Поверхностное динамическое упрочнение деталей машин / Н. В. Олейник, В. П. Кычин и др. – Киев : Техника, 1984. – 150 с.
2. Киричок П. О. Зміцнення поверхонь металевих деталей / П. О. Киричок, В. Г. Олійник, Т. Ю. Киричок – Київ : Преса України, 2004. – 240 с.
3. Heywood R.B. Designing against fatigue. – London: Chapman and Hall Ltd., 2002. – 504 p.

УДК 514.18

## АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ СНАТ GPT ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА ПРИКЛАДІ КЛАСИЧНОЇ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ ГЕОМЕТРІЇ

**В. М. НЕСВІДОМІН**, д-р техн. наук, професор,

*НУБіП України,*

*E-mail: v\_nesvidomin@nubip.edu.ua*

З появою в Україні чатботу GPT штучного інтелекту компанії OpenAI [1] варто скористатися його можливостями для проведення наукових досліджень. Наведемо проведений словесний діалог з цим чатботом з визначення етапів розробки програмного забезпечення інтерактивних досліджень в галузі класичної диференціальної геометрії. На рис. 1 показано перше запитання, задане українською мовою (хоча бажано задавати англійською) стосовно бачення чатботу GPT на структуру програмного забезпечення, яке потрібно ще розробити. На нашу думку, всі його першочергові побажання є коректними і заслуговують на увагу (рис.2).



Яка повинна бути структура програмного забезпечення для комплексного дослідження предметної області класичної диференціальної геометрії ?

Рис. 1. Зміст першого питання стосовно планування досліджень

Спершу звернемо увагу на логічність отриманої відповіді у вигляді 7 пунктів вишуканою українською мовою. На все це чатбот GPT витратив близько 10 секунд. На нашу думку, пошук подібної інформації традиційними способами, її набір та редагування потребувало від науковця декілька годин.

Число сім запропонованих компонентів реалізації досліджень мабуть є магічним і для чатбота GPT. Зокрема, прохання до чатботу GPT написати вірш на будь-яку тему, здійснюється за умовчанням у вигляді 4-х стовпчиків.

Бачимо (пункти 1 і 6 рис.2), що всі наведені чатботом терміни є виваженими, наприклад, «обчислення кривизни», «відстаней», «метрики», «криві», «поверхні», «тензори» є базовими для предметної області диференціальної геометрії.

Можливо було б пункти 2 і 5 об'єднати в один, хоча і тут є логіка їх відокремлення. Так, 2-й пункт відноситься до потреби візуалізації вхідних даних, а 5-й – до візуалізації результатів досліджень.

Суттєвим є третій пункт згенерований машинним інтелектом без участі людини. В ньому «професійно» як для робота, вказано складність проведення досліджень в диференціальній геометрії – використання диференціального та

інтегрального числення. Зазначимо, що в більшості випадках не можна отримати інтеграл чи розв'язок диференціальних рівнянь у символьному вигляді (у радикалах) – потрібно застосовувати чисельні методами.

Згенерований чатботом 4-й пункт, в певному сенсі пов'язаний з 3-м пунктом, хоча його зміст націлює науковця до аналізу отриманих результатів.

Незакінчений 7 пункт можна було б чатботом і не генерувати. Хоча при розробці програмного забезпечення для будь-яких предметних областей досліджень, передбачає його взаємозв'язок з іншими пакетами.



Структура програмного забезпечення для комплексного дослідження предметної області класичної диференціальної геометрії може мати наступні компоненти:

1. Бібліотека математичних функцій: цей компонент містить реалізації математичних функцій, що використовуються в диференціальній геометрії, наприклад, обчислення кривизни, метрики, відстаней і т.д.
2. Графічний інтерфейс: цей компонент забезпечує взаємодію користувача з програмним забезпеченням, дозволяє вводити дані, відображати результати і використовувати різноманітні інструменти для візуалізації досліджень.
3. Алгоритми чисельного аналізу: цей компонент містить реалізації алгоритмів чисельного аналізу, що використовуються в диференціальній геометрії, наприклад, чисельне диференціювання, інтегрування, розв'язання диференціальних рівнянь та ін.
4. Модуль обробки даних: цей компонент забезпечує збереження та обробку даних, отриманих під час дослідження.
5. Модуль візуалізації: цей компонент забезпечує відображення результатів дослідження, наприклад, відображення графіків, векторів, поверхонь і т.д.
6. Модуль обробки геометричних об'єктів: цей компонент забезпечує підтримку різних геометричних об'єктів, таких як криві, поверхні, тензори, та ін.
7. Модуль взаємодії з іншими програмами: цей компонент забезпечує можливість імпорту та експорту даних з інших програм, що використов

Рис. 2. Зміст відповіді ChatGPT на запитання на рис.1

Технологія штучного інтелекту постійно розвивається. Наявне в Microsoft Store розширення AIPRM для різних браузерів забезпечує автоматизований збір та аналіз даних в різних напрямках, зокрема, в SoftWare Engineering, Operating Systems, Marketing, Copywriting тощо.

В інтернет мережі з'явилась дискусія стосовно застосування штучного інтелекту в університетах. Є думки, що використання ChatGPT в наукових дослідженнях потрібно трактувати, як плагіат.



**Висновок:**

- 1) при опрацюванні будь-якої інформації майбутнє за штучним інтелектом, подібним ChatGPT;
  - 2) подібна «розмова» протягом декількох хвилин дозволяє економити години пошуку та обробки подібної інформації в інтернет ресурсах;
  - 3) необхідно вчитися задавати питання машинному інтелекту.
- Про останній висновок запитаємо у ChatGPT.



Які рекомендації для ефективної роботи з ChatGPT ?

Відповідь.



Ось декілька рекомендацій, які допоможуть вам ефективно працювати з ChatGPT:

1. Формулюйте свої запитання якомога точніше. Чим більш точні запитання ви задаєте, тим більш точну відповідь ви отримаєте від ChatGPT.
2. Використовуйте чітку мову. Якщо ви використовуєте нечітку або двозначну мову, ChatGPT може неправильно зрозуміти ваше запитання, що призведе до неправильної відповіді.
3. Дайте ChatGPT достатньо контексту. Чим більше інформації ви надаєте ChatGPT, тим краще він зможе зрозуміти ваше запитання і дати відповідь на нього.
4. Використовуйте коректну граматику та правопис. Неправильно написані запитання можуть спричинити труднощі для ChatGPT у розумінні вашого запитання.
5. Не очікуйте, що ChatGPT зможе відповісти на все. Хоча ChatGPT має вражаючу здатність відповідати на різні запитання, він не може знати все. Якщо ви не отримали задовільної відповіді, спробуйте переформулювати своє запитання або додати більше контексту.
6. Будьте готові до додаткових запитань. Іноді ChatGPT може потребувати додаткової інформації, щоб зрозуміти ваше запитання. Будьте готові дати додаткову інформацію або переформулювати своє запитання, якщо потрібно.
7. Експериментуйте. Спробуйте задавати різні типи запитань та формулювань, щоб дізнатися, як ChatGPT може допомогти вам вирішувати ваші проблеми або давати відповіді на ваші запитання.

Вчимося використовувати штучний інтелект вже сьогодні.

**Список використаних джерел**

[ChatGPT Efficiency Tips \(openai.com\)](https://openai.com/blog/chatgpt-efficiency-tips)

<https://www.bbc.com/ukrainian/news-64687543>

УДК 514.18

## КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ В КЛАСИЧНІЙ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІЙ ГЕОМЕТРІЇ

**А. В. НЕСВІДОМІН**, канд. наук,  
**НУБіП України**  
E-mail: a\_nesvidomin@nubip.edu.ua

Проведення досліджень в будь-якій предметній галузі передбачає ефективне застосування сучасних комп'ютерних технологій – від постановки задач дослідження до аналізу отриманих результатів. Предмет класичної диференціальної геометрії, як область комп'ютеризації, характеризується:

- неоднозначністю аналітичних перетворень у символічному вигляді, що виражається в більшості випадків відсутністю розв'язку рівнянь у радикалах, визначення інтегралів;
- структурними взаємозв'язками між такими геометричними формами, як то криві лінії, поверхні, супроводжуючі тригранники Френе та Дарбу тощо;
- необхідністю ефективної візуалізації геометричних форм у тривимірному просторі, в тому числі, анімації.

Із наявних систем комп'ютерної алгебри, на нашу думку, найбільш доцільно використати Maplesoft, яка виконує громіздкі аналітичні перетворення, володіє потужним інструментарієм у вигляді процедурного та модульного програмування, надає зручний інтерактивний інтерфейс з відповідною візуалізацією результатів. На рис.1 наведено фрагмент одного із розробленого базового модуля програмного забезпечення комплексних досліджень в класичній диференціальній геометрії у вигляді процедурних модулів. В його основу покладено вектор-функцію одної та двох змінних, які охоплюють криві лінії та поверхні. Кількість таких модулів нараховує більше 10 назв, кожен із яких включає до 50 назв програмних процедур.

```

gmBASE := module( )
  option package;
  description "The geometry BASE module";
  export Vect, VectIs, VNumer, VDiff, VSum, VSub, VMul, VSqr, VLen, VDisc, VUnit,
    Vect2PnDs, Vect2PnDiv, VDot, VCross, VMix, VAcos, VDet2, VMatr,
    VRevX, VRevY, VRevZ, VRevE, VEuler, VMovX, VMovY, VMovZ, VMovE, VMove,
    Vect2PlaneNr, Vect8, Point8;
  export Line8, Line2PlaneNr,
    Plane2Nr, PlaneIs, Plane2Pn, Plane2, PlanePnIs, PlaneEuler, Plane8, Plane8b,
    PlaneXSegm, PlaneXLine, PlaneXRay;
  local ModuleApply := proc( ) args end;
  ##### Vector методи a = [ x1, y1, z1 ]
  # Задання вектора в тривимірному просторі
  Vect := proc( a :: list, b :: list := NULL )
    description "definition of vectors in 3D" :
    if b = NULL then [ a[ 1 ], a[ 2 ], a[ 3 ] ]
    else [ b[ 1 ] - a[ 1 ], b[ 2 ] - a[ 2 ], b[ 3 ] - a[ 3 ] ] end
  end;

```

Рис.1. Фрагмент процедурного модуля вектор-функцій

**Секція 7 «Надійність будівель, споруд і  
технічних систем у будівництві»**

УДК 624.012.45

## ЗАСТОСУВАННЯМ ЕЛЕКТРОННОГО ТА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ПРОЕКТУВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ

В. М. БАКУЛІНА, ст. викладач;

О. В. ГОНТАР, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: bakulina88@ukr.net

В даний час отримав розвиток метод проектування, заснованого на застосуванні законів математики, математичної логіки, засобів електронної техніки, оргтехніки і машин для виготовлення документації.

Багато питань архітектурного проектування, пов'язані з великим обсягом інформації, яку потрібно переробити в процесі проектування. Відчувається необхідність прискорення проектних робіт, поліпшення якості та оптимальності проектних рішень, що відповідають можливостям і ресурсам будівництва та відповідають швидко зростаючим і мінливим потребам життя суспільства.

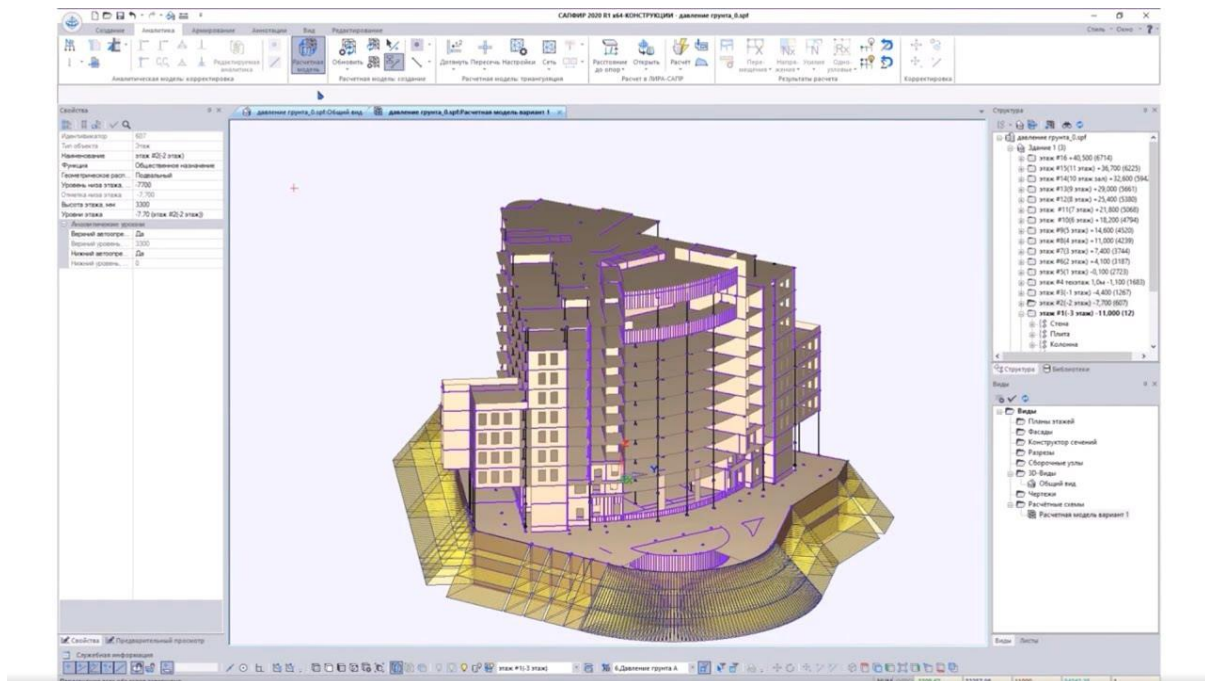


Рис. Автоматизоване моделювання будівлі

Сучасні досягнення в ряді галузей науки і техніки говорять про те, що шлях вирішення цих проблем слід шукати в застосуванні електронної та автоматизованої техніки. Ця нова галузь діяльності архітектора поки ще більшою мірою науково-пошукові розробки нових прийомів проектування, але вже є приклади розв'язання ряду проектних проблем (в генеральних планах, в питаннях поверховості, економіки, розрахунках і т. П.) за допомогою електронної техніки.



Головними завданнями цього методу є: створення проектів на основі оптимального синтезу соціальних, естетичних, технічних, наукових, будівельних, природних та інших умов в їх розвитку і швидке отримання проектних рішень, єдино доцільних з численних можливих варіантів.

З усіх зазначених нами ступенів процесу проектування найбільш важкою, до використання кібернетичної техніки, поки на даному етапі практично нездійсненою є другий ступінь (II) - пошук ідеї, заснованого на художньо-естетичній та інженерно-науковій інтуїції.

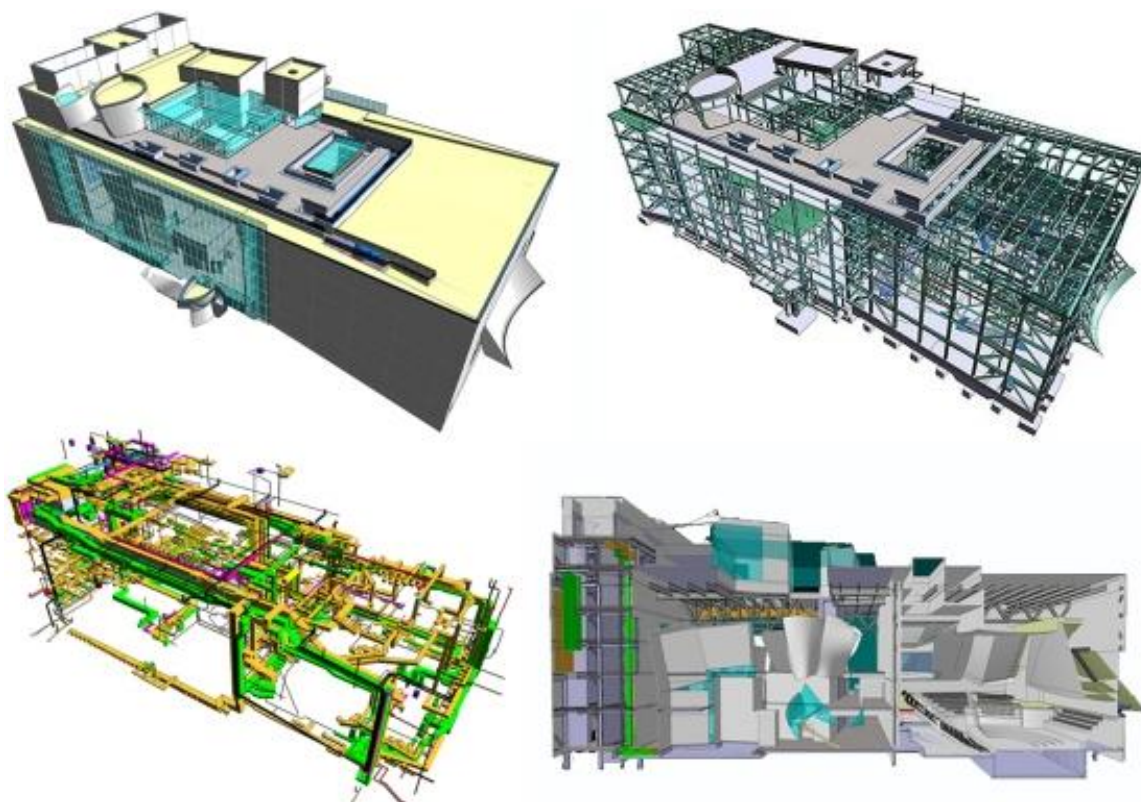


Рис. Плани, фасади, розрізи при автоматизованому проектуванні

Отже, моделювання та автоматизація на сучасних електронних машинах безперечно можуть підлягати процеси накопичення, систематизації і переробки інформації, аналітичного порівняння варіантів з запрограмованими параметрами і відбір оптимального варіанту рішення, його графічної і технічної фіксації і розмноження проектної документації.

Технічне забезпечення методу представляється у вигляді системи машин і приладів - електронно-обчислювальних, аналогових, інформують і пошукових машин, телеекранів та панорам, мікрофільмуючих пристроїв і ротаційних машин, машин з телевізійної і фототелеграфною апаратурою, проекційних фото-кінокамер, голографічних апаратів, запам'ятовуючих пристроїв, графіко-відновлюючих і копіювальних машин, пультів управління і т. п.

Послідовність розробки проекту може бути аналогічна існуючій практиці, але на відміну від інших методів передбачає певну взаємодію людини і машинної техніки.

**Висновок:** застосування електронної техніки в архітектурному та інженерному проектуванні всіх напрямків, а також і промислових підприємств є пришвидшувальним інструментом, а сам процес проектування в цьому випадку буде складатися з складних-творчих операцій, відповідних функцій людини приймати рішення, і специфічно-машинних операцій, що підлягають програмуванню і є підготовкою основ для прийняття творчих рішень з подальшою їх фіксацією.

УДК 624.012.45

## ECOLOGICAL TYPES OF FUEL FOR COMBINED FUEL BOILERS

V. M. BAKULINA, senior lecturer;

I.Y. IHNATENKO, student

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

*E-mail: bakulina88@ukr.net*

Solid fuel boilers are one of the most economical heating units. Coefficient useful performance of such boilers is quite high. In order to obtain the maximum amount of thermal energy, the correct use and operation of solid fuel boilers, it is important to use the appropriate fuel for them. Let's analyze which fuel is better to use for solid fuel boilers to get heat and extend its working time.

*Wood* . This is one of the most common types of fuel. The amount of heat received from wood depends on its humidity - the higher the humidity, the lower the heat capacity of wood. From wood, it is not recommended to use spruce, because when burning, they release resin, which settles on the chimney and gas pipes of the boiler, which impairs its operation and requires frequent maintenance.

The newest type of heating raw material - wood pellets - is gaining more *and more popularity*. The use of pellets is very convenient. For boilers on pallets, economical ones have been developed heating devices. They can work from a day to several days on one load of fuel pellets. Such boilers also have the possibility of automatic assignment of all parameters.

Pellets have a high calorific value and, at the same time, there is little ash waste. The better the quality of the pellets, the less waste and more heat.

*Cod*. These are wooden pieces of small length and thickness. Cod is currently the cheapest type of fuel. Such fuel is used in industrial boilers with automatic feed. To obtain a high heat output, the cod must be dried.

*Straw*. The most neutral type of fuel, which is an environmentally friendly source of thermal energy. It has a good calorific value and a relatively low price.

*Coal*. Most often, it is used for boilers with manual loading, as a cheap type of fuel. Coal has the highest heat output among other solid fuels. At the same time, such

fuel heavily pollutes the atmosphere, and as a result of its combustion, a large amount of ash is released.



a



b



c



d

Fig. 1. Species fuel: a - straw briquettes; b - cod fuel; c - fuel briquettes; d - straw

*Fuel briquettes.* They are made from wood waste and packaged in individual blocks of 10-15 kg. They are used most often for boilers with manual loading.

Thus, the type of fuel choose from availability species fuel in that or another terrain and distance transportation.

УДК 69.03

## ВИДИ ПАЛИВА ДЛЯ КОТЕЛЕНЬ В УКРАЇНІ

**В. М. БАКУЛІНА**, ст. викладач;

**О. Ю. КОЛОМІЄЦЬ**, студентка

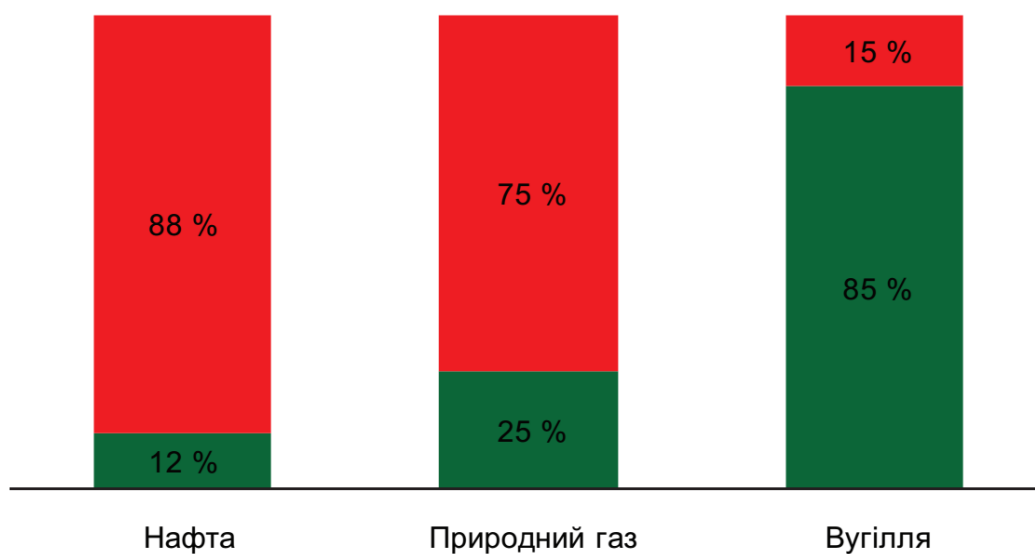
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: bakulina88@ukr.net*

**Паливо** повинно мати певні властивості, тобто відповідати таким основним вимогам: порівняно легко займатися; при згорянні виділяти якомога більше теплоти; бути поширеним у природі, доступним при видобуванні та дешевим при виробництві. Також, не змінювати свої властивості при транспортуванні та зберіганні, бути нетоксичним і при згорянні не виділяти шкідливих та отруйних речовин.

**Цим вимогам найбільш повно відповідають речовини органічного походження:**

- нафта,
- природний газ,
- тверді горючі копалини тощо



■ Рівень забезпеченості енергоресурсом ■ Рівень нестачі енергоресурсу

Рис.1.Забезпеченість України власними викопними енергоресурсами

В таблиці 1 наведені кількість викидів в атмосферу.

**Види палива для котелень:**

**Газ** -найпоширеніший вид палива для котелень через свою невисоку ціну і зручністю експлуатації. Однак, з метою безпеки, відповідні газові служби пред'являють дуже високі вимоги до його експлуатації. Кращим варіантом



розміщення газового котла є окрема кімната або приміщення – по-перше, не буде чути шуму, а по-друге – в цілях безпеки.

Таблиця 1.

Викиди забрудників у атмосферу під час спалювання різних видів палива

| Вид викиду           | Деревина<br>(мг викидів/<br>кВтгод) | Вугілля<br>(мг викидів/<br>кВтгод) | Природний<br>газ (мг<br>викидів/<br>кВтгод) |
|----------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|
| Оксиди азоту         | 154,77                              | 588,12                             | 12,69                                       |
| Монооксид<br>вуглецю | 541,69                              | 38,69                              | 7,74                                        |
| Сірчистий газ        | 38,69                               | 278,58                             | 4,33                                        |
| Тверді частки        | 30,95                               | 30,95                              | 12,85                                       |
| Метан                | 30,95                               | 3,40                               | 13,00                                       |
| Закис азоту          | 20,12                               | 23,33                              | 3,10                                        |
| Діоксид<br>вуглецю   | 0,00                                | 331 202,00                         | 181 078,00                                  |

**Рідке паливо** - в якості такого виду палива для котелень використовується, в основному, дизель, але також може бути різне масло або мазут. Рідкопаливні котли невибагливі щодо дозволів і різної документації. Можна використовувати будь-який вид палива, але від його якості залежить витрата.

**Тверде паливо в основному** – дрова чи вугілля, торф, пелети. Самий «проблемний» вид палива для котелень, хоча один з найдешевших і самий менш вимогливий до облаштування.

**Електрика** -найбезпечніший і менш вимогливий вид палива для котелень, але й один з найдорожчих, так як ціна експлуатації буде повністю залежати від цін і тарифів на електрику.

**Висновок.** Вибір виду палива для котелень залежить від доступності палива в тому чи іншому регіоні, від цін на газ і електрику, а також від будови приватній території – не скрізь можна із зручністю розмістити котел. Якщо дозволяє фінансова складова, то кращим вибором буде електричний котел; якщо виконуються всі вимоги до експлуатації, то можна зупинитися на газовому котлі; при поганій доступності газу в тому чи іншому регіоні – можна використовувати тверде або рідке паливо.



УДК 69.03

## USE OF GAS BOILERS IN APARTMENT BUILDINGS

V. M. BAKULINA, senior lecturer;

U. M. BAIDAK, student,

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

*E-mail: bakulina88@ukr.net*

To reduce heating and hot water losses in buildings up to 9 storeys, it is possible to provide an autonomous heating system using gas boilers.

**Gas boilers** are the most popular type of heating device, due to the fact that until 2010 gas was the cheapest type of fuel (as it is the primary source of energy). The main purpose of a gas boiler is to generate heat for space heating and water heating by burning fuel. Natural gas can be used as a fuel: propane or butane, as it is inexpensive, available, and perfectly suited for heating boilers.

Depending on the placement, gas boilers can be wall-mounted (boilers are placed directly on the wall or on a special frame, they are mostly small in size and power (from 24 to 100 kW), although their structure is more complex than floor-mounted boilers) or floor-mounted (large, powerful boilers that are placed on a special platform or simply on the floor). It is better to choose a double-circuit boiler that can provide heat and hot water.

The boiler output must be selected according to the heat loss, number of people living in the room, water consumption and total floor space. Main advantages:

- prevalence, wide range (you can buy gas boilers in almost any heating equipment store, while a solid fuel or combined boiler of the desired model may have to be searched for);
- Availability and low price of fuel (there are not many non-gasified areas, but even in them, a gas boiler can be used by connecting it to a liquefied propane-butane cylinder);
- high efficiency (especially for turbocharged boilers with a closed combustion chamber);
- ease of installation (a gas boiler requires a chimney, but there are no increased requirements for its material and design) and further operation.

At the same time, gas heating boilers have their drawbacks.

- with a large area of living quarters (more than 50 m<sup>2</sup>) and insufficient thermal insulation of the house, heating with liquefied gas, especially in the northern regions, becomes economically unprofitable and quite difficult technically - due to frequent replacement of cylinders. In such a situation, it is easier to install a liquid fuel boiler. The disadvantages of LPG boilers also include the explosiveness of the fuel; if it is impossible to equip a separate room for the boiler room, it is better to give preference to a liquid or solid fuel boiler. On the other hand, heating equipment

connected to the main gas pipeline does not have these disadvantages, so in a private house located in a gasified settlement, in most cases it is advisable to install a gas heating boiler.

- A drawback that arises once is the paperwork.



Fig. 1. Gas boilers: a – single-circuit boiler; b – double- circuit boiler

The use of gas boilers makes it possible to reduce operating costs during transport and when heating apartments.

**УДК 624.01.001.5**

## **ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ПРИЛЕГЛИХ ОБ'ЄКТІВ ІСНУЮЧОЇ ЗАБУДОВИ**

**Н. О. КОСТИРА**, к.т.н., доцент;

**В. М. БАКУЛІНА**, ст. викладач

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: iakos62@ukr.net; bakulina88@ukr.net*

У зв'язку з тенденцією будівництва нових житлових комплексів на територіях недіючих підприємств в історичних районах Києва, виникають вимоги щодо безпеки під час нового будівництва об'єктів в умовах ущільненої забудови, які охоплюють безпеку прилеглої забудови і території, безпеку об'єкта, що будується, безпечність виробничого процесу з виконання будівельно-монтажних робіт [1-3]. Ці норми повинні виконуватися не тільки

при інженерних вишукуваннях для будівництва, розробленні проектно-технологічної документації, організації і виконанні будівельно-монтажних робіт, а також для моніторингу прилеглої забудови, території та об'єкта, що будується.

З метою забезпечення комплексної безпеки будівництва відповідно до його індивідуальних умов до робіт із його здійснення має бути долучено:

- обстеження прилеглих об'єктів існуючої забудови;
- розроблення проектно-конструкторських і організаційно-технологічних рішень із захисту об'єктів прилеглої забудови від техногенного впливу будівництва та забезпечення умов їх нормальної експлуатації;
- впровадження заходів із захисту об'єктів прилеглої забудови від техногенного впливу будівництва та забезпечення умов їх нормальної експлуатації.

При будівництві житлового комплексу з об'єктами соціального і громадського призначення та підземним паркінгом в межах вулиць Кирилівська та Нижньоюрківська у Подільському районі м. Києва відповідно до вимог [2, 3] було проведено технічне обстеження прилеглих до ділянки будівництва житлових будинків та будівлі пожежної частини.

В якості об'єкту дослідження обрано будівлю, яка найближче розташована до будівельного майданчика, а саме: будівля пожежної частини.

Будівля пожежної частини чотирьохповерхова, прямокутної конфігурації у плані, змішаної конструктивної системи з поперечним розташуванням цегляних несучих стін і колон. Габаритні розміри будівлі 60,0 х 21,0 м, рис. 2. Площа забудови – 1308,96 м<sup>2</sup>.



Рис. 1. Замокання елементів перекриття та підвісної металевої стелі на першому поверху, корозія сталевих елементів кріплення стелі, внаслідок протікання інженерних мереж в осях «Б - В», «7 - 8»



Рис. 2. Вертикальна тріщина по колоні перерізом 400 х 600мм на 1 поверху приміщення гаражу на перетині осей «8», «Б» з шириною розкриттям 1,0-3,0 мм, довжиною 1,37 м: а) – за результатами обстеження 2016 року; б) – теж саме 2021 року.

За результатами технічного обстеження виконана оцінка міцності, стійкості і фізичного зносу конструкцій будівлі. Виявлені дефекти і пошкодження, які виникли при спорудженні та за час її експлуатації.

**Висновки.** Внаслідок технічного обстеження визначено, що фізичний знос будинку в цілому складає 35%.

При обстеженні будівлі виявлено, що вона знаходиться на схилі з явними ознаками накопичення вологи та просідання насипного шару ґрунту. Враховуючі зсувонебезпечний стан даного схилу, перед початком будівництва рекомендується виконати заходи по закріпленню схилу.

Підпірна стінка на подвір'ї будівлі пожежної частини знаходиться у непридатному до подальшої експлуатації технічному стані з візуальними ознаками деформацій у вигляді тріщин та замочування. Такі тріщини необхідно позначити на конструкціях і встановити на них маяки для визначення їхнього розкриття при подальшому проведенні будівельних робіт. За умови негативної динаміки розкриття виконати їх ремонт з підсиленням.

Біля стін будівлі відсутнє належне відведення атмосферних опадів, що призводить до замочування їх конструкцій. Ігнорування даного впливу протягом проміжку часу 2-х...3-х років спричинить деформації, що не будуть пов'язані з впливом від майбутнього нового будівництва.

Зафіксована вертикальна тріщина в залізобетонній колоні потребує постійного моніторингу та реконструкції, разом із цим виникає задача визначення найбільш раціонального та економічного варіанту підсилення. Вирішити цю задачу дозволяють чисельні дослідження в програмних модулях сучасних САПР, зокрема ПК «ЛІРА САПР»[4].

### Список використаних джерел

1. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. ДБН В.1.2-12-2008. –К.: Мінрегіон України, 2009 – 32 с.
2. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану : ДСТУ Н Б В.1.2-18:2016. –К.: Мінрегіон України, 2016 – 43 с.
3. Барашиков А. Я., Малишев О.М. Оцінювання технічного стану будівель та інженерних споруд: Навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. – К.: Основа, 2008. – 320 с.
4. М. Barabash, Some aspects of modelling nonlinear behaviour of reinforced concrete, Strength of Materials and Theory of Structures. 100 (2018) 164-171.
5. Костира Н.О. Особливості технічного обстеження та паспортизації прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва / Н.О. Костира, О.М. Малишев, В.М. Бакуліна // Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. – Vol. 10. - № 1. –2019. –С. 165-169. DOI: 10.31548/machenergy.2019.01.165-169

УДК 624.012.45

### ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО - ДЕФОРМОВАННОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ДІАФРАГМ ЖОРСТКОСТІ ВИСОТНОЇ БУДІВЛІ

Є. А. БАКУЛІН, к.т.н., доцент;

Г. С.ТОКАРЄВ, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: bakulin959@ukr.net*

Зусилля що виникають в вертикальних діафрагмах жорсткості збільшуються зверху донизу, при цьому у верхній частині будівлі нормальні сили збільшуються більш інтенсивно, ніж згинальні моменти, а в нижній частині будівлі – навпаки. У зв'язку з цим у верхній частині будівлі ексцентриситети поздовжніх стискаючих сил невеликі, а внизу зростання стискаючої сили супроводжується збільшенням ексцентриситетів. Тому при постійному поперечному перерізі діафрагми перевіряють міцність тільки самого нижнього перерізу. При розрахунках перевіряють міцність горизонтальних перерізів діафрагми на позacentровий тиск і міцність вертикальних перерізів на зсув. При таких розрахунках розглядається кілька комбінацій зусиль.

*Перша комбінація:*

Найбільші поздовжні сили  $N_{max}$ , відповідні їм моменти від вертикальних навантажень  $M_{верт.}$ , найбільші значення моментів від горизонтальних навантажень  $M_{гор.}$ .



*Друга комбінація:*

Найменші значення поздовжніх сил  $N_{min}$ , відповідні їм моменти від вертикальних навантажень  $M_{верт.}$ , найбільші значення  $M_{гор.}$ . У практичних розрахунках приймають  $N_{min} \sim 0,7 N_{max}$ , а  $M_{min\ верт.} \sim 0,7 M_{max\ верт.}$ .

При побудові розрахункової схеми було прийнято, що всі конструктивні елементи каркасу будівлі складаються із ідеалізованого матеріалу, із зберіганням головних фізико-механічних характеристик та властивостей. Побудова розрахункової схеми, див. рис. 1.

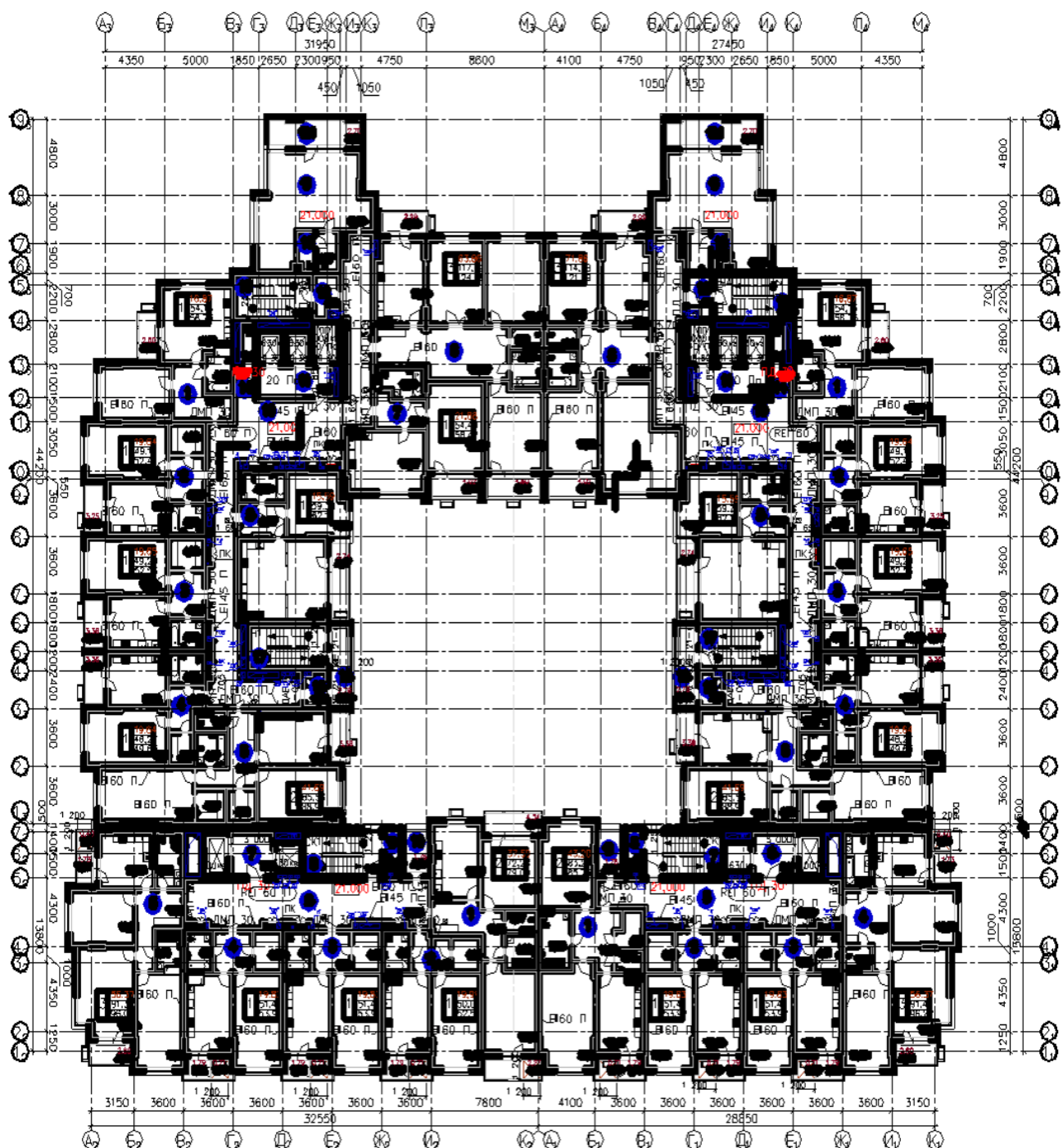


Рис. 1. Схема типового поверху

Розрахунки виконані з використанням програмного обчислювального комплексу «ЛІРА-САПР 2017 R3».

В зв'язку з великим обсягом інформації результати розрахунків приведені у вигляді ізополів ( рис. 2, 3).

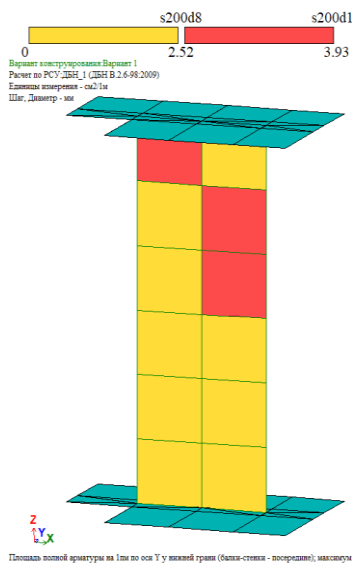


Рис. 2. Вертикальне армування по першій грані пілону без відхилення між осями  $1_3/A_3$  на від. 47,400

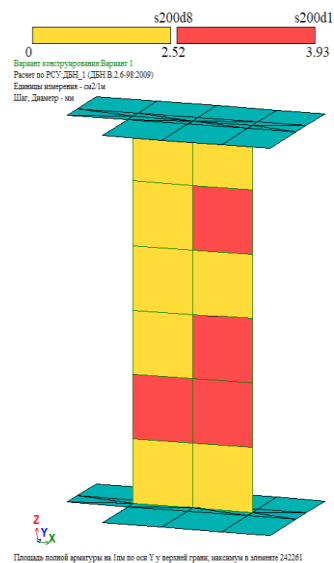


Рис. 3. Вертикальне армування по другій грані пілону без відхилення між осями  $1_3/A_3$  на від. 47,400

#### Висновки:

1. Розрахунки виконані з використанням програмного обчислювального комплексу «ЛІРА-САПР 2017 R3». Жорсткісні параметри конструктивних елементів каркасу споруди призначалися у відповідності з проектними даними.

2. Проведено розрахунки двох розрахункових схем залізобетонних діафрагм жорсткості: без відхилень та з відхиленням вертикальних елементів. Проведено порівняння результатів даних двох розрахункових схем.

3. Діафрагми жорсткості розраховувались відповідно до вимог діючих норм по ДБН В.1.2–14-2009, клас наслідків (за відповідальністю) прийнято СС3. Категорія складності об'єкту – V. Категорія відповідальності елементів каркасу – А. Коефіцієнт надійності за відповідальністю для розрахунку за першою групою граничних станів  $\gamma_n=1,25$ , для розрахунку за другою групою граничних станів  $\gamma_n=1,0$ .

4. За розрахунками величина переміщень діафрагм жорсткості не перевищує допустимих значень.

При порівнянні результатів розрахунку двох розрахункових схем виявлено збільшення необхідного армування на 15% в діафрагмах між осями  $1_3/A_3$  на від. 44,100 та на від. 47,400. Це дозволяє оптимізувати армування діафрагм жорсткості без зменшення їх жорсткісних характеристик.

УДК 69.03

## ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ЕЛЕКТРИЧНОЮ СИСТЕМОЮ

**В. М. БАКУЛІНА**, ст. викладач;

**О. В. ЛАЗАРЕВА**, студентка,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: bakulina88@ukr.net*

Системи електричного опалення працюють по головному принципу – перетворення електричної енергії в теплову. Найчастіше використовуються три основні типи опалення будинку:

- електроконвектори;
- системи теплої підлоги;
- інфрачервоні обігрівачі.

Такі прилади як **електроконвектори**, прості в управлінні і ефективні. Вони використовуються в якості самостійних систем опалення та як додаткові – разом з централізованим опаленням. Єдиною і основною умовою роботи даного пристрою є наявність постійного і безперебійного підключення до мережі. Конвекторне опалення зручне при відсутності газових магістралей. В основу роботи приладу покладено принцип природної циркуляції повітря: холодне повітря з приміщення потрапляє в електроконвектор, де нагрівається і в збільшеному обсязі повертається в приміщення. Гарячі і холодні повітряні маси постійно заміщаються, підвищуючи таким чином температуру в приміщенні. Потужність конвекторів буває від 0,5 до 3,0 кВт. Габаритні розміри: товщина близько 0,8 см, довжина до 2,5 м, в залежності від потужності пристрою. Оптимальне розташування приладу – не вище 1 метра над підлогою або під вікном. Необхідна кількість конвекторів, їх потужність і розташування, як і в будь-якій іншій системі опалення, залежить від площі будинку.

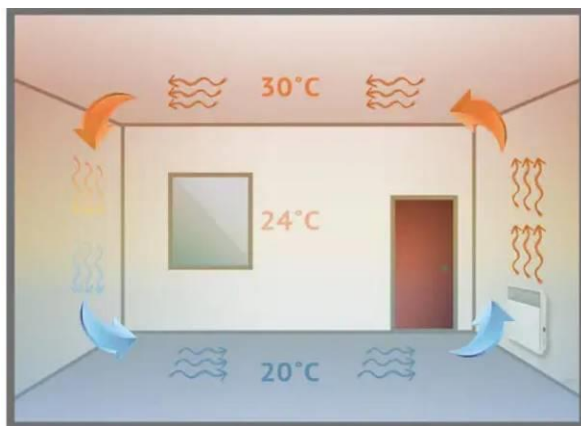


Рис. 1. Електрична система опалення електроконвектором

### **Основні недоліки конвекторного опалення:**

- нагріте повітря швидко остиває і конвектору потрібно часто

вмикатися для підтримання постійної комфортної температури, що в результаті позначається на кількості витраченої електроенергії на обігрів;

- висушує повітря і спалює кисень;
- температура повітря під стелею завжди вище, ніж температура повітря біля підлоги, чи посередині приміщення.

**Електрична тепла підлога** – сучасна система, яка дозволяє обігрівати підлогове покриття, тим самим зігріваючи приміщення. Нерідко можна знайти інформацію про те, що тепла підлога може використовуватися як основне джерело тепла в будинку, однак фахівці не рекомендують дотримуватися таких поглядів. Краще використовувати як додаткову систему.

Принцип роботи досить простий – струм, проходячи через кабель нагріває його, тепло передається в стяжку і підлогове покриття, яке відповідно обігріває кімнату. Діапазон цін на облаштування теплої підлоги досить широкий – економічні пропозиції становлять 1250 грн / м<sup>2</sup> \*, найдорожчий 5000 грн / м<sup>2</sup>. \*

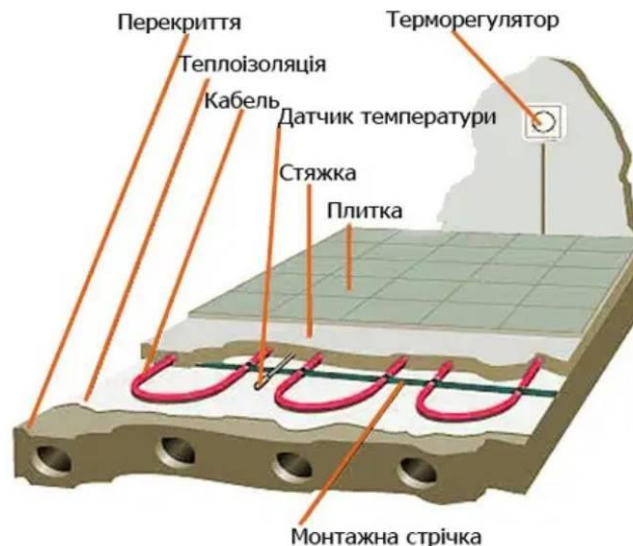


Рис.4.1. Система опалення електрична тепла підлога

**Інфрачервоні обігрівачі**, за останні кілька років, стали одним із найпопулярніших видів опалювальних приладів. Їх принцип дії ґрунтується на передачі тепла в навколишнє середовище за допомогою інфрачервоного випромінювання. Це тепло поглинається навколишніми поверхнями і предметами, які віддають його в повітря. Саме завдяки цьому принципу дії, інфрачервоні панелі отримали популярність – мінімізуються витрати електроенергії на обігрів простору під стелею.

Важливим параметром, на який варто звернути увагу, при виборі такого типу обігрівача є довжина хвилі – цей параметр впливає на область застосування приладу і його вплив на організм людини:

- довгохвильові інфрачервоні панелі можуть використовуватися в житлових приміщеннях – безпечні для людей і тварин. Можуть застосовуватися як основна, так і як додаткова система опалення. Довгі хвилі дозволяють теплу

глибше проникати в предмети, і відповідно довше віддавати його в приміщення.

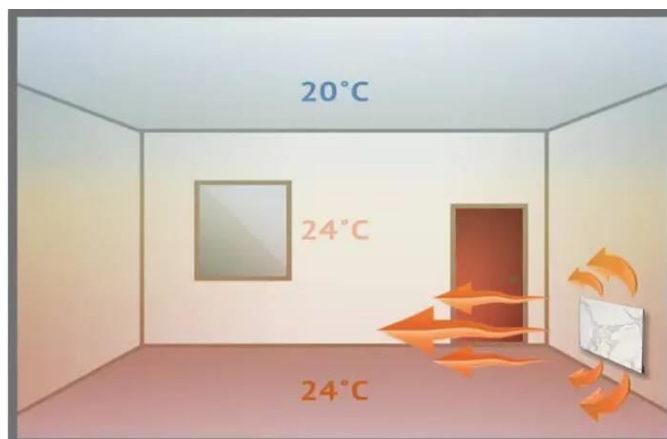


Рис.4.2 Система опалення інфрачервоними обігрівачами

Важливим параметром, на який варто звернути увагу, при виборі такого типу обігрівача є довжина хвилі – цей параметр впливає на область застосування приладу і його вплив на організм людини:

- довгохвильові інфрачервоні панелі можуть використовуватися в житлових приміщеннях – безпечні для людей і тварин. Можуть застосовуватися як основна, так і як додаткова система опалення. Довгі хвилі дозволяють теплу глибше проникати в предмети, і відповідно довше віддавати його в приміщення.

Як правильно обрати довгохвильовий обігрівач і на що звернути увагу;

- короткохвильові обігрівачі можуть бути використані в приміщеннях де людина перебуває недовго (сходові клітини, коридори і т.д.), в житлових приміщеннях їх застосування не рекомендується.

Далі ми розглядаємо тільки довгохвильові. На відміну від конвекторів, які сушать повітря – інфрачервоні нагрівачі не спалюють кисень. Їх можна встановлювати в дитячих кімнатах, так як вони безпечні, не виділяють неприємних запахів і працюють безшумно. На сучасному ринку представлені інфрачервоні обігрівачі з вбудованими термостатами або виносними термостатами. Цей пристрій дозволяє знижувати витрати на електроенергію: датчик реагує на зміну температури в приміщенні, після чого терморегулятор, включає або виключає прилад.

Таким чином, один раз налаштувавши зручний для вас температурний режим, немає необхідності вимикати пристрій з мережі. З'єднавши кілька електричних панелей між собою і підключивши на виносний регулятор, ви отримуєте систему опалення. У більшості панельних обігрівачів передбачена технологія запобігання перегріву, захист від перепадів напруги. Тому сама інфрачервона панель може працювати і без регулятора, як звичайна електробатарея.



**Недоліки системи:**

- при першому включенні в холодному приміщенні може працювати добу і більше поки не стане тепло;
- витрачається трохи більше часу на прогрів приміщення, ніж конвектор.

**Переваги системи інфрачервоних обігрівачів:**

- нагрівши приміщення, вмикаються рідше ніж конвектори, для підтримання сталої температури. В результаті, це впливає на економію електроенергії;
- комфортна температура приміщення зберігається від 2-х годин і більше, навіть після вимкнення системи;
- не сушить повітря, не спалює кисень, при роботі не виділяє шкідливих речовин;
- працює безшумно;
- довговічність (середня гарантія від виробника 5 років).

**УДК 624.014 (076.5)**

**ДЕФЕКТИ ТА ПОШКОДЖЕННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ  
ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**Є. А. БАКУЛІН**, к.т.н., доцент,

**А. В. ЦУМАН**, студент,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: bakulin959@ukr.net*

Оцінка технічного стану сталевих конструкцій є однією із регламентованих процедур, які виконуються з метою перевірки рівня надійності (безвідмовності) і довговічності будівельних сталевих конструкцій і встановлення можливості їх використання за призначенням у передбачених проектом умовах і на прогнозований термін експлуатації.

Прогнозований термін експлуатації при визначенні технічного стану приймається за одним із таких варіантів:

- до вичерпання несучої здатності;
- до вичерпання встановленого нормативного терміну функціонування будівельного об'єкта;
- до найближчого запланованого капітального ремонту;
- до встановленого під час оцінки терміну, після закінчення якого сталеві конструкції знову підлягають оцінці з метою перевірки можливості продовження їх допустимого терміну експлуатації.

Для підтвердження або перевірки несучої здатності сталевих конструкцій можливо застосовувати методи оцінки, засновані на:

- аналізі досвіду експлуатації;
- використанні методів перевірочного розрахунку;
- перевірки експериментальними методами (пробним навантаженням).

Ці методи та засоби можливо використовувати і в комбінації, а саме:

- для різних сталевих конструктивних елементів об'єкта підтвердження або перевірки несучої здатності можливо виконувати різними методами та засобами;

- для одного і того ж конструктивного елемента підтвердження або перевірки несучої здатності можливо виконувати декількома методами та засобами, при цьому, якщо вони дають різні результати, то приймається результат з найбільшим коефіцієнтом використання несучої здатності.



Рис. 1. Сталева колона

### **Основні дефекти та пошкодження сталевих колон та їх консолей.**

Найбільше число пошкоджень колон пов'язане з порушенням правил технічної експлуатації. При невеликих площах цеху колони всередині нього часто піддаються ударам вантажами, що транспортуються, що призводить до появи в гілках нижніх частин колон викривлень і механічних пошкоджень у вигляді місцевих прогинів, виривів і тріщин.

Особливо часто пошкоджуються гнучкі елементи грат наскрізних колон. У стінках суцільних колон для пропуску комунікацій часто роблять отвори без підсилення ослаблених перерізів, а у верхніх частинах колон для збільшення габариту крана – вирізи, що знижує жорсткість колони.

До пошкоджень від температурних дій найбільшою мірою схильні елементи, розташовані поблизу джерел тепловиділень. У гарячих цехах при зміні температури з'являються значні температурні переміщення, що призводять до відхилення конструкцій від проектного положення.

За наявності в'язів, які перешкоджають вільним переміщенням, в елементах конструкцій виникає додаткове напруження, що має циклічний характер. За певних умов це напруження може призвести до викривлення елементів або появи тріщин.

При нагріві сталевих конструкцій до 1000 °С руйнується захисне покриття, при 300-400° С відбувається викривлення елементів, особливо тонкостінних.

Порушення правил експлуатації обладнання і виникнення аварійних ситуацій можуть призвести до протікання розплавленого металу, викривлення і перепалу нижніх частин колон.

УДК 624.014 (076.5)

## ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННИКІВ ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА КОРОЗІЮ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Є. А. БАКУЛІН, к.т.н., доцент;

І. О. МАСЛИГА, студентка

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: bakulin959@ukr.net*

Корозія сталі та інших сплавів на основі заліза привертає особливу увагу. Продуктом корозії заліза є іржа – складна суміш змінного складу, що утворюється при взаємодії заліза з вологим повітрям (рис.11.2а). Для порівняння на рис.11.2б показаний первинний продукт взаємодії Fe з  $O_2$  і  $H_2O$  – білий осад  $Fe(OH)_2$  (на дні пробірки), який на повітрі майже миттєво окиснюється до рудого  $Fe(OH)_3$  (у верхній частині пробірки). Проміжним продуктом окиснення є брудно-зелений осад змішаного складу, що містить гідроксиди Fe (II) і Fe (III).

Корозію класифікують за різними ознаками. По-перше, за механізмом її перебігу, пов'язаного з особливостями, що супроводжують корозійне руйнування металів. По-друге, – за характером руйнування, тобто за тими зміненнями, що відбуваються з поверхнею і структурою матеріалу внаслідок протікання корозійних процесів.

**I. Залежно від механізму перебігу** процесу розрізняють:

- *хімічну корозію,*
- *електрохімічну корозію.*

**II. За характером руйнування** металу виділяють такі види корозії:

- *суцільна (або загальна),* яка виникає при взаємодії всієї поверхні металу з оточуючим середовищем (рис.1а).

Розрізняють два види суцільної корозії: *рівномірну*, при якій вся поверхня металу роз'їдається однаковою мірою без змінення її топографії, і *нерівномірну корозію*, коли поверхня металу під шаром продуктів корозії має «зритий» характер, тобто містить ділянки більш глибоких пошкоджень – корозійні каверни. До нерівномірної корозії відноситься і *структурно-вибірنا (або селективна)* корозія (рис.1ж), при якій одна із структурних складових сплаву розчиняється з більшою швидкістю, ніж решта, наприклад, процес знецинкування латуней (сплавів Cu і Zn);

- *місцева (або локальна) корозія*. Характерною ознакою корозії цього виду є руйнування окремих ділянок поверхні металу. Місцеву корозію звичайно поділяють на декілька дрібніших груп (рис.1б – 1е).

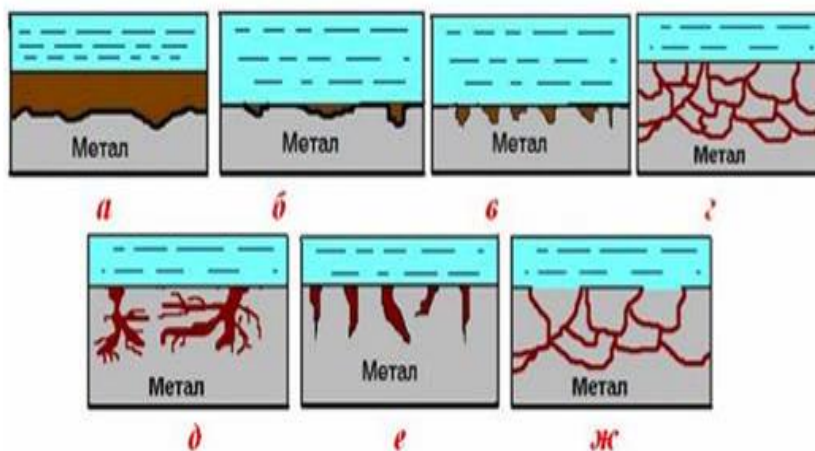


Рис. 1. Види корозії за характером руйнування металу: а – суцільна; б – місцева плямиста; в – місцева виразкова; г – місцева міжкристалічна; д – місцева розтріскувальна; е – місцева пітинг; ж – суцільна селективна (вибірна)

Чинники, що впливають на швидкість корозії. Швидкість електрохімічної корозії залежить від різних чинників, які за своїми характерними особливостями поділяються на внутрішні та зовнішні.

**I. Внутрішні чинники** пов'язані з властивостями корозійно- активної речовини. Їх декілька:

1. **Природа металів**, яка виявляється в їх хімічній активності та схильності до пасивації.
2. **Структура сплавів**, залежно від якої сплави поділяються на *гомогенні* (тверді розчини) і *гетерогенні*, що складаються з кількох твердих мікрофаз. Швидкість електрохімічної корозії зростає при переході від гомогенних до гетерогенних сплавів. Особливо несприятливою є наявність у сплаві включень менш активного металу в основний активніший метал, наприклад, катодних включень Cu чи Ni у залізо. Анодні структурні включення або не змінюють швидкості корозії, або призводять до розвитку локальних корозійних процесів.
3. **Стан поверхні металу**. Корозійна стійкість металу підвищується завдяки тонкій механічній обробці поверхні, що сприяє утворенню досконалих захисних шарів. Термічна обробка, яка полегшує знімання механічного напруження на поверхні та всередині металу, також підвищує його корозійну стійкість.

**II. Зовнішні чинники**, що впливають на швидкість корозії, пов'язані з природою корозійного середовища і умовами перебігу корозійних процесів. До них належать рН та іонний склад корозійного середовища, кількість у ньому кисню, температура, тиск, швидкість руху середовища, дифузія тощо.

1. **Кислотність середовища.** Здебільшого швидкість корозії зростає зі зменшенням рН середовища, оскільки при цьому підвищується розчинність продуктів корозії.

2. **Іонний склад корозійного середовища.** Корозійне середовище може містити йони- активатори, які прискорюють корозію, та йони-інгібітори, які її уповільнюють.

3. **Концентрація розчинів.** При контакті металів з розчинами солей, йони яких не виявляють властивостей активаторів чи інгібіторів корозії, швидкість корозійних процесів залежно від концентрації підкоряється складним законам. Наприклад, якщо Fe перебуває у розчині  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , то при збільшенні концентрації солі швидкість корозії спочатку зростає, оскільки підвищується електрична провідність середовища, а після досягнення певної концентрації - поступово сповільнюється, оскільки зменшуються електролітична дисоціація солі та розчинність кисню у середовищі.

4. **Кількість кисню.** Кисень є сильним корозійно- активним агентом, однак його вплив на корозійні процеси неоднозначний. Найчастіше збільшення кількості  $\text{O}_2$  інтенсифікує корозію більшості металів. Але якщо метал легко піддається пасивації, то при підвищенні концентрації кисню корозія такого металу сповільнюється. Швидкість корозії з кисневою деполяризацією зростає при збільшенні дифузії та розчинності кисню, а також при енергійному перемішуванні.

5. **Температура і тиск.** У випадку корозії з водневою деполяризацією підвищення температури прискорює електродні процеси, тому швидкість корозії зростає. Коли відбувається корозія з кисневою деполяризацією, температура виявляє подвійний вплив. Так, підвищення температури збільшує швидкість електродних процесів, однак одночасно зменшує розчинність кисню. Максимальної швидкості корозія з кисневою деполяризацією досягає в інтервалі  $70-80^\circ\text{C}$ . Це зумовлюється оптимальним співвідношенням коефіцієнта дифузії кисню та величиною його розчинності у зазначених межах температур.

УДК 69.03

## WIND ENERGY DEVELOPMENT TRENDS IN UKRAINE

V. M. BAKULINA , senior lecturer,

D. V. BOHACH, studen,

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

*E -mail: bakulina 88@ukr.net*

At the COP26 climate summit in Glasgow, more than 40 countries agreed to phase out coal power over the next 20 years. Ukraine is among them. Decarbonization of the energy sector and reduction of carbon emissions to limit



climate change is the main task of energy workers. It is planned to replace the most "dirty" generation with ecological and renewable types of fuel.

The International Renewable Energy Agency (IRENA) believes that the transformation of the global energy system is aimed at improving energy security and increasing energy availability. Territorial communities, especially in rural areas, have significant prospects for the introduction of renewable energy technologies. So, urgent needs of society, social and environmental benefits, as well as attractive economic opportunities of the energy system.

According to IRENA experts, onshore and offshore wind generation can provide more than one third (35%) of the total demand for electricity by 2050.



Fig. 1. Graph of wind energy growth

According to the Ministry of Energy of Ukraine, the share of heat generation in total electricity production has decreased by 5% since 2016. So, if in 2016 the share of TPP generation in total electricity production was 32.2%, then according to the results of 2020 thermal power plants produced only 27.2%.

According to the International Renewable Energy Agency (IRENA), over two decades, the installed capacity of wind generation in the world has increased almost 75 times - from 7.5 GW in 1997 to about 564 GW by 2018. Today, the capacity of wind power plants is 730 GW and shows optimistic trends in the future. The rapid growth of wind energy is noted in Asia and North America, and such EU countries as Denmark, Spain, Ireland and Germany continue to develop their potential.

According to the State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine, in the first half of 2021, the total capacity of RES facilities increased by 278.4 MW. But there are several reasons for the deterioration of the conditions for attracting investments: the adoption of the law on the approval of retrospective initiatives to reduce the "green tariff" and the termination of the preferential tariff for working stations from January 1, 2030, non-fulfillment of the terms of the memorandum regarding the return of debts to "green" generation and prevention of accumulation new ones But the RES sector must continue to develop.

On the territory of Ukraine, one of the founders of cosmonautics, Yuriy Kondratyuk, developed the first wind power plants back in the 1930s. He worked on the project of the Crimean wind power station with a capacity of 12 MW, with a

tower 160 m high and a three-bladed propeller with a diameter of 80 m. In 1937, the construction of the station's foundation began on Mount Ai-Petri in the Crimea. However, in 1938, construction was stopped and the project was never returned to.

The second stage of wind energy development in Ukraine began in 1996. It was this year that the Novoazovska wind farm with a capacity of 50 MW was designed in the village of Bezimenne, Donetsk region. The station became operational after 15 years - in 2011.

In 1997, the first wind farm on the territory of Ukraine - Truskavetska - became operational, and within three years, 134 turbines were operating in Ukraine.

The majority of wind power plants in Ukraine are located on the coasts of the Black and Azov seas, on the territory of the Crimean and Carpathian mountains, in Odesa, Kherson and Mykolaiv regions. According to the Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, these regions are the most suitable for the use of wind energy.

At the end of 2012, the capacity of wind power plants in Ukraine amounted to almost 263 MW, and seven years later, Ukraine entered the "Gigawatt club". It unites countries with an installed wind energy capacity exceeding 1,000 MW.

"Green" electricity in Ukraine is generated by 34 wind power plants (including those located on the territory of ORDLO). The largest of them are Botievska, Primorska, Myrnenska, Orlivska, Overyanivska and Novoazovska WPPs. All wind turbines of the first seven, except for Boyivska and Priazovska, were put into operation in 2019.



Fig. 2. Geographical location of the largest wind power plants in Ukraine

Most of the wind power plants being built in Ukraine are mainly large and provide electricity to entire settlements.

But also near large wind turbines use small wind turbines generation capacity up to 10-20 kW.

Their used to provide electricity of small farms. However, the installation of such mini windy stations are isolated and have not become widespread. The reasons for this several:

- term payback such stations makes up about 10 years. It double longer than sunny ones domestic power plants. Difference is explained higher at the price of the

equipment, after all a wind turbine is more difficult engineering solution than sunny station.

- expediency installation wind turbines (it is better to install them where there are no power lines).

Energetic strategy of Ukraine by 2035, adopted in August 2017, is expected increase energy efficiency and use energy from restorative and alternative sources. Implementation measures from prevention and adaptation to change climate is defined as one of priorities development energy industry.

According to the document, by 2025 the share of RES in the energy sector system of Ukraine should be 12%, and by 2035 - at least 25%.

Evaluation report of NEC "Ukrenergo". conformity (sufficiency) of generators capacities in 2020 takes into account current trends in the field energy saving and predicts further growth particles everyone types of RES in the structure production electricity during 10-11 years. So in 2020, it increased twice as compared to the previous year (from 3.5% in 2019 to 7.39% in 2020). In the next three years (2021-2023), the trend is towards growth has to be preserved, though it is predicted that him pace will be much smaller (decrease pace from 16% in 2022 to 2.4 in 2031).

In the future, RES have part replace electricity from coal -fired thermal power plants, which are expected to decrease by 2031 your volumes production of electricity by almost 12%.

Also Report recommends give state support for renewable energy through conducting auctions for the allocation of support quotas exclusively after solution question withdrawal of RES restrictions to ensure operating room security energy systems. And when setting support quotas to oblige investors to install new renewable energy sources energy storage or others species compensating capacities volume of 20% of installed RES capacity.

UVEA expects that in 7 years in Ukraine may to appear market offshore wind energy (wind power plants marine basing). Offshore there is not only wind energy effective a tool decarbonization and build -up energy independence, but also a productive resource for the production of "green" hydrogen and the increase international cooperation. UVEA believes that the first is offshore wind energy project in Ukraine with a capacity of 100 MW is possible to expect already in 2028.

УДК 694 + 624.07

## STRENGTH CALCULATION OF A GLUED LAMINATED TIMBER BEAM

O. A. FESENKO, PhD, Tech.;

D. V. BOHAC, student

*National University of life and environmental sciences of Ukraine*

*Email: fesenko.o.a@nubip.edu.ua*

Glued laminated timber is widely used in construction. It has excellent operational properties, which became possible thanks to a qualitatively new approach to manufacturing technology.

Glued laminated timber beams are able to perceive an order of magnitude greater force loads than similar beams made of solid timber, which do not undergo shrinkage, are much more resistant to biological organisms and fire.

Therefore, this paper is a worked example how to select the cross-section of the beam and check the bending and shear strength.

Input data for calculation:

Length – 4.8m

Cross-section type – rectangular

Distance between floor beams – 1.8m

Strength class – GL24

Design bending strength was calculated as:

$$f_{myd} = k_{mod} \frac{f_{myk}}{\gamma_M} = 0.6 \frac{24}{1.25} = 11.52 \text{ MPa}, \quad (1)$$

where:

$f_{myk} = 24 \text{ MPa}$  characteristic bending strength;

$k_{mod} = 0.6$  modification factor for duration of load and moisture content;

$\gamma_M = 1.25$  partial factor for material properties.

Design shear strength was calculated as:

$$f_{v,d} = k_{mod} \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0.6 \frac{2.7}{1.25} = 1.296 \text{ MPa}, \quad (2)$$

where:

$f_{v,g,k} = 2.7$  characteristic value of shear strength.

The internal forces of the simply supported floor beam are determined with formula:

$$M_{y,d} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{16.6 \cdot 4.8^2}{8} = 47.8 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (3)$$

$$q_b = q_{floor} \cdot a = 9.219 \cdot 1.8 = 16.6 \text{ kN/m} \quad (4)$$

$$V_d = \frac{q_b \cdot l}{2} = \frac{16.6 \cdot 4.8}{2} = 39.84 \text{ kN} \quad (5)$$

$$W_{y,d} = \frac{M_{y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{47.8 \cdot 10^6}{11.52} = 4,15 \cdot 10^6 \text{ mm}^2 \quad (6)$$

The following expression shall be satisfied:

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,y,d}, \quad (7)$$

where:

$\sigma_{m,y,d}$  is the design bending stress about the axe  $y$ ,

$f_{m,y,d}$  is the design bending strength.

The elastic section modulus had been taken as:

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{b \cdot (3b)^2}{6} = 1,5b^3 \quad (8)$$

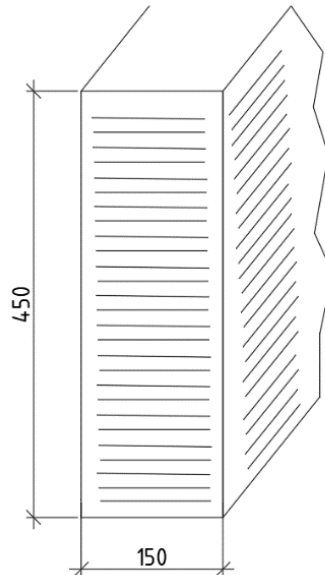
The beam width had been calculated from:

$$b = \sqrt[3]{\frac{M_d (\text{кН} \cdot \text{м})}{1,5 \cdot f_{m,y,d} (\text{МПа})}} = \sqrt[3]{\frac{47,8 \cdot 10^6 (\text{кН} \cdot \text{м})}{1,5 \cdot 11,52 (\text{МПа})}} = 140,4 \text{ mm} \cong 150 \text{ mm} \quad (9)$$

Accepted height of the beam cross-section is equal to:

$$h = 3 \cdot b = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm}.$$

Fig. 1 shows the glued laminated timber beam cross-section.



**Fig. 1.** The beam cross-section scheme

Geometrical characteristics of the beam cross-section are respectively given by:

- elastic section modulus

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{150 \cdot 450^2}{6} = 5,06 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \quad (10)$$

- the second area moment

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{150 \cdot 450^3}{12} = 11,39 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \quad (11)$$

- the first moment of area

$$S_y = \frac{A}{2} \cdot \frac{h}{4} = \frac{150 \cdot 450 \cdot 450}{8} = 3,8 \cdot 10^6 \text{ mm}^3. \quad (12)$$

The internal forces are determined taking into account the beam self-weight:



$$M_{y,d,1} = \frac{q_b \cdot l^2}{8} = \frac{(0.25+16.6) \cdot 4.8^2}{8} = 48.53 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (13)$$

$$V_{d,1} = \frac{q_b \cdot l}{2} = \frac{(0.25+16.6) \cdot 4.8}{2} = 40.44 \text{ m}, \quad (14)$$

where the beam self-weight is given by:

$$q_{sw} = b \cdot h \cdot \rho_{g,k} = 0,15 \cdot 0,45 \cdot 0,38 \cdot 9,81 = 0,25 \text{ kg/m}^3 \quad (15)$$

The following expressions shall be satisfied:

$$\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{M_{y,d,1}}{W_y \cdot f_{m,y,d}} = \frac{48.53 \cdot 10^6}{5.06 \cdot 10^6 \cdot 11.52} = 0.83 \leq 1 \quad (16)$$

$$\frac{T_d}{f_{v,d}} = \frac{V_1 \cdot S_y}{I_y \cdot b \cdot f_{v,d}} = \frac{40.44 \cdot 3.8 \cdot 10^6 \cdot 10^3}{11.39 \cdot 10^8 \cdot 150 \cdot 1.296} = 0.69 \leq 1 \quad (17)$$

As the result of calculation of the simply supported glued timber beam, the cross-section was selected and bending and shear strength was checked.

## УДК 691

### КЛАСИФІКАЦІЯ І ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОКРІВЕЛЬНИХ ТА ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

**О. А. ФЕСЕНКО**, к.т.н., ст. викладач;

**Д. В. МАНУІЛОВ**, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Email: fesenko.o.a@nubip.edu.ua*

Покрівельні і гідроізоляційні матеріали призначені для забезпечення повної ізоляції будівельних конструкцій будинків і споруд від впливу агресивного зовнішнього середовища, особливо вологи, атмосферних впливів.

Покрівельні і гідроізоляційні матеріали класифікують за такими ознаками:

- місце розташування (підземна, підводна, атмосферна гідроізоляція);
- призначення (герметизуючі, пароізоляційні, антикорозійні, антифільтраційні);
- спосіб виконання робіт (забарвлювальні, оклеювальні, просочувальні);
- вид вихідної сировини (бітумні, асфальтові, дьогтьові, бітумо- і дьогтьополімерні, гумобітумні, полімерні);
- призначення основи (основні, безосновні);
- вид захисного покриття (із посипкою і без посипки, із захисними прошарками фольги, луго-, кислото- і зносостійкими покриттями);
- форма і зовнішній вигляд (штучні, листові, рулонні, мастичні);
- напрям використання (для основного і допоміжного покриття) і т.д.

Далі детальніше розглянемо бітумні та дьогтьові покрівельні матеріали.

Бітумінозні покрівельні матеріали виготовляють, просочуючи якусь основу (азбестовий папір, картон тощо), нафтовими бітумами або дьогтьовими сумішами і потім покриваючи більш тугоплавкою речовиною. Кріплять ці матеріали на мастиках. Бітумні матеріали мають вищу довговічність за дьогтьові.

Покрівельні бітумінозні матеріали мають такі переваги: легкість, з них можна виготовляти покрівлю з малим нахилом, що зменшує її площу; стійкість до хімічних впливів тощо. Недоліками таких покрівель є недовговічність, займистість, необхідність облаштування суцільної опалубки.

Найбільш уживаними бітумними покрівельними матеріалами є руберойд і пергамін, а дьогтьовим – толь.

Руберойд – рулонний матеріал, виготовлений з картону, просоченого м'якими нафтовими бітумами. Його поверхня вкрита з обох боків тугоплавкими нафтовими бітумами і тонким шаром дрібного тальку або іншої мінеральної речовини.

Пергамін на відміну від руберойду не має покривного шару бітуму та посипки. Його використовують як підкладку під руберойд, що кріпиться на гарячих мастиках, а також під інші покрівельні матеріали (черепицю, азбестоцементні плити тощо).

Толь – рулонний матеріал, який виготовляють із просоченого дьогтьовою сумішшю картону із посипкою піском або без неї.

Згідно з вимогами ДБН В.2.6-220:2017 «Покриття будівель і споруд» проектування рулонного або мастикового покрівельного килима слід здійснювати з урахуванням щодо фізико-хімічної сумісності усіх шарів, однакових строків їх їх експлуатації. З урахуванням цих вимог конструкцію покрівлі даху залежно від ухилу покриття і прийнятих до застосування матеріалів призначають згідно з таблицями 1-3.

Таблиця 1

Кількість шарів рулонного покрівельного килима залежно від ухилу покрівлі

| Тип рулонного матеріалу         | Товщина матеріалу, мм | Кількість шарів при ухилах покрівлі, % |                       |                        |                 |
|---------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|
|                                 |                       | менше 2,5                              | від 2,5 до 10 включно | понад 10 до 25 включно | більше 25       |
| 1. Бітумно-полімерні армовані   | 4-5                   | 2                                      | 2                     | 1                      | 1               |
| 2. Бітумно-полімерні неармовані | 2,5-3,5               | 3                                      | 2                     | 2                      | 2               |
| 3. Бітумні армовані             | 2-3                   | 4                                      | 3                     | 3                      | Не допускається |

Таблиця 2

Кількість шарів мастикового покрівельного килима залежно від ухилу покрівлі

| Тип армуючого матеріалу                                      | Мінімальна товщина шару, мм | Кількість шарів при ухилах покрівлі, % |                       |                        |                 |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|
|                                                              |                             | менше 2,5                              | від 2,5 до 10 включно | понад 10 до 25 включно | більше 25       |
| 1.Мастиковий шар з армуванням полотном з синтетичних волокон | 3                           | 3                                      | 2                     | 2                      | 2               |
| 2.Мастиковий шар з армуванням склосіткою, склополотном       | 4                           | 4                                      | 3                     | 2                      | Не допускається |

Таблиця 3

Залежність теплостійкості від ухилів покрівлі

| Тип мастики                    | Теплостійкість, °С   |                       |                        |           |                     |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------|---------------------|
|                                | Покрівля з ухилом, % |                       |                        |           | Для місць примикань |
|                                | менше 2,5            | від 2,5 до 10 включно | понад 10 до 25 включно | більше 25 |                     |
| 1.Гаряча бітумно-полімерна     | 75                   | 85                    | 90                     | 90        | 90                  |
| 2.Бітумно-полімерні неармовані | 70                   | 80                    | 90                     | 90        | 90                  |
| 3.Бітумні армовані             | 60                   | 80                    | 90                     | 90        | 90                  |

Покрівельні та гідроізоляційні матеріали слід застосовувати відповідно до вимог чинних нормативних документів та за технологічними картами виробника.

УДК 624.042.7: 699.841

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ, РОЗТАШОВАНОЇ БІЛЯ ЗАЛІЗНИЦІ

М. Г. МАР'ЄНКОВ, д.т.н., професор;

В. В. ЧОРНИЙ, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: maryenkov2019@gmail.com*

З метою визначення динамічних навантажень на конструкції три поверхової будівлі по вул. Залізничне шосе у м. Києві проведено натурні вібродинамічні дослідження. Відстань від бокового фасаду по ряду А будівлі (рис. 1) до залізничної колії дорівнює 30 м.

Перед виконанням динамічних обстежень будівлі при русі залізничних потягів проведено візуальне вивчення інтенсивності їх руху. Встановлено, що рух пасажирських поїздів та електропоїздів на протязі дня по інтенсивності можна визначити як рівномірний. Вантажні поїзди збільшують інтенсивність руху (в кількісному плані та швидкість) в вечірній та нічний час.

Метою віброметричних обстежень є визначення фактичних рівнів вібрації:

- конструкцій будівлі (максимальних значень вертикальних віброприскорень перекриття);
- вертикальних та горизонтальних віброприскорень ґрунту біля будівлі.

Методика віброметричних (інструментальних) обстежень передбачає вимірювання віброприскорень на перекриттях будівлі в вертикальному Z напрямку відповідно до ДСТУ 12.1.012 «Вібраційна безпека» та ДБН 360-92\*\* «Містобудування. Планування та забудова міських та сільських поселень».

При динамічному обстеженні будівлі були використані прилади для вимірювання вібрації ВШВ-003-М2 з однокомпонентними датчиками ДН-3-М1. Чутливість датчиків ДН-3-М1 за характеристикою визначена в діапазоні 2 – 1000 Гц. Рух залізничного транспорту спричинює коливання в діапазоні частот 5 – 90 Гц. Отже вибрана модель приладу для вимірювання віброприскорень підходить для виконання поставлених задач. Місця встановлення датчиків ДН-3-М1 на перекритті будівлі наведено на рис. 1.

На основі аналізу графіків сигналів віброприскорень перекриття при впливах вантажних потягів (рис. 2) встановлено, що для різних схем розташування вібродатчиків (на перекриттях 1, 2 та 3 поверхів будівлі) найбільші віброприскорення мають місце на перекриттях будівлі в осях 2-3/А-В (рис. 1).

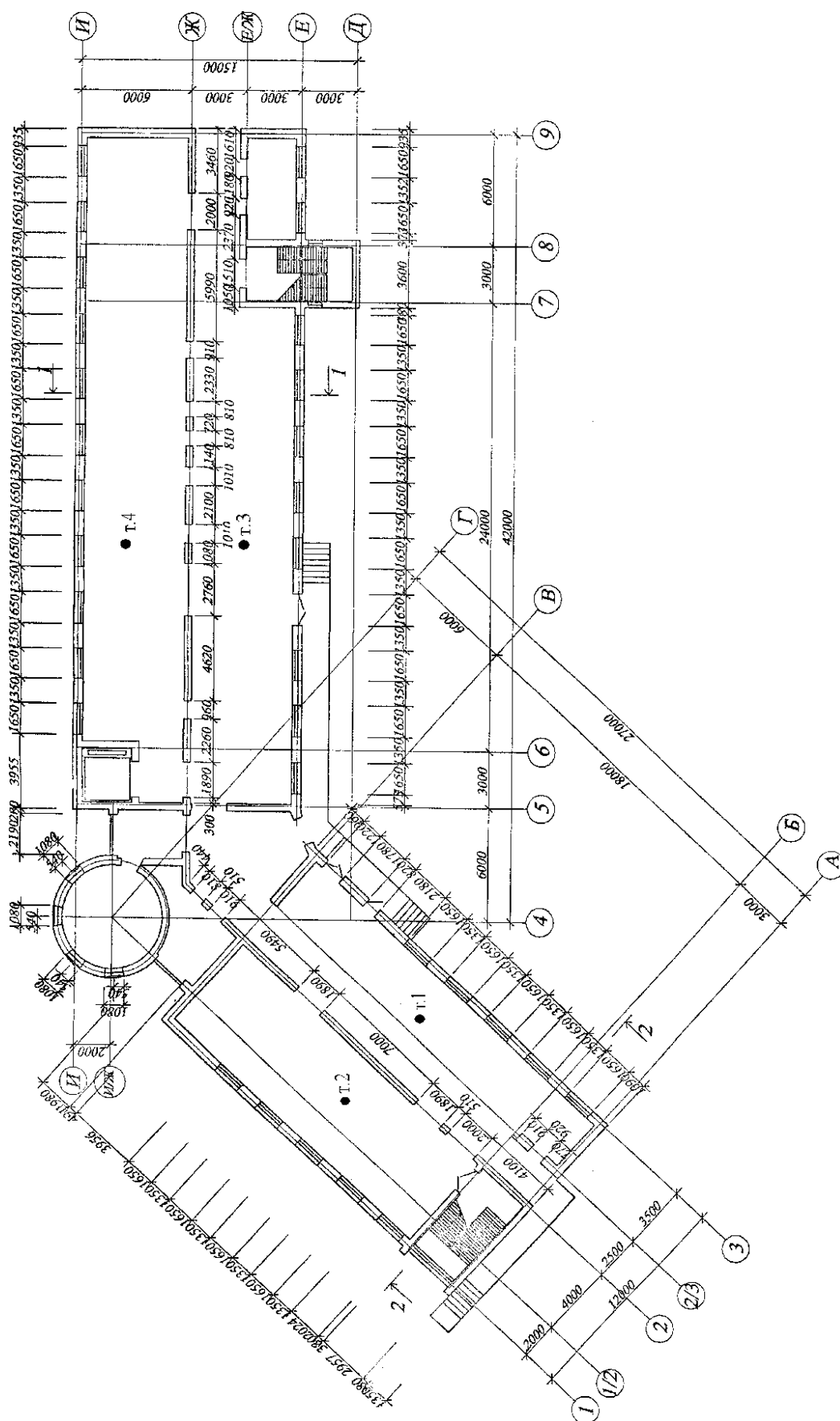


Рис.1. Місця розташування датчиків прискорення ДН-3 (т. 1 – т.4) на залізобетонному перекритті I – го поверху будівлі при вібродинамічних дослідженнях



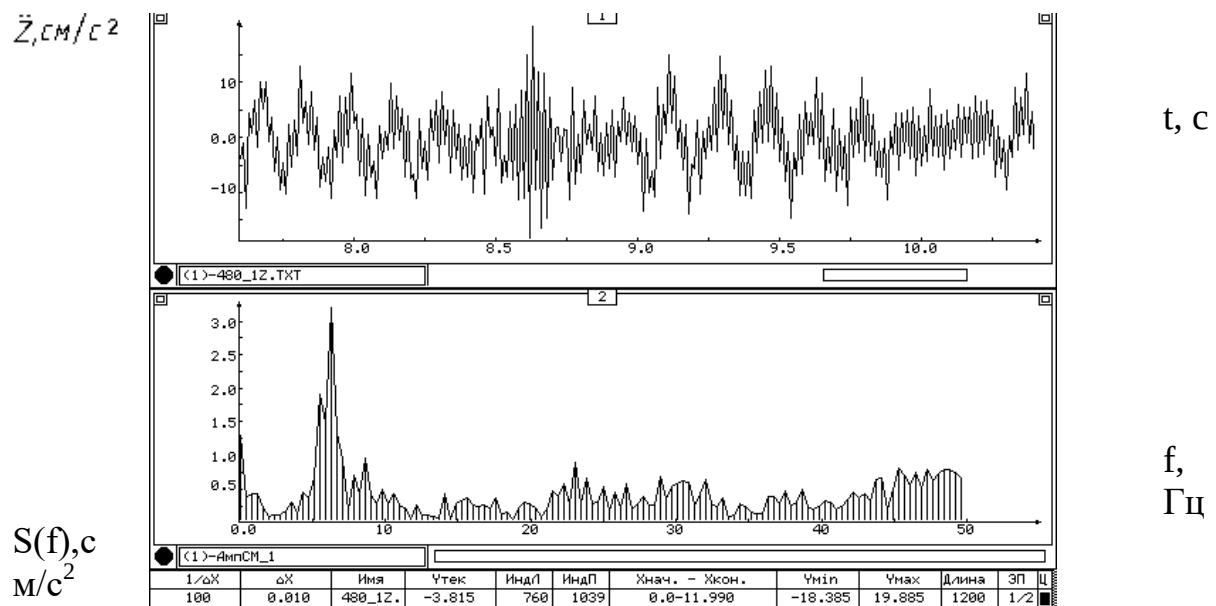


Рис. 2. Часовий сигнал та спектр вертикального віброприскорення залізобетонного перекриття першого поверху будинку в точці № 1 (рис. 1) при русі вантажного потягу

Результати вимірювання середньоквадратичних величин віброприскорення перекриттів будівлі при проходженні різних видів потягів представлені в табл. 1.

Таблица 1

Максимальні значення середньоквадратичних віброприскорень

| Джерело вібрації         | Величини найбільших середньоквадратичних віброприскорень перекриттів, $\text{cm/s}^2$ |                  | Максимальне значення середньоквадратичного віброприскорення перекриттів, $\text{cm/s}^2$ |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | першого поверху                                                                       | третього поверху |                                                                                          |
| Мікросейсмічний вплив    | 7,7                                                                                   | 8,2              | 22,2                                                                                     |
| Рух електропоїзда        | 18,3                                                                                  | 19,3             |                                                                                          |
| Рух пасажирського потягу | 17,6                                                                                  | 19,2             |                                                                                          |
| Рух вантажного потягу    | 19,6                                                                                  | 22,2             |                                                                                          |

Найбільші віброприскорення перекриттів будівлі були відмічені для перекриття III-го поверху будівлі при проходженні вантажного залізничного потягу. Середньоквадратичні віброприскорення для несучих конструкцій будівлі не перевищують  $a=22,2 \text{ cm/s}^2$  при проходженні вантажного залізничного потягу. Максимальні можливі віброприскорення можуть набувати значень 31-

40 см/с<sup>2</sup>. Динамічні навантаження на конструкції будівлі досягають 3-4% власної ваги.

УДК 69.007 + 624.05

## КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ МОДУЛЬНИХ БУДИНКІВ ДЛЯ ВНУТРІШНЬО ПЕРЕМІЩЕНИХ ОСІБ

**О. А. ФЕСЕНКО**, к.т.н., ст. викладач;

**М. А. АНДРІЄВСЬКА**, студентка

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: fesenko.o.a@nubip.edu.ua*

Повномасштабна військова агресія Росії позбавила багатьох людей в Україні житла і змусила покинути рідні міста. Значне внутрішнє переміщення людей із тимчасово окупованих територій до західних областей України загострило проблему доступності до найпростіших побутових умов життя.

Одним із рішень для забезпечення тимчасовим місцем проживання внутрішньо переміщених осіб може стати швидке зведення модульних будинків.

Найголовніша відмінність будинків, створених за модульною технологією, це спосіб їх складання з готових конструктивних елементів – модулів.

Конструктивні системи модульних будинків можуть бути такими:

- дерев'яний каркас (рис. 1);
- металевий каркас, у тому числі із легких сталевих конструкцій (ЛСТК);
- з інших будівельних матеріалів (бетон, залізобетон, полімери тощо).

За принципом монтажу модульні будинки поділяють на два типи:

- із високим ступенем індустріалізації, які збирають на виробництві і транспортують на ділянку в готовому до нормальної експлуатації стані;
- із низьким ступенем індустріалізації, які збирають на будівельному майданчику.

- До основних переваг модульних будівель можна віднести такі:
  - висока енергоефективність завдяки застосуванню ефективних теплоізоляційних матеріалів у поєднанні з енергозберігаючими інженерними системами опалення/охолодження;
  - нижча вартість будівництва порівняно із вартістю зведення будинків за традиційною технологією;
  - короткі строки введення в експлуатацію, що дає змогу в'їхати в будинок одразу після завершення монтажних робіт;
  - швидкість виробництва, готовність до заселення мешканців за 1,5-2,0 місяці.

- - транспортабельність;
- - наявність готового ремонту у приміщеннях будинку.



Рис. 1. Дерев'яний каркас модульного будинку

<https://dewpoint.com.ua/wp-content/uploads/2023/01/unnamed-5-1024x637.png>

Однак, будинки, що зведені за модульною технологією мають і недоліки, які слід враховувати при їх широкому впровадженні, а саме:

- необхідність під'їзду габаритної техніки для транспортування;
- обмеженість розмірів модулів будинку у зв'язку із розмірами транспорту, що їх перевозить;
- необхідність встановлення систем вентиляції, якщо це не передбачено базовою комплектацією модуля;
- вартість доставки, якщо виробник модулів знаходиться закордоном або на значній відстані від майданчика будівництва;
- необхідність підведення мереж електро-, водо-, газопостачання тощо, якщо модульне містечко розташоване за межами населеного пункту;
- необхідність улаштування підземного укриття;
- опір теплопередачі елементів теплоізоляційної оболонки модуля (стіни, вікна, двері тощо) може не відповідати кліматичним умовам майданчика будівництва, якщо будинок виготовлено за типовим проєктом.

Окремо слід звернути увагу на конструктивні рішення каркасних модульних будинків. Зокрема, в умовах підвищення вартості металевих конструкцій, суттєву перевагу мають дерев'яні конструкції. Деревина може бути місцевим будівельним матеріалом, має низьку масу, високу енергоефективність, є екологічною. З точки зору гарантування пожежної безпеки, і металеві, і дерев'яні конструкції потребують улаштування заходів з вогнезахисту.

Наразі зведення будинків за модульною технологією є одним із швидких і ефективних тимчасових рішень проблеми відсутності житла для внутрішньо переміщених осіб.

**УДК 624.07+656.085.6**

## **ПРОГРЕСУЮЧЕ ОБВАЛЕННЯ БАГАТОПОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ ВНАСЛІДОК ВИБУХОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

**О. А. ФЕСЕНКО**, к.т.н., ст. викладач;

**А. О. ШЕВЧУК**, студентка

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Email: fesenko.o.a@nubip.edu.ua*

Згідно з проектом ДСТУ XXXX:202X «Розрахунок будівель на стійкість до прогресуючого (непропорційного) обвалення» термін «прогресуюче обвалення» визначається як послідовне (ланцюгове) руйнування несучих будівельних конструкцій, що приводить до обвалення всієї споруди або його частини внаслідок локального руйнування/пошкодження.

Залежно від класу відповідальності (наслідків) за ДБН В.1.2-14:2018 будівлі мають бути стійкими до прогресуючого обвалення при локальному руйнуванні відповідальних елементів конструкцій внаслідок аварійних впливів, що не передбачені умовами нормальної експлуатації будівель (вибухи, пожежі, ударні впливи транспортних засобів тощо).

Ця вимога означає, що в разі аварійних впливів допускаються місцеві руйнування несучих конструкцій, але ці первинні руйнування не повинні призводити до прогресуючого обвалення будівлі або до руйнування конструкцій, на які передається навантаження, що сприймалося елементами, пошкодженими внаслідок аварійного впливу.

У разі виникнення аварійної ситуації конструктивна система має забезпечувати несучу здатність, стійкість і геометричну незмінюваність будівлі щонайменше на час, необхідний для вжиття термінових заходів (зокрема для евакуації людей).

Від початку масштабного вторгнення Російської федерації до України 24 лютого 2022 р. станом на 31.12.2022 р., за даними Київської школи економіки, внаслідок бойових дій було пошкоджено або зруйновано 149,3 тис житлових будинків, серед яких 131,4 тис. приватних будинків, 17,5 тис. багатоквартирних та 280 гуртожитків [1]. Руйнування певної частини будівель і споруд мають ознаки прогресуючого обвалення. Наразі неможливо провести повний і ґрунтовний аналіз характеру і наслідків руйнування будівель і споруд. Однак, можна вказати кілька факторів, які є характерними для цих руйнувань.

Масштаби руйнування багатоповерхових будівель внаслідок влучання артилерійських снарядів, авіаційних бомб або ракет можуть суттєво різнитися залежно від конструктивної системи будівлі та інтенсивності вибухового навантаження.

Якщо аналізувати обсяги обвалення багатоповерхових будівель із різними конструктивними системами, то монолітні каркасні будинки з ядрами жорсткості є найменш уразливими до вибухів.

Стійкість монолітних каркасних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок вибухових навантажень може бути забезпечена комплексом чинників, таких як:

- нерозрізність конструктивної системи (конструкції ніби «пронизані та пов'язані» арматурою у різних напрямках;

- наявність ядра жорсткості – несучих стін сходово-ліфтового блоку.

Часткове руйнування конструкцій багатоповерхового житлового будинку на проспекті Лобановського, 6-А, у м. Києві відбулося внаслідок вибуху від влучання ракети наприкінці лютого 2022 року. Обстеження та оцінка технічного стану цього житлового будинку було виконано фахівцями Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій». Результати обстеження були детально описані у статті [2].

Конструктивна система будинку на проспекті Лобановського, 6-А – монолітний залізобетонний каркас. Внаслідок вибуху відбулося часткове руйнування двох пілонів та кутових ділянок чотирьох плит перекриття 18-21 поверхів із консольним зависанням конструкцій 22-27 поверхів площею близько 110 м<sup>2</sup> [2]. Часткове руйнування несучих конструкцій не призвело до непропорційного або повного обвалення будинку.

Найбільш уразливими до вибухових навантажень внаслідок влучання артилерійських снарядів, авіаційних бомб або ракет є будинки зі стіновою конструктивною системою, зокрема так звані великопанельні будинки, які зведені за проектами типових серій, що не були запроєктовані з урахуванням стійкості до лавиноподібного (прогресуючого) обвалення. Жахливі руйнування багатоповерхових великопанельних житлових будинків внаслідок влучання артилерійських снарядів, авіаційних бомб або ракет відбулися у містах Бородянка, Маріуполь і Дніпро.

Окремо слід зауважити, що влучання артилерійських снарядів, авіаційних бомб або ракет спричиняють виникнення пожеж у будинках. Якщо будівля встояла після вибухового навантаження, то вогневий вплив пожежі здатний завдати значно більших пошкоджень і руйнувань, ніж вибух. Особливо у випадках, коли рятувальники не можуть вчасно відреагувати на виникнення пожежі.

ДБН В.1.1.7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» встановлює вимогу до будівель класу наслідків (відповідальності) СС3 відповідно до щодо розрахунку на стійкість до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі. Стійкість багатоповерхових будівель до прогресуючого



обвалення внаслідок пожежі перевіряють шляхом розрахунку на вогнестійкість конструктивної системи будівлі в цілому та розрахунку окремих будівельних конструкцій на вогнестійкість за стандартами що, гармонізовані з Єврокодом [3, 4].

Ще однією особливістю ураження багатоповерхових будівель внаслідок прямого влучання артилерійських снарядів, авіаційних бомб або ракет є пошкодження та руйнування верхніх поверхів. У випадку влучання поряд з будинком, внаслідок вибухової хвилі більших уражень зазнають конструкції нижніх поверхів [5]. Розглянуті сценарії уражень можливо використати для розрахунку багатоповерхових житлових будинків на стійкість до прогресуючого обвалення внаслідок вибухових навантажень.

Вимогами чинних в Україні будівельних норм не передбачено проєктування багатоповерхових житлових будинків стійкими до вибухових навантажень, що спричинені прямим влучанням або вибуховою хвилею артилерійських снарядів, авіаційних бомб або ракет. Водночас проєктування багатоповерхових будівель з дотриманням чинних вимог сейсмостійкості, вогнестійкості і стійкості до прогресуючого обвалення підвищує їх стійкість до руйнування внаслідок вибухових навантажень.

#### Список використаних джерел

1. Оцінка збитків : веб-сайт. URL: [http:// https://damaged.in.ua/damage-assessment](http://https://damaged.in.ua/damage-assessment) (дата звернення: 10.02.2023).
2. Лісеній, О., Глуховський, В., Мар'єнков, М., Дубовик, С., Любченко, І., & Яковенко, М. (2023). Обстеження, оцінка технічного стану та умови відновлення житлового будинку на проспекті в. Лобановського, 6-а в м. Києві, пошкодженого внаслідок воєнних дій. *Наука та будівництво*, 33(3-4). – С. 55–68.
3. Немчинов Ю.І., Поклонський В.Г., Коник Х.З., Расюк Р.В., Фесенко О.А. Дослідження вогнестійкості будівельних конструкцій. *Наука та будівництво*. К., ДП НДІБК. 2014. №2. С.11 – 16
4. Поклонський В.Г., Фесенко О.А., Байтала Х.З., Круковський П.В., Новак С.В. Розрахункові методи оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій за Єврокодами. *Будівельні конструкції*. К., ДП НДІБК. 2016. Вип. 83 (2). - С. 380-389
5. Фаренюк, Г., Белоконь, О., Немчинов, Ю., Мар'єнков, М., Богдан, Д., Бабік, К., & Байтала, Х. (2022). Оцінка стану будівель і споруд вібродинамічним методом після військових пошкоджень. *Наука та будівництво*, 32(2). – С. 3-18.

УДК 515.2

## ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПРОПОРЦІЙ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

В. Л. МАРТИНОВ, д.т.н., професор;

А. В. ЮРЧИК, студентка

*Київський національний університет будівництва та архітектури**E-mail: arx.martynov@ukr.net*

В Україні у наш час є актуальним питання проектування енергоефективних будівель з низьким рівнем споживання енергетичних ресурсів для опалення та енергозабезпечення вцілому. Перед проектувальником стає проблема підвищення енергоефективності будівель, без витрачання додаткових коштів при будівництві. Використання оптимальних пропорцій будинків дасть змогу підвищити енергоефективність будівель не витрачаючи додаткові кошти.

**Мета.** Потрібно визначити аналітичні залежності оптимальних пропорцій будинку зі зрізаними стінами з точки зору мінімальних трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції будинку.

**Основна частина.** Для багатоповерхових житлових будівель характерною є геометрична форма – прямокутний паралелепіпед з формою плану у вигляді прямокутника, де одна сторона дорівнює  $a$ , а друга  $a \cdot m$ . Причому форма плану може мати значну зрізаність стін (рис. 1).

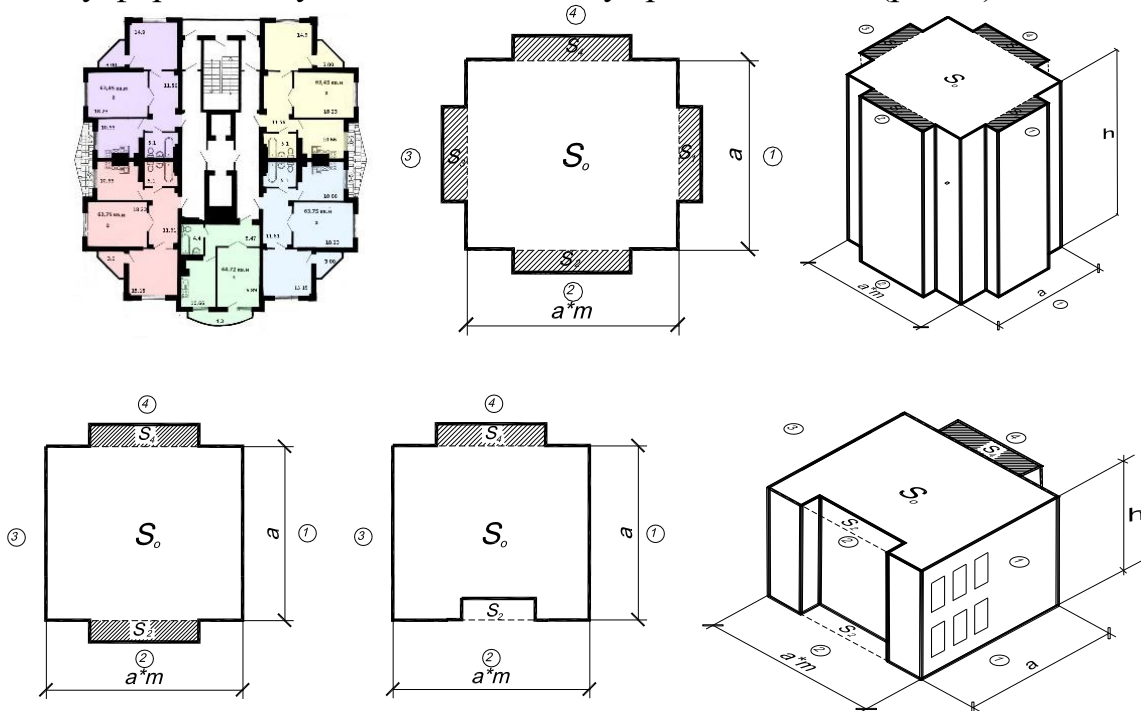


Рис. 1. Багатоповерхова будівля з прямокутною формою плану зі зрізаними стінами

Натомість розрахована формула визначення оптимальних пропорцій має вигляд:

$$a = \sqrt[3]{\frac{V \left( \frac{(K_1 + K_3)}{R_{ст1,3сер}} + \frac{m \cdot (K_2 + K_4)}{R_{ст2,4сер}} \right)}{2 \cdot m^2 [K_{013} \cdot K_{024}]^2 \cdot D_1}}. \quad (1)$$

$$D_1 = \left[ \frac{N_{пов} \cdot F \cdot P}{R_{в1,3сер}} - \frac{N_{пов} \cdot F \cdot P}{R_{ст1,3сер}} + \frac{N_{пов} \cdot F \cdot (1-P)}{R_{в2,4сер}} - \frac{N_{пов} \cdot F \cdot (1-P)}{R_{ст2,4сер}} + \frac{1}{R_{дах} \cos \alpha} + \frac{1}{R_{п}} \right]. \quad (2)$$

Висота будівлі  $h$  дорівнює:

$$h = \frac{V}{a^2 \cdot m \cdot K_{013} \cdot K_{024}}. \quad (3)$$

Коефіцієнт зрізаності стін  $K_i$  визначається:

$$K_i = \frac{\sum l_{іріз}}{l_{істор}}. \quad (4)$$

Коефіцієнт збільшення об'єму будівлі  $K_{оіі}$  розраховується:

$$K_{оіі} = \frac{S_i \dots S_n}{S_0} + 1. \quad (5)$$

Коефіцієнт визначеного середнього опору теплопередачі  $R_{ісер}$  знаходять за формулою з урахуванням опору теплопередачі  $R_i$  кожної ділянки  $l_i$  стіни:

$$R_{ісер} = \frac{R_i \cdot l_i + \dots + R_n \cdot l_n}{\sum l_i \dots l_n}. \quad (6)$$

**Висновок.** Виведено формули визначення оптимальних пропорцій багатоповерхових секційних зі зрізаними стінами. Аналітичні залежності можуть бути використані проектувальниками для визначення оптимальних пропорцій гранних будівель з метою підвищення їх енергоефективності.

УДК 69.03

## ВПЛИВ ВОЕННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ НА ЦІНОУТВОРЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ

**В. М. БАКУЛІНА**, ст. викладач;

**М. С. БОЧКОВ**, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: bakulina88@ukr.net*

У рамках реформування будівельної галузі Мінрегіоном затверджено та опубліковано Кошторисні норми України. Документ покликаний знизити витрати на підготовку необхідної для будівництва документації та виключити корупційні ризики на етапі укладання договорів.

Будівельна галузь в Україні багато років працювала за правилами, які ускладнюють елементарні процеси. Наразі триває оновлення відповідних процесів, аби зробити їх зручними та прозорими. Затверджені Кошторисні норми мають забезпечити підвищення здорової конкуренції на будівельному ринку через залучення нових виконавців. Також це створить поштовх для впровадження інновацій в будівництві.

З 1 січня 2023 року введено в дію Зміну 2 до Настанови з визначення вартості будівництва, затверджену наказом Мінрегіону від 01.12.2022 № 244.

Міністерство розвитку громад та територій України поінформувало центральні та місцеві органи виконавчої влади про введення в дію означених змін до кошторисних норм.

Наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 01.12.2022 № 244 затверджено Зміну 2 до Настанови з визначення вартості будівництва, яка набирає чинності з 1 січня 2023 року.

Основні новації в частині інженерно-консультаційних послуг такі:

- чітко зафіксовано у відсотках від відповідних глав зведеного кошторисного розрахунку розмір коштів на утримання служби замовника, здійснення технічного нагляду та надання послуг інженера-консультанта;

- установлено, що розмір коштів на здійснення технічного нагляду та надання послуг інженера-консультанта визначається без урахування вартості технологічного обладнання, у тому числі медичного, а також меблів та інвентаря;

- розмір коштів на надання послуг інженера-консультанта, обумовлених договором про надання інженерно-консультаційних послуг, визначаються залежно від етапу, на якому він залучений;

- Настанову з визначення вартості будівництва доповнено додатком 42, де установлено показники для визначення вартості послуг інженера-консультанта на різних етапах реалізації проекту та деталізовано його функції на кожному етапі;

- установлено, що після визначення вартісних показників пропозиції учасника процедури закупівлі (договірної ціни) коригування відсоткових показників вартості послуг та витрат, передбачених на утримання служби замовника, здійснення технічного нагляду та надання послуг інженера-консультанта, по відношенню до вартості будівельних робіт, обумовленої у договорі, не здійснюється;

- визначено форми актів приймання наданих інженерно-консультаційних послуг та послуг зі здійснення технічного нагляду (додатки 43, 44, 45 до Настанови).

УДК 624.042.7: 699.841

## ПРОЕКТУВАННЯ 25 ПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ З СИСТЕМОЮ СЕЙСМІЧНОГО ЗАХИСТУ У М. ОДЕСА

**М. Г. МАР'ЄНКОВ**, д.т.н., професор;

**А. В. ВИТВИТЦЬКИЙ**, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: maryenkov2019@gmail.com*

Запроектований житловий 25 поверховий будинок розташований у сейсмічно небезпечній зоні (розрахункова сейсмічність 7 балів [1]) в м. Одеса. Габаритні розміри в осях будинку складають 37,9х34,35 м. Висота складає 94,5 м (з 2 підземними поверхами).

В плані будинок має Г-подібну форму (рис. 1), що не відповідає вимогам державних норм України [1], які рекомендують приймати симетричну форму будівлі у плані. Тому для забезпечення сейсмостійкості конструкцій використана сейсмоізоляція у рівні пальового ростверку, що дає можливість зменшити сейсмічні навантаження при землетрусах до 2 разів (з 7 балів до 6 балів за шкалою сейсмічної інтенсивності [2]).

Конструктивна схема будівлі - монолітний залізобетонний безригельний каркас із залізобетонними ядрами жорсткості. Несучими вертикальними елементами каркаса є монолітні залізобетонні колони, пілони і ядра жорсткості, несучими горизонтальними елементами - монолітні залізобетонні безригельні перекриття. Просторова жорсткість будівлі забезпечується спільною роботою вертикальних і горизонтальних елементів будівлі.

Фундамент будівлі запроектований з окремих груп паль, що об'єднані монолітною залізобетонною плитою ростверку, товщиною 1700 мм, з бетону класу за міцністю С25/30, на залізобетонних палях Ø620 мм, довжиною 14,9 м.

При проектуванні будівель з системою сейсмічного захисту діючі норми ДБН В.1.1-12 [1] рекомендують виконувати розрахунки як за спектральним методом, так і на вплив акселерограм, зареєстрованих при потужних землетрусах, або на синтезовані, які рекомендують норми. Сейсмічна реакція будівель залежить від переважаючих частот (періодів) коливань ростверку будівлі на пальовій основі, жорсткісних та демпфуючих параметрів ізоляторів.

При значенні середньої швидкості сейсмічних хвиль у верхніх шарах ґрунтової основи 320 м/с (визначено за результатами робіт з сейсмічного мікрорайонування-СМР- будівельного майданчика по вул. Генуезька,1) були отримані значення частот власних горизонтальних коливань ростверку при використанні методик норм України [1] і стандарту США [3] та при розрахунку моделі на основі метода скінченних елементів у ПК ЛІРА САПР [4]. Розроблено розрахункову просторову динамічну модель системи «ґрунт-палі-сейсмоізолятори-фундамент-верхня будова» за допомогою ПК ЛІРА САПР (на рис. 2 приведений фрагмент моделі будівлі).



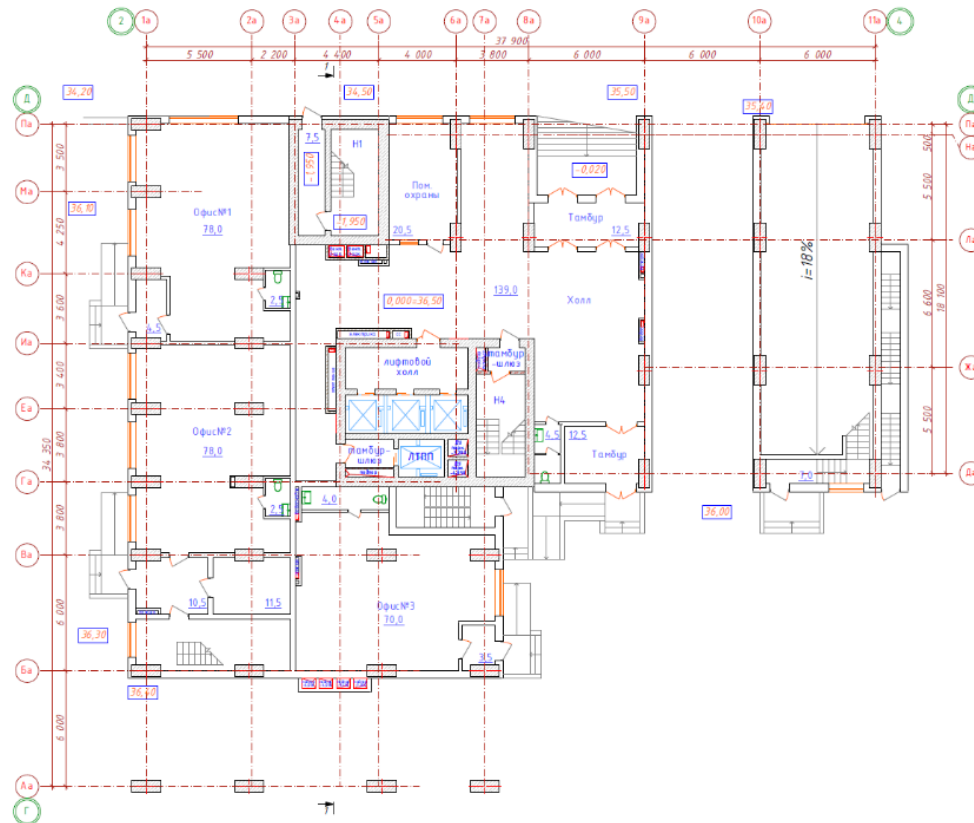


Рисунок 1 - План першого поверху будинку

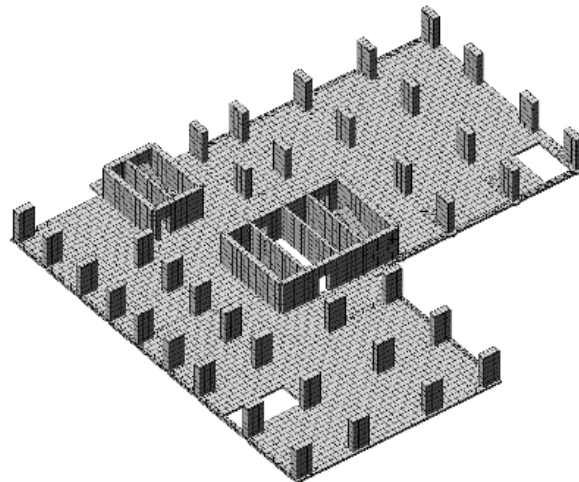


Рисунок 2 - Комп'ютерна модель типового поверху

Розрахунки динамічної моделі будинку із сейсмоізоляцією та при її відсутності на вплив акселерограм виконано у ПК ЛІРА САПР (модуль «Динаміка +») при впливах трьох довгоперіодних та однієї короткоперіодній акселерограм. Були прийняті такі три довгоперіодні акселерограми: синтезована акселерограма  $Vb7r$ , рекомендована ДБН В.1.1-12 [1]; інструментальні записи Бухарестського землетрусу 1977 р. та в Ель-Центро (США, 1940 р.). Короткоперіодна акселерограма D056-r, яка рекомендована ДБН [1], має переважаючі періоди у діапазоні 0,1-0,6 с, що відповідає періодам коливань ґрунту будівельного майданчику по вул. Генуезький,1, які дорівнюють 0,1-0,55 с згідно результатів робіт з СМР.

Значення розрахункових горизонтальних переміщень покриття будинку (відм. +81.10 м), перекриття на відм. +41.10 м та плити ростверку (відм. -7.40 м) при впливах акселерограм приведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Амплітуди (мм) горизонтальних коливань будинку, визначені при відсутності сейсмоізоляції (чисельник) та з врахуванням демпфування у ґрунтовій основі та сейсмоізоляторах (знаменник)

| Найменування акселерограми        | Відмітки рівнів будівлі, м |                         |                                |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
|                                   | +81.100<br>(покриття)      | +41.100<br>(перекриття) | -7.400<br>(плита<br>ростверку) |
| Ель-Центро<br>(США, 1940р.)       | <u>328,0</u><br>117,0      | <u>144,0</u><br>54,0    | <u>4,0</u><br>1,7              |
| Бухарест<br>(Румунія,<br>1977 р.) | <u>350,0</u><br>132,0      | <u>162,0</u><br>67,0    | <u>7,0</u><br>4,0              |

**Висновки.** 1. Найбільші розрахункові значення перекосів поверхів 0,001 будівлі не перевищують допустимих значень, що дорівнюють 0,004.

2. Максимальні коефіцієнти армування несучих залізобетонних конструкцій будівлі при сейсмічних впливах інтенсивністю 7 балів дорівнюють 2,3%, що не перевищує гранично допустиме значення (4,0%) при класі бетону несучих конструкцій С25/30.

3. Сейсмостійкість несучих вертикальних і горизонтальних конструкцій будівлі з використанням системи сейсмоізоляції забезпечена при розрахунковій інтенсивності майданчика будівництва 7 балів.

#### Список використаних джерел

1. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 110 с.
2. ДСТУ Б В.1.1-28:2010 Шкала сейсмічної інтенсивності.
3. Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures and Commentary on Standard for Analysis of Safety-Related Nuclear Structures // ASCE Standard, Sept. 1986.
4. ПК “ЛИРА-САПР” 2017. Руководство пользователя. Обучающие примеры. Под ред. академика АИН Украины А.С. Городецкого. – Электронное издание: 2017 г. – 535 с.

УДК 624.042.7: 699.841

## ДИНАМІЧНА ПАСПОРТИЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ ФАБРИКИ «РОШЕН» У М. КИЇВ ПРИ ВПЛИВАХ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТУ

М. Г. МАР'ЄНКОВ, д.т.н., професор;

М. М. ПИЛИПЕНКО, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: maryenkov2019@gmail.com*

З метою обґрунтування можливості експлуатації прецизійного обладнання в будівлях фабрики Рошен виконані вібродинамічні обстеження ділянок ґрунту та будівель при русі автомобільного та залізничного транспорту (рис. 1).

За результатами виконаних досліджень отримано параметри вимушених коливань при фонових (мікросейсмічних) впливах, при русі автомобільного, залізничного транспорту та роботі обладнання, зокрема:

- ґрунту на відстанях ~70-80 м від залізничних колій та ~10-20 м від автомобільної дороги;
- конструкцій стін та перекриття існуючої адміністративної будівлі в рівні другого поверху.

Отримані параметри вібраційного впливу були враховані при розробленні динамічних паспортів та виборі характеристик прецизійного обладнання, яке має бути встановлено в будівлі, що проектується на майданчику фабрики Рошен.

Для оцінки зовнішніх динамічних впливів на будівлі і споруди та прилеглий ґрунт у вітчизняній і світовій практиці керуються допустимими значеннями віброприскорень або віброшвидкостей для різних частотних діапазонів.

Відповідно до технічної специфікації виробника прецизійного обладнання визначені максимальні віброшвидкості, які можуть допускатися для опорних конструкцій (підлоги), на яких буде розташоване обладнання (таблиця 1).

Вібродинамічні обстеження виконувались у денний та нічний час. Джерелами вібраційного впливу були:

- мікросейсмічні впливи (вітер, віброактивне обладнання, яке використовується у виробничому процесі, будівельне обладнання тощо);
- динамічний вплив від руху автотранспорту по вул. Миколи Грінченка та проспекту Науки;
- динамічний вплив від руху залізничного транспорту, який здійснюється на ділянці залізниці між станціями «Протасів Яр» - «Київ-Деміївський».

Таблиця 1

Допустимі значення віброшвидкостей прецизійного обладнання

| Діапазон частот, Гц | Максимальні віброшвидкості, мкм/с |                            |
|---------------------|-----------------------------------|----------------------------|
|                     | у вертикальному напрямку          | у горизонтальному напрямку |
| 1-5                 | 3                                 | 3                          |
| 5-20                | 3...12                            | 3...12                     |
| >20                 | 12                                | 12                         |

Для реєстрації динамічної реакції ґрунту та конструкцій при вібраційних впливах розроблено відповідну методику вібродинамічних обстежень, що передбачає вимірювання віброприскорень в двох горизонтальних (вздовж осей X і Y) та вертикальному (Z) напрямках відповідно до ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБТ. Вибраційна безпека».

Реєстрація вібросигналів виконувалась з використанням комплексу автономної багатоканальної системи моніторингу будівельних конструкцій, до складу якої входять чотири модулі вимірювання низькочастотних вібросигналів МИНВ-01 з однокомпонентними датчиками прискорень 731А, які розроблені фірмою «Wilcoxon research» (США), та ноутбук з програмним забезпеченням.

В рамках розробленої методики реалізовані наступні схеми розміщення датчиків:

Схема 1 - призначена для одночасного вимірювання віброприскорень ґрунту на ділянці досліджень №1 (ділянка розміщення будівлі, що проектується). Датчики встановлені на різних відстанях від джерел впливу, зокрема на відстані ~70-80 м від залізничних колій та ~10-20 м від автомобільної дороги по вул. Миколи Грінченка.

Схема 2 - призначена для одночасного вимірювання віброприскорень ґрунту та підлоги існуючої будівлі. Датчики встановлені в наступних точках:

- на ґрунті - на відстані ~250-270 м від залізничних колій та ~40 м від автомобільної дороги по проспекту Науки;
- на підлозі першого поверху існуючої будівлі харчоблоку.

Схема 3 - призначена для одночасного вимірювання віброприскорень ґрунту на ділянці досліджень №1 та фундаменту існуючої триповерхової будівлі. Датчики встановлені на ґрунті (рис. 2) на відстані ~50-60 м від залізничних колій та ~10 м від автомобільної дороги по вул. Миколи Грінченка, а також на фундаменті існуючої триповерхової будівлі.

За результатами вібродинамічних обстежень визначені параметри вимушених коливань:

- ґрунту на відстанях ~70-80 м від залізничних колій та ~10-20 м від автомобільної дороги по вул. Миколи Грінченка - на місці розміщення будівлі, що проектується (ділянка №1);
- ґрунту на відстанях ~250-270 м від залізничних колій та ~40 м від автомобільної дороги по проспекту Науки (ділянка №2);



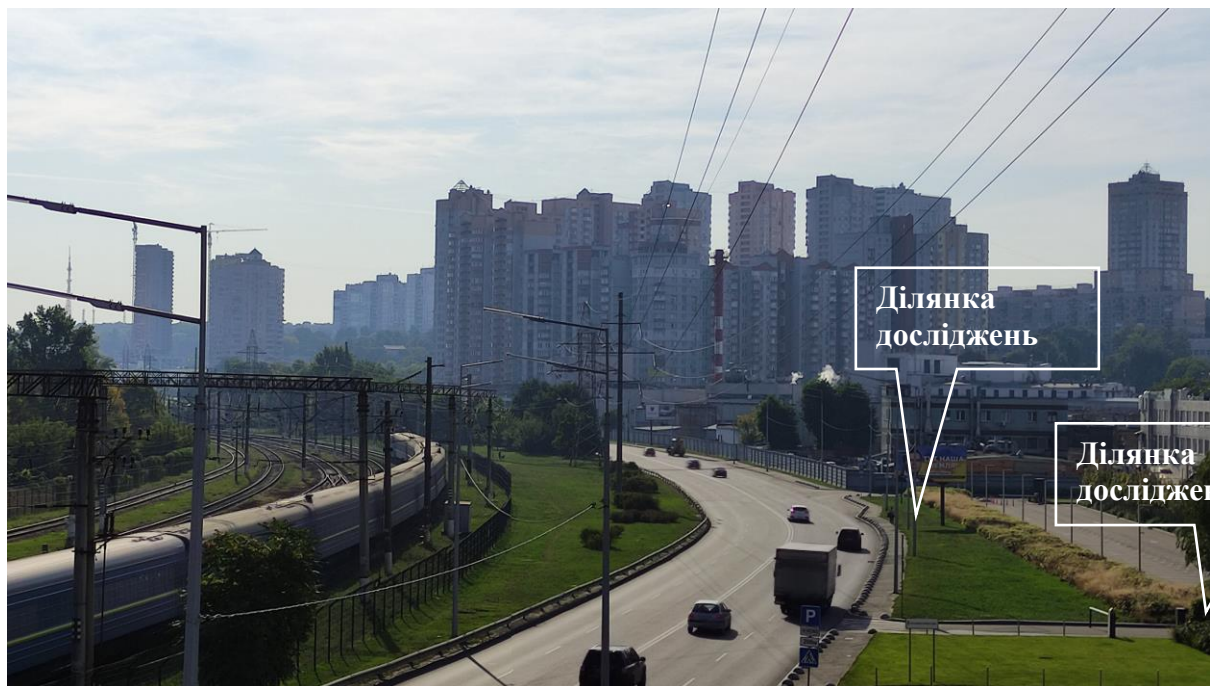


Рис. 1. Загальний вигляд розміщення об'єктів дослідження



Рис. 2. Розміщення датчиків вібрації на ґрунті

- у діапазоні 0,3-5,0 Гц допустиме значення швидкості в основі прецизійної установки складає 3,0 мкм/с, зареєстроване значення вертикальної швидкості на ділянці №2 перевищує допустиме в  $100/3,0 = 33$  рази.

Тому було рекомендовано виконати встановлення прецизійного обладнання на віброізовьованому фундаменті.



УДК 624.01. 001.5

## ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ МОСТУ

Є. А. БАКУЛІН, к.т.н., доцент;

О. В. ОЛІЙНИК, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: bakulin959@ukr.net*

Технічне обстеження мосту через р. Болотня на автомобільній дорозі О101113 Термахівка - Варівськ /на Малин/ км 14+420 Київської області, виконане у зв'язку з пошкодженням його конструкцій в результаті військових дій, що відбувалися в березні 2022 р у зв'язку з агресією РФ.

Метою даного обстеження є встановлення виду та характеру руйнування конструкцій мосту та складання рекомендацій щодо його відновлення.

Робота виконувалась згідно з вимогами наступних нормативних документів, рекомендацій та посібних матеріалів:

- ДБН В.2.3-6:2009 Мости та труби. Обстеження і випробування;
- ДБН В.2.3-22:2009 Мости та труби. Основні вимоги проектування;
- ДБН В.2.3-14:2006 Мости та труби. Правила проектування;
- ДБН В.1.2-15:2009 Мости та труби. Навантаження і впливи;
- ДБН В.1.2-9-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації;
- ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд;
- ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогини і переміщення. Вимоги проектування;
- ДСТУ Б В.2.6-2:2009 Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови;
- ДСТУ Б В.2.6-124:2010 Конструкції залізобетонні. Методи вимірювання арматури;
- ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю;
- ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів»;
- ДСТУ-Н Б В.2.3-34:2016 Настанова з виконання робіт при будівництві мостів та труб;
- СОУ 42.1-37641918-097:2017 Автомобільні дороги. Норми часу на роботи з експлуатаційного утримання;
- МР В.2.3-218-03450778-771:2010 Методичні рекомендації щодо визначення номенклатури та обсягів накопичення матеріальних цінностей мобілізаційного резерву, призначених для технічного прикриття мостів та

штучних споруд на автомобільних дорогах оборонного значення в особливий період.

Міст через р. Болотня біля с. Олізарівка розташований на км 14+420 дороги IV категорії О101113 Термахівка - Варівськ /на Малин/ у Вишгородському районі Київської області – рис. 1.

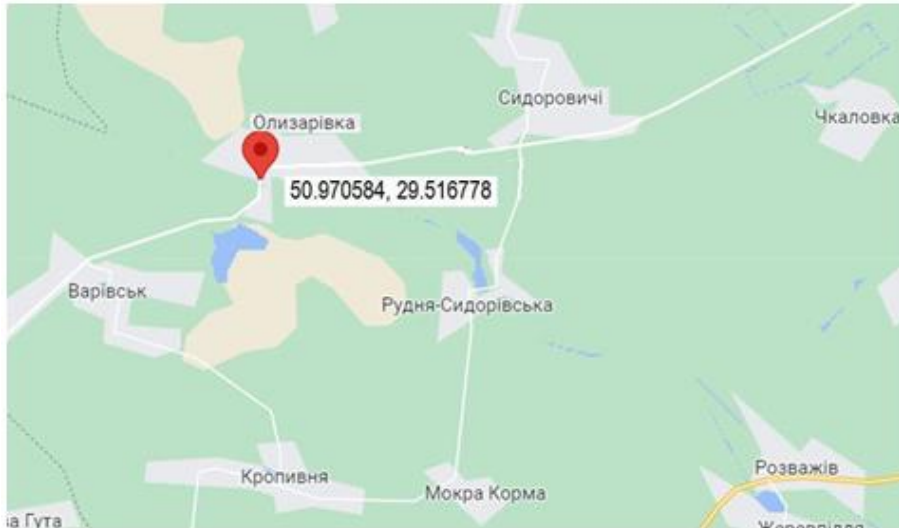


Рис. 1. Положення мосту на карті України

За результатами натурного обстеження мосту встановлено наступне:

- прогонові будови мосту 1-2 та 2-3 повністю зруйновані.
- опора №2 зруйнована підривом стійок, стан опори №1 не встановлено (засипана ґрунтом насипу).
- тротуарні блоки в прольоті 3-4 зміщені на зовні, перильне огороження відсутнє.
- перехід тимчасово відновлений влаштуванням у прольотах 1-2-3 насипу.

Для утримання насипу та збереження отвору в прольоті 3-4 за стійками опори №3 влаштовано забірну стінку із вцілілих плит прогонових конструкцій.

На рис.2. представлені фото, які ілюструють пошкодження мосту.



Рис. 2. Фрагмент зруйнованого мосту

Аналіз результатів обстеження дозволяє зробити наступні висновки:

1. Ступінь руйнування мосту за МР В.2.3-218-03450778-771:2010 оцінюється як сильний (80%). Технічний стан мосту за ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 непридатний (5-й стан). Після влаштування тимчасового переходу шляхом засипки прольотів 1-2-3 насипним ґрунтом технічний стан переходу оцінюється як обмежено справний (4-й стан).

2. Виконані відновлювальні роботи на мосту слід розглядати лише як тимчасове відновлення. Отвір мосту недостатній, конструкція дорожнього одягу та огороження не відповідають вимогам чинних норм. Режим руху транспорту по тимчасово відновленому мосту слід з обмеженням по масі транспортних засобів до 25 т, та швидкості до 30 км/год.

3. Згідно додатку 3 «Методики обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів, від 28.04.2022», категорія пошкодження об'єкта – II, що передбачає проведення капітального ремонту.

4. Враховуючи значний термін експлуатації вцілілих конструкцій мосту та їх низьку, у порівнянні з сучасними вимогами вантажопідйомність, рекомендується будівництво нового мосту.

## УДК 515.2

### ОСОБЛИВОСТІ ФОРМОУТВОРЕННЯ АРХІТЕКТУРИ МОСТІВ

Є. А. БАКУЛІН, к.т.н., доцент;

Ю. С. ВОЛОШКО, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: bakulina88@ukr.net*

Переважає більшість мостів в Україні побудована або відбудована після Другої світової війни. Скрутне економічне становище у повоєнній країні та необхідність швидкого відновлення сполучення між берегами річок та ущелин, спонукали до пошуків швидкого й максимально дешевого способу вирішення цієї проблеми. В результаті, в різні періоди було розроблено ряд типових проектів, що унеможливило індивідуальний підхід до кожного моста. Через це переважна більшість мостів України позбавлені архітектурної виразності.

Велика частина мостів на автомобільних дорогах загального користування в Україні має залізобетонні збірні розрізні прогонові будови. Використання такого виду конструкцій суттєво обмежує свободу творчості при їх проектуванні.

Значно більшої варіативності у вирішенні образу моста надає використання нерозрізних прогонових будов з монолітного залізобетону.

Вибір конструктивної схеми та особливості архітектури мостів залежать від характеру перешкоди, яку перетинає міст. Для рівнинної річки краще підходить горизонтально орієнтована прогонова будова (балкова або рамна), а для гір, ярів, ущелин кращим варіантом буде аркова або підвісна конструкція. Використання монолітного залізобетону дозволяє вирішувати ці задачі більш широко.

У зв'язку з розвитком туристичного потенціалу України, існує необхідність у покращенні не тільки якості, але й естетики інфраструктури. Мости є помітними та часто домінуючими спорудами у міському та природному ландшафтах та складають основу композиції середовища.

Мова йдеться переважно про середні мости та способи надання їм архітектурної виразності, оскільки вони є одними з найбільш поширених в Україні.

Для вирішення проблеми відсутності архітектурної та естетичної привабливості мостів пропонується відійти від масового використання типових проєктів залізобетонних збірних розрізних прогонових будов та ширше використовувати монолітний залізобетон. Це дасть змогу ефективніше враховувати особливості оточуючого середовища при проектуванні мостів та шляхопроводів.

Крім того, важливо не нехтувати рекомендаціями ДБН В.2.3-22:2009 щодо необхідності проведення конкурсу перед проектуванням мостів в населених пунктах, курортних зонах, у місцях відпочинку та на автомагістралях загальнодержавного значення. Обов'язковою частиною такого конкурсу має бути врахування архітектурної та естетичної виразності моста.

### **Список використаних джерел**

1. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування;
2. ДБН В.2.3-14:2006. Мости та труби. Правила проектування;

УДК 694 + 624.072.221

## РОЗРАХУНОК ДВОСХИЛОЇ КЛЕЄНОЇ БАЛКИ ПОКРИТТЯ

О. А. ФЕСЕНКО, к.т.н., ст. викладач;

М. М. МАЙСТЕНКО, студент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Email: fesenko.o.a@nubip.edu.ua

Двосхилі клеєні балки мають прямокутний поперечний переріз. Розрахунок таких балок зводиться до перевірки максимальних напружень сколювання і максимальних нормальних напружень при згині – за 1-ю групою граничних станів, а також максимальних прогинів – при перевірці за 2-ю групою граничних станів. Загальний вигляд конструкцій покриття по двосхилих балках наведено на рис. 1.

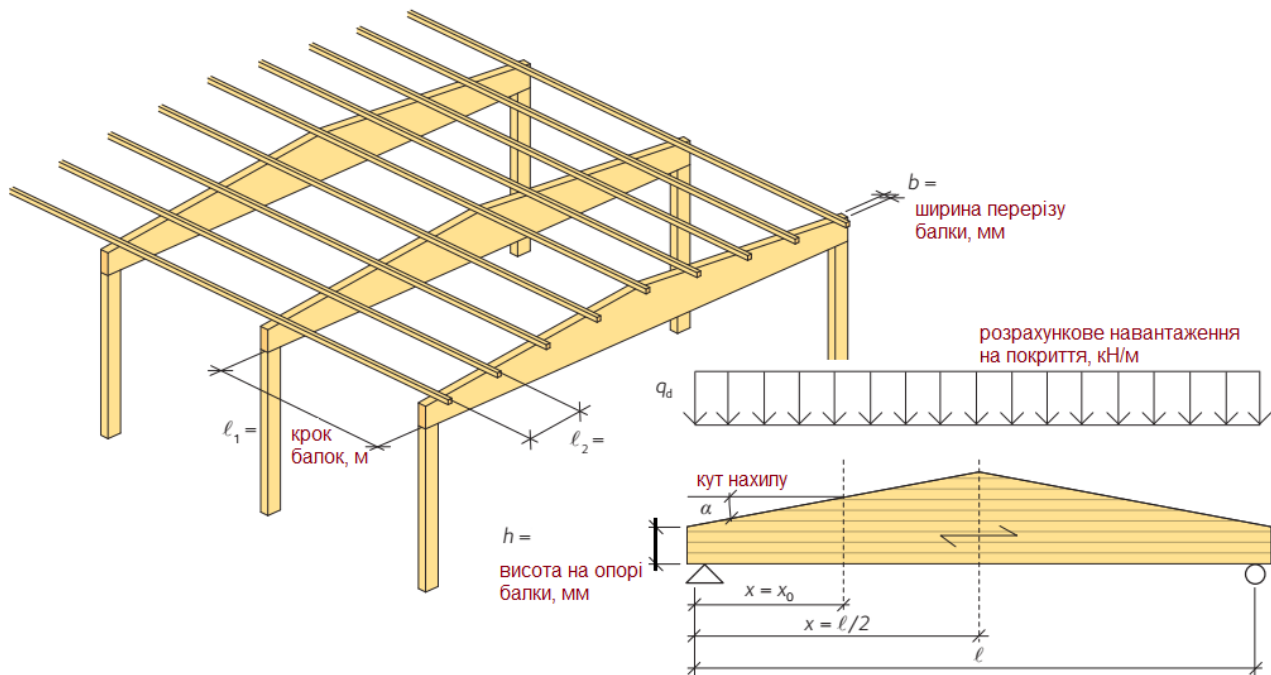


Рис. 1. Схема конструкцій покриття по двосхилих клеєних балках

У цій статті розглянуто приклад розрахунку двосхилої балки із клеєної деревини, а саме: підбір поперечного перерізу балки та перевірка міцності на згин і сколювання. Розрахунок було виконано згідно з ДБН В.2.6-162:2017 [1] і рекомендаціями посібника до Єврокоду 5 [2].

Як вихідні дані розрахунку було прийнято таке:

- Ширина перерізу балки,  $b=175$  мм;
- Довжина балки,  $L = 24,0$  м;
- Кут нахилу верхньої грані балки,  $\alpha_{ap} = 3,3^\circ$ ;
- Клас міцності – GL36h;
- Крок балок,  $a = 5$  м.



Навантаження на балку покриття було визначено від ваги матеріалів покрівлі і снігового навантаження, з урахуванням коефіцієнтів надійності за навантаженням і відповідальністю. Характеристичне значення навантаження становить  $q_{x,n} = 4,19 \text{ кН/м}^2$ , граничне розрахункове –  $q_{гр,п} = 5,08 \text{ кН/м}^2$ .

Навантаження на 1 м/п балки покриття було визначено з урахуванням кута нахилу верхнього поясу:

- характеристичне значення

$$q_{x,б} = q_{x,п} \cdot \frac{a}{\cos \alpha_{ap}} = 4,19 \cdot \frac{5}{\cos 3,3^\circ} = 20,98 \text{ кН/м} \quad (1)$$

- граничне розрахункове значення

$$q_{гр,б} = q_{гр,п} \cdot \frac{a}{\cos \alpha_{ap}} = 5,08 \cdot \frac{5}{\cos 3,3^\circ} = 25,44 \text{ кН/м}. \quad (2)$$

Розрахункові внутрішні зусилля у двосхилій балці було визначено:

- згинальний момент у гребеневій зоні балки

$$M_d = M_{ap} = \frac{q_{гр,б} \cdot L^2}{8} = \frac{25,44 \cdot 24^2}{8} = 1831,68 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (3)$$

- поперечна сила на опорі балки

$$Q_d = \frac{q_{гр,б} \cdot L}{2} = \frac{25,44 \cdot 24}{2} = 305,28 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (4)$$

Висоту перерізу балки було визначено з умови міцності на згин у гребеневій зоні:

$$h_{ap} = \sqrt{k_l \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{k_r \cdot f_{m,d} \cdot b}} = \sqrt{1,08 \cdot \frac{6 \cdot 1831,68 \cdot 10^6}{1 \cdot 17,28 \cdot 175}} = 1981,17 \approx 1990 \text{ мм} \quad (5)$$

$$k_l = k_1 = 1 + 1,14 \cdot \tan(\alpha_{ap}) + 5,4 \cdot \tan^2(\alpha_{ap}) = 1,08 \quad (6)$$

$$k_r = 1,0; \quad (7)$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,6 \cdot \frac{36,0}{1,25} = 17,28 \text{ МПа}. \quad (8)$$

Висота перерізу балки на опорах становить:

$$h_s = h_{ap} - \tan \alpha_{ap} \cdot \frac{L}{2} = 1990 - \tan 3,3^\circ \cdot \frac{24000}{2} = 1298,08 \approx 1300 \text{ мм} \quad (9)$$

Прийняті розміри перерізів балки становлять:

гребеневого –  $h_{ap} = 1990 \text{ мм}$ , опорного –  $h_s = 1300 \text{ мм}$ .

Умову міцності на розтяг впоперек волокон у зоні гребеня балки було перевірено за формулою:

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \leq f_{r,t,90,d} = k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d}, \quad (10)$$

$$\sigma_{t,90,d} = 0,012 \cdot \frac{6 \cdot 1831,68 \cdot 10^6}{175 \cdot 1990^2} = 0,19 > f_{r,t,90,d} = 1,4 \cdot 0,43 \cdot 0,288 = 0,17$$

$$k_p = 0.2 \cdot \tan \alpha_{ap} = 0,012 \quad (11)$$

$k_{dis}=1,4$  – коефіцієнт розподілу напружень у гребеневій зоні двосхилих балок;

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0.2} = \left(\frac{0,01 \cdot 10^9}{175 \cdot 1990^2 \cdot [1 - 0,25 \cdot \tan 3,3^\circ]}\right)^{0.2} = 0,43 \quad (12)$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,g,k}}{\gamma_M} = 0.6 \cdot \frac{0.6}{1.25} = 0.288 \text{ МПа} \quad (13)$$

Умова міцності не виконується. Необхідно збільшити висоту гребенового перерізу балки.

Необхідну висоту перерізу  $h_{ap}$  було повторно визначено з умови міцності на розтяг впоперек волокон у зоні гребеня балки:

- висота перерізу балки у зоні гребеня

$$h_{ap,90} = \sqrt{k_p \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{f_{r,t,90,d} \cdot b}} = \sqrt{0,012 \cdot \frac{6 \cdot 1831,68 \cdot 10^6}{0,17 \cdot 175}} = 2109,8 \approx 2150 \text{ мм} \quad (14)$$

- висота перерізу балки на опорах, мм

$$h_{s,90} = h_{ap,90} - \tan \alpha_{ap} \cdot \frac{L}{2} = 2150 - \tan 3,3^\circ \cdot \frac{24000}{2} = 1458 \approx 1500 \text{ мм} \quad (15)$$

Прийняті уточнені розміри перерізу балки становлять:

гребенового –  $h_{ap,90} = 2150$  мм; опорного –  $h_{s,90} = 1500$  мм.

Умову міцності на розтяг впоперек волокон у зоні гребеня балки було перевірено повторно:

$$\sigma_{t,90,d} = 0.012 \cdot \frac{6 \cdot 1831,68 \cdot 10^6}{175 \cdot 2150^2} = 0,163 < f_{r,t,90,d} = 1,4 \cdot 0,42 \cdot 0,288 = 0,169 \quad (16)$$

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0.2} = \left(\frac{0,01 \cdot 10^9}{175 \cdot 2150^2 \cdot [1 - 0,25 \cdot \tan 3,3^\circ]}\right)^{0.2} = 0,42 \quad (17)$$

Міцність деревини на розтяг поперек волокон забезпечена.

Умову міцності на сколювання і розтяг впоперек волокон у зоні гребеня балки було перевірено за формулою:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{r,t,90,d}} = \frac{0}{2.27} + \frac{0.163}{0.1693} = 0.9628 < 1 \quad (18)$$

$$\tau_d = \frac{3 \cdot Q_d}{2 \cdot b \cdot h_{ap}} = \frac{3 \cdot 0}{2 \cdot 175 \cdot 2150} = 0 \quad (19)$$

$Q_d = 0$  – поперечна сила в перерізі гребенової зони.

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0.6 \cdot 1.1 \cdot \frac{4.3}{1.25} = 2.27 \text{ МПа} \quad (20)$$

Міцність опорного перерізу балки перевірено з умови міцності на зріз:

$$\tau_d = \frac{3 \cdot Q_d}{2 \cdot b \cdot h_s} = \frac{3 \cdot 305.28 \cdot 10^3}{2 \cdot 175 \cdot 1500} = 1.74 < f_{v,d} = 2.27 \text{ МПа} \quad (21)$$

Умова міцності перерізу балки на опорі забезпечена.

Таким чином, двосхилу балку покриття із класної деревини було запроєктовано з урахуванням міцності на згин, розтяг і сколювання.

### Список використаних джерел

1. Дерев'яні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-161:2017 – [Чинні від 2018-02-01]. – К.: Мінрегіон України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2017. – 117 с. – (Державні будівельні норми)
2. Design of timber structures according to Eurocode 5. Handbook 2. 2008.

УДК 515.2

### RECONSTRUCTION OF UKRAINE AFTER THE WAR

V. M. BAKULINA , senior lecturer,

D. S. MOMOTIUK., studen,

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

*E -mail: bakulina 88@ukr.net*

4th year student of the Faculty of Construction and Design of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine Thousands of houses in Ukraine were destroyed by Russian missiles and shells. But after the war, all the affected cities will be rebuilt. The government claims that the new housing will be reliable and safe. Instead of typical "panels", houses with modern architecture, equipped with bomb shelters, will appear.



To restore the destroyed infrastructure of Ukrainian cities, the government is considering the example of a country that lives under the constant threat of war.

Since 2004, Israel has been using regulations according to which new houses are built with bomb shelters. Shelters are built separately for old houses.

The design of the new building must be carried out with a reinforced underground parking or an underground floor with two exits. Ihor Nikonov, the founder of the KAN Development company, believes that the presence of a bomb shelter in a building should be prescribed in the State Building Regulations.

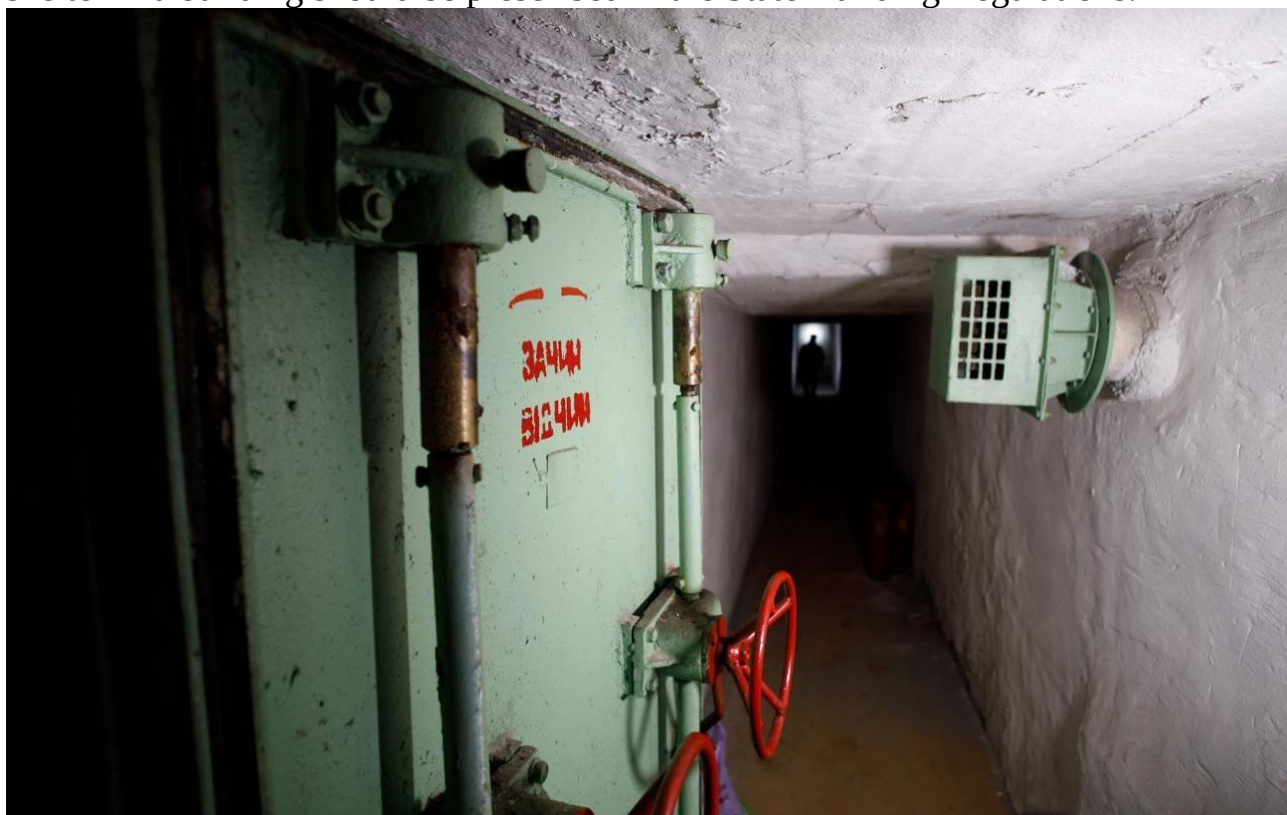


Photo 1. Bomb shelters must have two exits and ventilation

The National Union of Architects suggests making underground rooms in new buildings with a dual purpose. Yes, in peacetime, they can accommodate exhibition halls, cafes, which will guarantee the maintenance of premises in good condition. During the war, the user will have to transfer them under bomb shelters.

Modular houses instead of "Khrushchev" and high-rise buildings

Ukrainian houses should become safer and more reliable in the future. In such buildings, protection against breaking windows, fire protection of structures, energy efficiency and autonomy will be provided.

In addition, the experience of the war showed that high-rise buildings cannot guarantee a quick evacuation from the upper floors. Therefore, when designing districts, priority will be given to low-rise residential buildings with cozy yards and parks.

During construction, it is necessary to use modular structures. Modern European technologies provide that most structures are pre-manufactured at the factory.

The basis is a prefabricated reinforced concrete frame and ready-made wall panels, with already installed insulation and windows. This technology (prefab house) is used for the construction of residential quarters in Sweden and Denmark.





Photo 2. High-rise buildings are dangerous during evacuation

The National Union of Architects notes that if earlier 5-story buildings were built using a frameless method, relying only on the strength of the material itself, then frames need to be made for new buildings. Even if one wall is knocked out, the frame will ensure that the main concrete structure is not damaged.

During the large-scale reconstruction of the infrastructure, architects insist on changing the appearance of the streets built with the same type of "panels".

The interior of new buildings must be standardized, but their facades are unique, for example, for each neighborhood.

Terms of construction and price of apartments

Experts assume that it will take from 3 to 7 years to restore cities. At the same time, it is impossible to determine the budget at the moment. It can be calculated on the basis of actually developed projects.

When using modular and prefabricated structures, the construction period of a new house will be 6-9 months.



УДК 624.04.043

**ПРОБЛЕМАТИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ  
ДЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ,  
ПОСИЛЕНИХ У РОЗТЯГНУТІЙ ЗОНІ**

**І. А. ЯКОВЕНКО**, д.н.н., професор;

**І. М. МЕЛЬНИЧУК**, аспірант

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: yakovenko\_i\_a@nubip.edu.ua; van4ik088@gmail.com*

Реконструкція промислових будівель та інженерних споруд є невід'ємною складовою сучасного будівництва. Кожний об'єкт реконструкції, особливо виконаний із залізобетону, являє собою цілий **комплекс складних неординарних науково-інженерних задач**, а саме:

- підготовка та захист території [1];
- вибір раціональних розрахункових схем щодо визначення дійсного напружено-деформованого стану та ефективних методів посилення пошкоджених конструкцій [2];
- використання сучасних інженерних розрахункових методик визначення міцності та стійкості [3]; тріщиностійкості, прогинів [3];
- параметрів зчеплення арматури з бетоном [5];
- розрахункових методик взаємодії «старого» і «нового» бетонів при їхньому посиленні [2, 3];
- вплив нової забудови на фундаменти навколишніх будівель [1];
- моделювання дійсної роботи конструкцій за допомогою сучасних CAD систем – ПК «Ліра-САПР», «SCAD», «Ansys» та ін.

Протягом останніх десятиліть в Україні проведені значні дослідницькі роботи у ДП НДІБК [4], КНУБА, ПолНТУ [4, 6], ХТУБА, ПДАБА, ОДАБА [7], НУВГП [4, 6], НУ «Львівської політехніки» [8] щодо вдосконалення методів оцінки деформування залізобетонних конструкцій.

Із виконаного огляду досліджень випливає, що існує досить об'ємний клас залізобетонних конструкцій, які потребують посилення. Посилення супроводжується доволі вартісними та працевитратними заходами. У залежності від мети проведення реконструкції, розрахунок посилення здійснюють за умовами міцності, тріщиностійкості та жорсткості.

Стосовно до посилення залізобетонних конструкцій, у загальному випадку виникає за: розтягнутою зоною; стиснутою зоною; у зоні зрізу від дії поперечних сил; просторовими перерізами від дії крутного моменту; місцевого продавлювання, відриву або зм'яття.

Проаналізувавши способи та методи посилення залізобетонних конструкцій провідних наукових шкіл (проф. Голишева О.Б., Бабица Є.М., Шмуклера В.С., Бліхарського З.Я., Клименка Є.В., Павликова А.М., Семка

О.В., Лазовського Д.М. та ін., їх можна класифікувати за **відповідною схемою руйнування**, рис. 1 та у залежності від конкретних умов експлуатації.

Так, наприклад, посилення залізобетонних конструкцій у **стиснутій зоні** проводиться шляхом збільшення поперечного перерізу та влаштуванням нарощування перерізу, обойм, встановленням додаткової арматури у стиснутій зоні та обмеженням поперечних деформацій.

Посилення залізобетонних конструкцій у **зоні зрізу** на сприйняття поперечних сил здійснюється збільшенням розмірів поперечного перерізу конструкцій, встановленням додаткової поперечної арматури у зоні зрізу із забезпеченням спільної роботи з конструкцією.

Також використовуються посилення конструкцій при **місцевому стиску і продавлюванні** та на сприйняття **крутного моменту**.

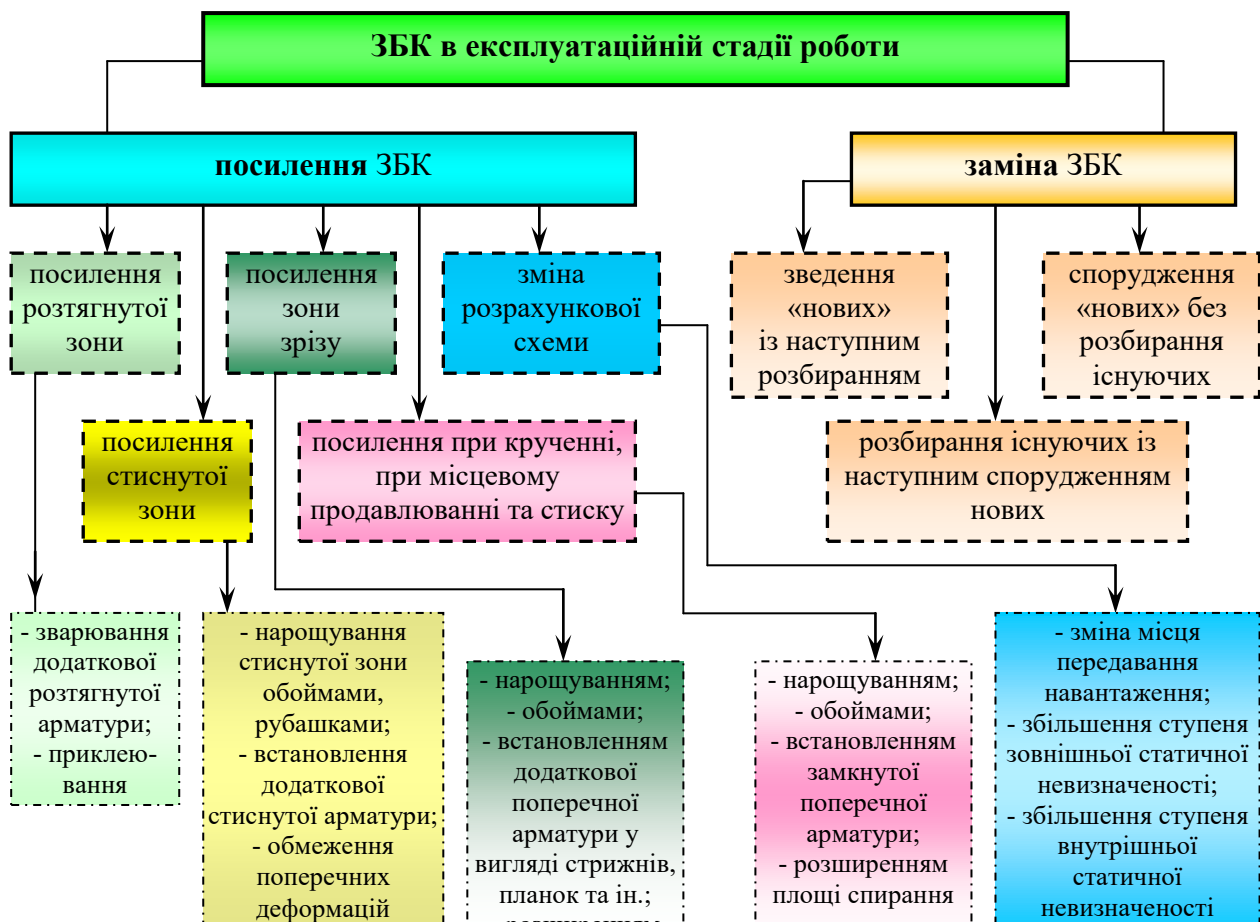


Рис. 1. Найбільш поширені методи посилення залізобетонних конструкцій

У разі можливого руйнування залізобетонних конструкцій за двома і більше зонами, а також при неможливості досягнення необхідного ступеня підвищення міцності шляхом посилення тільки однієї зони, застосовується **комбіноване посилення** (двох і більше ділянок) конструкцій.

Пошкоджені залізобетонні конструкції (при руйнуванні більше 50% перерізу стиснутої зони або 50% площі робочої арматури) у більшості випадків доцільно **замінювати новими**.

Звідси випливає, що проведення експериментально-теоретичних досліджень практичної методики розрахунку деформування посиленних залізобетонних конструкцій є вельми **актуальною задачею**. Вирішення цієї задачі може розглядатися як помітне досягнення у розвитку методів розрахунку посиленних залізобетонних конструкцій.

У своїй майбутній роботі, будуть досліджуватися посилення залізобетонних конструкцій у **розтягнутій зоні**.

Посилення розтягнутої зони ЗБК здійснюється збільшенням площі поперечного перерізу робочої арматури посилюваної конструкції шляхом встановлення додаткової арматури у цій зоні із забезпеченням її спільної роботи з конструкцією.

Отже, напрямком **подальших досліджень** є побудова розрахункової схеми посиленних залізобетонних конструкцій у вигляді складеного стрижня з податливими зв'язками зсуву.

Пошук відповідних розрахункових моделей деформування відбувається шляхом поглибленого дослідження природи і характеру тріщиноутворення та відповідної розробки аналітичного апарату, заснованого на оцінці їхнього фактичного напружено-деформованого стану.

Необхідно розробити розрахункову модель визначення особливостей деформування у посиленних залізобетонних конструкціях, яка б враховувала умовні зосереджені зсуви у шві між різними бетонами, і подальше фізично нелінійне деформування з урахуванням появи різних типів тріщин та ефекту порушення суцільності бетону.

### Список використаних джерел

1. Бакулін Є.А. Інженерний захист та підготовка територій : навч. посіб.; за ред. канд. техн. наук Бакуліна Є.А. / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, В.М. Бакуліна. – К. : НУБіП України, 2020. – 212 с.
2. Яковенко І. А., Бакулін Є.А. Реконструкція будівель та споруд аеропортів: мет. реком. до виконання РГР. Київ: НАУ, 2013. 50 с.
3. Яковенко І. А. Експериментальні дослідження міцності і тріщиностійкості у залізобетонних складених конструкціях / І. А. Яковенко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне, 2014. – Вип. 28. – С. 319–328.
4. 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 / [Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін.]. – К. : Толока, 2017. – 627 с.  
<http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/5380>
5. Yakovenko I.A, Dmytrenko Y.A., Bakulina V.M. (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. Springer, Cham. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9_10)

6. Pavlikov, A., Kochkarev, D., Harkava, O. (2019). Calculation of reinforced concrete members strength by new concept. Proceedings of the fib Symposium 2019: Concrete - Innovations in Materials, Design and Structures. Krakow, Poland, 2019.

7. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд : навчальний посібник. – К., 2004. – 304 с.

8. Бліхарський З.Я. Реконструкція та підсилення будівель та споруд : навч. посібник / З.Я. Бліхарський. – Львів : вид-во «Львівська політехніка», 2008. – 108 с.

УДК 624.378-028.42

## НАПРЯМИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КАФЕДРИ БУДІВНИЦТВА НУБІП УКРАЇНИ

**І. А. ЯКОВЕНКО**, д.н.н., професор;

**Є. А. БАКУЛІН**, к.т.н., доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: yakovenko\_i\_a@nubip.edu.ua; bakulin\_evgeniy@nubip.edu.ua*

**Будівництво та цивільна інженерія** – галузь науки і техніки, яка займається глибинними теоретичними та експериментальними дослідженнями у галузі будівництва: **проектування, конструювання, експлуатація, реконструкція, ремонт** будівель та інженерних споруд. Особлива увага на кафедрі приділяється будівлям та спорудам агропромислового комплексу, їхнім конструктивним елементам та параметрам визначення дійсного напружено-деформованого стану.

Сучасні виклики сьогодення, бурхливий розвиток нових технологій у будівництві та цивільній інженерії, інтеграція України у світовий науковий простір – безумовно активізує науково-педагогічну спільноту у пошуку актуальних та перспективних, економічно-обґрунтованих наукових напрямків будівельної галузі. Серед них, із урахуванням [1], слід відзначити наступні:

→ вплив природно-кліматичних умов та функціонально-технологічних процесів, і дій на напружено-деформований стан, експлуатаційні й екологічні характеристики конструкцій, споруд, будівель та їх комплексів [2];

→ особливості роботи будівельних конструкцій в залежності від характеру тривалості технологічних процесів у будівлях та спорудах, вивчення закономірностей навантаження, особливостей дії на них навколишнього середовища і технологічного устаткування під час експлуатації [2];

→ створення раціональних типів конструкцій, сортamentів виробів і елементів, уніфікація, типізація, стандартизація, підвищення індустріальності та якості агропромислового будівництва;

- вплив технології виготовлення й виконання будівельно-монтажних робіт на конструктивні форми і об'ємно-планувальні рішення, технологія проектування конструкцій, споруд, будівель та їх комплексів;
- дійсна робота конструкцій, їхня поведінка під навантаженням залежно від матеріалу і особливостей конструктивної форми;
- розроблення методів оцінки несучої здатності конструкцій, захист від корозії, ерозії, гниття та інших видів фізичних пошкоджень [3];
- пошук раціональних форм будівель, споруд і засобів їхнього розміщення у природному середовищі, в селищній та промисловій забудові.
- розроблення раціональних архітектурно-планувальних рішень з урахуванням умов захисту людини від вібрацій, температурних та інших несприятливих дій;
- методи оцінки надійності, безпечності, довговічності будівель, споруд і конструкцій, що експлуатуються, неруйнівні методи контролю та діагностика їхнього технічного стану [3];
- підвищення експлуатаційних якостей конструкцій, будівель та споруд, подовження строків служби, методи реконструкції, посилення і ремонту [4];
- дослідження НДС елементів системи "основи-фундаменти" при статичних і динамічних навантаженнях;
- експериментальні та чисельні дослідження взаємодії фундаментів з основами з урахуванням жорсткості підземних конструкцій;
- розроблення методів розрахунку фундаментів у сейсмічних і зсувних зонах, на підроблених і підтоплених територіях, на лесових, карстових територіях, на штучних слабких основах [2].
- принципи побудови конструктивних систем та чисельних моделей об'єктів агропромислового комплексу та розробка методів розрахунку конструктивних систем;
- методи розрахунку конструкцій із урахуванням нелінійних процесів деформування системи (геометрична нелінійність), матеріалу конструкції (фізична нелінійність) та зміни конструктивної схеми (конструктивна нелінійність) поведінки системи в часі (повзучість, релаксація);
- розробка та застосування методів граничного аналізу конструкцій та дослідженні несучої здатності систем, розв'язання контактних задач стосовно конструктивних систем різного призначення;
- проблеми динаміки і стійкості конструкцій при дії сейсмічних впливів;
- методи оптимального проектування конструкцій, оцінки їхньої надійності та строків служби;
- методи експериментальних досліджень напружено-деформованого стану будівельних конструкцій та діагностики конструктивних систем;
- методи розрахунку залізобетонних конструкцій за граничними станами першої або другої групи (утворення, ширини розкриття нормальних, похилих, просторових тріщин; прогинами, переміщеннями) [5];



→ методи визначення напружено-деформованого стану у складених (посилених) залізобетонних конструкціях при різних силових впливах: згині, стисненні, позацентровому стиску, крученні зі згином [3, 5];

→ моделі деформування залізобетонних конструкцій із застосуванням гіпотез механіки руйнування [5];

→ моделі зчеплення арматур із бетоном у залізобетонних конструкціях будівель та споруд за наявності різних типів тріщин;

→ проектування, зведення та реконструкція у сейсмонебезпечних регіонах України із урахуванням методів сучасної діагностики та моніторингу будівельних об'єктів;

→ удосконалення нормативних документів щодо застосування автоматизованих систем у будівництві та методів випробувань будівельних конструкцій;

→ розробка математичних моделей будівельних об'єктів та їхнє комп'ютерне дослідження із застосуванням BIM технологій у сучасних програмних комплексах, які базуються на побудові МСЕ;

→ випробування та обстеження будівельних конструкцій з застосуванням вібродіагностики та методів неруйнівного контролю у натурних умовах;

→ методи визначення вогнестійкості будівель та інженерних споруд агропромислового комплексу та ін.

**Висновок.** Наведений перелік можливих наукових досліджень кафедри будівництва є надійним підґрунтям щодо якісної та затребуваної підготовки спеціалістів за освітньо-науковими програми "Будівництво та цивільна інженерія" другого (магістерського) та третього (PhD доктор філософії) освітніх рівнів за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Розвиток інтелектуального потенціалу держави шляхом підготовки висококваліфікованих наукових кадрів у галузі будівництва на національному та міжнародному рівнях є вельми необхідним та актуальним у наступних сферах господарства:

– забезпечення освітніх та наукових установ, органів розвитку громад та територій України;

– підприємств агропромислового комплексу, промислового, транспортного та цивільного будівництва;

– науково-дослідних та проектних інститутів, судових експертиз тощо.

Реалізація поставленої мети кафедри здійснюється шляхом генерації нових знань та вмінь, інноваційних ідей на засадах інтеграції та інтернаціоналізації освіти, наукових досліджень і практичної діяльності, формування у магістрів та майбутніх аспірантів цінностей фаховості, прозорості, чесності та відкритості, соціальної відповідальності за результати науково-педагогічної та наукової діяльності перед суспільством, принципів міждисциплінарного підходу, розвитку і трансферу наукових досліджень.

### Список використаних джерел

1. Паспорт спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. Затверджено постановою президії ВАК України №23-08/7 від 14.10.1998р. [https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/vh8\\_7330-98#Text](https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/vh8_7330-98#Text)
2. Bakulin Y.A. Engineering protection and prepatation of territories : study guide; under the editorship of cand tech. science Ye.A. Bakulin / Ye.A. Bakulin, I.A. Yakovenko, V.M. Bakulina. – Kyiv : NULES of Ukraine, 2022. – 205 p. [http://dspace.nubip.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/8178/1/Bakulin\\_%20Engineering%20protection.pdf](http://dspace.nubip.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/8178/1/Bakulin_%20Engineering%20protection.pdf)
3. Yakovenko I., Bakulin Y. & Bakulina V. (2020) Classification methods of civil buildings reconstruction // Theoretical and scientific foundations of engineering : collective monograph / Apostolova R., Shembel E., Aurbach D., Markovsky B., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2020. 180 p., pp. 70–96. Available at : DOI : 10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II URL: <http://isg-konf.com>.
4. Бакулін Є.А. Визначення параметрів напружено-деформованого стану споруди башти силосу та її конструктивних елементів за наслідками руйнування / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, В.М. Бакуліна // Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention : collective monograph. – Riga : Izdevnieciba “Baltija Publishing”, 2022. – Р. 1–43. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-254-8-1>
5. 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 / [Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін.]. – К. : Толока, 2017. – 627 с. <http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/5380>

УДК 504.064:630

### ВПЛИВ РУЙНУВАНЬ ВІД БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РЕГІОНУ

**Д. О. ЗАБОЛОТЬКО**, студент магістратури  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: dmitrozabolotko@gmail.com

Проблема збору, сортування й утилізації сміття в Україні – одна з болючих точок. Щороку полігони для відходів поповнюються приблизно на 15–17 мільйонів тон, а переробляється лише їхня десята частина [1]. Так, під час зведення 100-квартирного будинку утворюється в середньому 15–20 тон твердих відходів, знос однієї п'ятиповерхівки залишить у середньому 3000 кубометрів будівельного сміття. Сьогодні до цифри прогнозованих будівельних

відходів додається обсяг воєнних руїн. За попередніми підрахунками, тільки в Бучі утворилося близько 2 мільйонів тон будівельного сміття, а всього в Україні — потенційно 800 мільйонів тон відходів.

Нагальною комплексною містобудівною проблемою на сьогодні є визначення перспектив подальшого розвитку й реконструкції зруйнованих населених пунктів.



Рисунок – Основні забруднювачі від будівельних конструкцій під час виконання будівельних та будівельно-ремонтних робіт [2]

Сучасні індустріальні майданчики повинні перетворитися на високотехнологічні та економічно обґрунтовані, екологічно чисті виробництва, технопарки, або житлові квартали, громадські та зелені зони [3,4].

Таке перетворення, або реновація охоплює комплексне оновлення архітектурно-ландшафтного міського середовища за сучасними стандартами, тобто одночасну реконструкцію об'єктів і простору, в якому вони існують, адаптивне використання будівель, споруд, комплексів у разі зміни їхнього функціонального призначення. Особлива увага приділяється естетичному плануванню та оформленню будинків, об'єктів інфраструктури.

Переробка відходів – це сучасне і майбутнє, це правильний погляд на екологію, це й економічно обґрунтовано. Відомо, що під час видобутку природного щебню витрачається у 8 разів більше енергії, ніж при отриманні його зі старого подрібненого бетону. При цьому собівартість бетону, отриманого зі вторинного щебню, на 25% нижче за бетон на основі природного щебню, разом з тим, вивіз 1 тони будівельних відходів обходиться від 4 до 150 євро. Але ці питання не охоплюють питання сортування, переробки і підготовка сертифікованих компонентів для будівельних матеріалів нових конструкцій з будівельних відходів [3, 4].

Останні час в Україні та приклади країн СНД ця тематика викликає чималий інтерес наукової спільноти у сфері реновації та суцільної руйнації міст та населених пунктів, які є в Україні починаючи з 2014 року.

Аналіз різних джерел вказує на необхідність відновлення територій України, реновацію промислової забудови, відновлення та побудова нового житлового сектору та соціально-культурно-гармонійного, розвиток сучасної інфраструктури. До системи заходів, відносяться: організаційно-економічна модернізація, технічне оновлення (комунікацій, електрозабезпечення, енергозбереження та ін.), культурно-історична спадщина, екологічна реабілітація і соціального пожвавлення територій. Все це передбачає розробка проекту розвитку на державному, міському та регіональному рівні за участю громад, бізнесу та держави.

Отже, відновлення територій громад та промислових об'єктів вимагає комплексного підходу. Проекти розвитку повинні передбачати повторне використання відходів від руйнації будівельних конструкції під час війни. Що зможе забезпечити кращий екологічний стан у регіонах України.

### Список використаних джерел

1. Національна стратегія з управління відходами до 2030р : [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://propertytimes.com.ua/spetsproekti>
2. Відбудова України надає можливість розвинути економіку замкнутого циклу: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://interfax.com.ua/news/interview/875051.html>.
3. Строительные отходы. Кто, как и куда вывозит мусор с киевских строек: [Електрон.ресурс]. Режим доступу: <https://propertytimes.com.ua/spetsproekti>.
4. Реновація промислової забудови та її адаптація до сучасного міського середовища : монографія / [Ю. І. Гайко, Є. Ю. Гнатченко, О. В. Завальний, Е. А. Шишкін; за заг. ред. Ю. І. Гайка, Е. А. Шишкіна] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 353 с : [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://eprints.kname.edu.ua/57691.pdf>.

УДК 681.6

### ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННОГО ПЛАСТИКУ ДЛЯ 3D ДРУКУ

**В. О. ШАЛЕНКО**, к.т.н., доц.

**А. А. МАСЛЮК**, асист.

*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*

*E-mail: masliuk.aa@knuba.edu.ua*

На сьогодні існує велика кількість різноманітного пластику для 3D-друку. Його можна поділити на дві групи. Стандартні та інженерні пластики. Пластик має різні властивості. Може бути дуже міцним або м'яким та легким у



постобробці, гнучким як гума, різного роду композитним, легко розчинним у воді, мати фосфоресцентну основу та інші[1].

При роботі з певним видом пластику поступово накопичується чимала кількість відходів (рис.1).



Рис. 1. Різні відходи при роботі з 3D-принтера

Серед них можуть бути невдалі моделі друку, також різні додаткові технічні побудови. Ними в більшості є так звані підтримки, які будуються для відповідних частин моделі і нависаючі елементи. Після друку їх видаляють з готової моделі. Також у різних випадках застосовують додаткові побудови у вигляді платформи, яка використовується для кращого прилипання маленьких моделей до поверхні робочого столу 3D-принтера. Після завершення друку вони видаляються з основної моделі. Перед початком друку екструдер калібрують друкуючи юбку, яка складається з кількох або більше проходів пластику. Вона видаляється після завершення друку[2].

Пластики мають чудову властивість плавитися під дією певної температури, це надає можливість їх переплавляти та використовувати повторно. Для цього відходи в більшості випадків перемелюють на однорідну дрібну фракцію. Готовий матеріал по можливості просушують в сушці деякий час. Перед переплавою можуть у певній пропорції додавати нові гранули пластику. Це застосовується для відновлення хімічної та механічної складової структури пластику, які були змінені після його першого застосування у екструдері 3D-принтера. Підготовлену суміш засипають у бункер екструдера для пластику, який переплавляє масу у прутки потрібного діаметра. Екструдери можуть бути різними за конструкцією та призначенням[3]. Їх поділяють на великі промислові лінії виробництва і невеликі портативні орієнтовані на виготовлення нитки у домашніх умовах. Після чого готовий прутки вторинного пластику можна знову застосовувати для друку на 3D-принтері.

Також для переплавки використовують: різні пластикові пляшки, пластикові стаканчики, корпуса різної електронної техніки та інші. Вторинний



пластик чудово підійде для друку прототипів різних виробів та інших невідповідальних моделей.

#### **Список використаних джерел**

1. Електронний інтернет ресурс. Стаття - Матеріали для 3D-принтера: огляд, характеристики і застосування. Режим доступу: <https://hi-news.pp.ua/tehnka-tehnologyi/7820-materiali-dlya-3d-printera-oglyad-harakteristiki-zastosuvannya.html>
2. Шаленко В., Корнійчук Б., Маслюк А., Попроцька О. Матеріали для технології друку Fused Deposition Modeling. // Proceedings of International scientific-practical conference of young scientists «BUILD-MASTER-CLASS-2020». – Kyiv, KNUCA, 2020. – Р. 280, 281.
3. Лукашова В. В., Мікульонюк І. О., Радченко Л. Б. Екструзія пінополімерів [Текст] : монографія. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 175 с.: іл. – Бібліогр.: с. 163–172. – 300 прим.

**УДК 004.356**

### **ЛАЗЕРНИЙ 3D ДРУК МЕТАЛЕВИМИ ПОРОШКАМИ**

**В. О. ШАЛЕНКО**, к.т.н., доц.  
**Б. В. КОРНІЙЧУК**, к.т.н., доц.  
**А. А. МАСЛЮК**, асист.

*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*  
*E-mail: masliuk.aa@knuba.edu.ua*

Технологія виготовлення деталей з порошкового металу відома вже давно. Методами порошкової металургії виготовляють вироби, що володіють різними спеціальними властивостями. Виготовлені деталі методами порошкової металургії використовуються в електричних машинах і трансформаторах. До таких виробів належать: контакти регуляторів напруги трансформаторів; контактні кільця; колекторні пластини; постійні магніти та інші деталі обертових електричних машин[1]. Технологічний процес виготовлення деталей з металевих порошків складається з таких основних технологічних операцій: приготування шихти, дозування, пресування, спікання, термообробка, калібрування та обробка різанням. Механічні властивості виробів з чистих металевих порошків наближаються до властивостей литих матеріалів[2,3].

Цікавими можливостями виготовлення деталей з металевих порошків на сьогодні є 3D-друк. Існує два найбільш поширені процеси друку з використанням металевих порошків. Вибіркове лазерне плавлення – SLM і

пряме лазерне спікання металів – DMLS. Відмінності між SLM і DMLS полягають у зв'язуванні частинок металевого порошку.

У лазерних принтерах SLM розплавляється кожен шар металевого порошку при цьому можуть виникати перепади температур, що може призводити до виникнення внутрішніх напруг в деталі. Це потенційно може позначитися на їх якості, хоча й меншою мірою ніж, наприклад, при литті.

В DMLS лазерних принтерах частинки порошку нагріваються менше і спікаються між собою не переходячи в рідку фазу. При цьому друкуються об'єкти без залишкових внутрішніх напруг, які можуть знижувати якість металевих компонентів виготовлених литтям та штампуванням. Це важливо для деталей виготовлених для автомобільної та аерокосмічної галузі, оскільки вони мають витримувати високі навантаження.

Ці технології дуже схожі між собою. У процесі друку камеру принтера заповнюють інертним газом, щоб уникнути горіння металу від дії кисню. В залежності від порошку на робочу поверхню стола наноситься певної висоти шар металевого порошку. Потім потужний лазер проходить по площині майбутньої деталі і спікає частину порошку (рис.1).



Рис. 1. Спікання лазером шару металевого порошку

Після цього стіл опускається на висоту наступного шару металу. Відповідний механізм наносить новий шар порошку і процес роботи лазера повторюється знову, так будується деталь шар за шаром. Після завершення друку зайвий металевий порошок видаляється для повторного застосування. В процесі друку використовують підтримки для уникнення деформації моделі від температури та закріплення її на робочій поверхні столу. Для чітких розмірів деталі підтримки і залишку порошку видаляються, а сама поверхня проходить обробку на токарному або ЧПУ верстатах. Щоб уникнути внутрішніх напруг у

металі та покращити механічні властивості самої деталі застосовують термічну обробку[4].

3D-принтери дозволяють друкувати різноманітні деталі з металу різної конструкції та різної складності. Такі методи друку продовжують розвиватися та вдосконалюватися і знаходять своє застосування в різних галузях промисловості.

### **Список використаних джерел**

1. Б.Н. Бабич, Е.В. Вершинина. Металлические порошки и порошковые материалы. М.: ЭКОМЕТ, 2005.
2. Рослик І.Г., Ковзик А.М., Внуков О.О. Основи порошкової металургії. Частина 1. Виробництво порошків. Навч. Посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2019. - 50с.
3. Степанчук А.М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів: Навчальний посібник/ А.М. Степанчук. – К.: Центр навчальної літератури. - 2017. – 336 с.
4. Шаленко В.О., Корнійчук Б.В., Маслюк А.А., Попроцька О.Д. Застосування лазерної технології у обробці металів. // LXXVII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. Тези доповідей. – К.: Національний транспортний університет, 2021. – С. 34.

***Секція 8 «Оцінка довговічності та  
моніторинг стану технічних систем»***

УДК 631.171

## АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ АВТОПІЛОТІВ

**І. В. КОЛЕСНИК** к.т.н., доцент

**С. Ю. КОСТЮК** асистент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Ю. І. КОЛЕСНИК** аспірант

*Державний біотехнологічний університет*

**Ю. Ю. КОЗЛОВ** інженер I категорії

*Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*

*E-mail: ivankolesnik89@gmail.com*

Сучасні трактори вже не ті незручні, холодні і шумні машини, що були раніше. Багато із них по комфорту не поступаються хорошим автомобілям і роблять роботу тракториста приємною та продуктивною. Такі плюси як кабіна з клімат-контролем, музичний програвач, сенсорний дисплей, пульт управління агрегатами та інші, спрямовані в першу чергу на створення комфорту, але не виключають активної роботи з водіння. Більшість операцій при роботі в полі передбачають багаторазове повторення циклу руху від ряду до ряду, з розворотами в кінці гону. Така монотонність, в результаті призводить до втоми оператора, і витримувати постійну точність управління агрегатом стає практично не здійсненним завданням. Продуктивність до кінця зміни падає на 30-40%, відповідно ні про яке питання підвищення виробки, до чого прагне фермер чи керівник господарства, мова не йде.

Вирішення про це лежить в площині автоматизації процесу управління машиною і зменшення частки ручного управління. Серед відомих рішень - застосування систем автоматичного підрулювання і автопілотів.

Принцип роботи автопілота для трактора, комбайна або іншої самохідної сільгоспмашини полягає в автоматичному контролі рульового управління за допомогою гідравлічного або електроприводу, на основі сигналів одержуваних від керуючої станції з'єднаної з GNSS або RTK приймачем. Оператору залишається лише вмикати або вимикати автопілот в потрібний момент, коли потрібно перехопити управління в свої руки. Практика використання систем автопілота на тракторах, комбайнах і самохідних сільгоспмашинах, показала, що виробка зростає на 30-40% за рахунок точності проходження рядків і зменшення втоми оператора. Крім того, система автопілота дозволяє виконувати роботи в нічний час і в умовах поганої видимості, заощадити на паливі, насінні, гербіцидах та інших витратних матеріалах.

Якщо не брати до уваги деталі, то всі автопілоти для сільгосптехніки можна розділити на 2 типи:

- з електричним приводом рульової колонки;
- з гідравлічним приводом рульового управління.



Якщо «копнути» трохи глибше, то слід також брати до уваги точність, яку може забезпечити система. Вона залежить від систем GNSS антен, які можуть працювати на безкоштовному сигналі або платних RTK поправках. У першому випадку, можна заощадити на абонплаті RTK станцій, але вона підійде тільки для роботи з широкозахватних агрегатами, де не потрібна велика точність, наприклад, розкидання добрив або обприскування. Якщо ж застосовувати агрегат для посіву або міжрядної обробки, то без RTK антени не обійдися. У такому випадку потрібно ще додатково купити пакет доступу до поправок. Оплату можна здійснювати тільки на період проведення робіт, що повністю себе виправдовує.

Якщо з точністю все відносно зрозуміло, то питання який вибрати привід під автопілот - гідравлічний чи електрику, викликає масу суперечок.

Для початку розберемося в принципових відмінностях цих двох систем.

Принцип роботи електричного автопілота полягає в установці на рульовому валу колонки, рульового колеса з електроприводом, який під'єднується до контролера і отримує сигнали на його поворот з певним кутом за допомогою електромотора.

Переваги електричного автопілота на трактор або комбайн:

- простота установки з можливістю переставити на іншу техніку;
- надійність, через мінімум з'єднань;
- автономність - електропривод прямо не залежить від навантаження на інші системи трактора;
- система знаходиться в кабіні, не схильна до впливу навколишнього середовища;
- швидкий відгук системи;
- універсальність - встановлюється на будь-які види самохідної сільгосптехніки;
- невелика ціна;
- високий крутний момент, що залежить від заданої виробником потужності електродвигуна приводу;
- мінімальне обслуговування.

Із недоліків слід зазначити необхідність зняття старого рульового колеса і заміни його на те, яке йде в комплекті з приводом.

Переваги гідравлічного автопілота на трактор або комбайн:

- хороша «чутливість» системи, немає впливу зносу рульового вала на точність управління;
- не вимагає заміни рульового колеса, система під'єднується безпосередньо до гідравліки рульової системи.

Серед недоліків гідравлічного автопілота слід виділити його підвищену вартість, повну залежність від гідравлічної системи машини, установка на раму, що тягне небезпеку його пошкодження під час експлуатації, велику вартість обслуговування і ремонту, несумісність з деякими моделями тракторів, особливо застарілих моделей, потужність крутного моменту прив'язана до потужності гідросистеми трактора чи комбайна і може падати, при агрегування

з сільхозмашинами, які так само працюють на гідравліці, гідросистема трактора швидше виходить з ладу.

Свої системи автоматичного управління є практично у кожного відомого виробника GPS навігації: Trimble, Leica, Teejet, Raven і інші. Крім того, частина відомих виробників с/х техніки виробляють свої системи автопілотів, наприклад, John Deere, Claas та інші. Всіх їх відрізняє або висока вартість, або пристосованість під певні моделі техніки. Для тих, хто шукає недороге, але якісне рішення, варто поглянути на новачка ринку - інноваційну китайську компанію FJ Dynamics, яка виробляє свою електричну систему автопілота на сільгосптехніку Autosteering Kit, а також обладнання для управління складною будівельною технікою.

Вони " підкупувають " своєї демократичною ціною, універсальністю установки на будь-яку техніку і функціями, які є не у всіх відомих брендів. Починаючи з 2020 року цей автопілот вже встановлено більш ніж в 30-ти країнах світу і продовжує «підкорювати» фермерів по всьому світу.

#### **Список використаних джерел**

1. Електронний ресурс: <https://www.titanmachinery.ua/tochne-zemlerobstvo.html>.

**УДК 631.171**

### **ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

**Ю. І. КОЛЕСНИК** асистент

**С. Ю. КОСТЮК** асистент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Ю. Ю. КОЗЛОВ** інженер I категорії

*Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*

*E-mail: julianakolesnik26@gmail.com*

Сучасне сільське господарство працює за тими ж принципами, що і будь-який бізнес - постійне прагнення знижувати собівартість одиниці продукції і підвищувати продуктивність в розрахунку на одиницю витрачених ресурсів.

Протягом усього ХХ століття досягати цих цілей дозволяв класичний інструментарій - використання все більш економічних сільгоспмашин, продуктивних сортів рослин, ефективних добрив, раціональних агротехнологічних прийомів.

Сьогодні ці інструменти як і раніше актуальні, але їх потенціал практично досяг межі, можливого при сучасному рівні технологій. У той же час з'явилися нові інструменти, недоступні раніше. Зокрема супутникові та комп'ютерні технології, які стали загальнодоступними.

Точне землеробство - це система сільськогосподарського менеджменту, яка дозволяє аграріям отримувати великі врожаї, витрачаючи менше ресурсів: землі, води, добрив і засобів захисту рослин. Точне землеробство має на увазі застосування сучасних технологій: системи супутникового позиціонування, технології дистанційного зондування землі та всього іншого.

Точне землеробство - це система управління продуктивністю посівів, заснована на використанні комплексу супутникових та комп'ютерних технологій. Замість того, щоб орати, сіяти, вносити добрива «на око», як це робилося протягом усієї попередньої історії сільського господарства, сьогодні фермери можуть точно розрахувати кількість насіння, добрив та інших ресурсів для кожної ділянки поля з точністю до метра.

Після того як на основі супутникових і лабораторних даних складається точна карта поля із зазначенням характеристик кожного його ділянки, фермер отримує можливість більш раціонально розподіляти ресурси між ними. Таким чином, вдається уникнути перевитрати ресурсів там, де вони раніше використовувалися в надлишку, і підвищити продуктивність тих ділянок поля, які раніше недоодержували в добривах, оранці або поливі.

При досить великому масштабі такий підхід дозволяє знизити витрати на виробництво одиниці продукції і підвищити віддачу з кожного квадратного метра землі. Крім того, ця технологія відкриває додаткові можливості для підвищення якості продукції і в глобальному масштабі знижує навантаження на навколишнє середовище.

Система точного землеробства - це не строго певний набір методик і технічних засобів, а, скоріше, загальна концепція, заснована на використанні технологій супутникового позиціонування (GPS), геоінформаційних систем (GIS), точного картографування полів і ін.

Принцип роботи системи точного землеробства

Точне землеробство це безліч окремих технологій, необхідність впровадження яких визначається на розсуд власників і керівників агропідприємства. Тобто можна використовувати як всі технології відразу, так і лише деякі, ефект від яких буде найбільш значним для даного підприємства.

В основі всієї системи точного землеробства лежить використання точних карт полів з усіма їхніми характеристиками. Зрозуміло, для кожного поля і так існують кадастрові карти, що визначають його межі на місцевості. Однак ці карти практично не дають ніякої корисної інформації в рамках виробничого процесу агропідприємства.

Крім кордонів ділянок потрібні точні дані про хімічний склад ґрунту, рівні її вологості (в тому числі глибині підземних вод), кількості одержуваної сонячної радіації, куту нахилу відносно горизонту, переважаючих вітрах, наявності по близькості значущих природних та інших об'єктів (лісів, водойм, промислових підприємств, житлових будинків, доріг і т.п.). Чим більше факторів враховано і що докладніше карта, тим точніше можна використовувати супутникові та комп'ютерні технології точного землеробства, тим адекватніше і оперативніше можна коригувати виробничий процес.



Складання карт здійснюється різними методиками. Це і взяття проб ґрунту з подальшим проведенням лабораторних аналізів, і отримання інформації з супутників, і загальний науковий аналіз кожної ділянки. Зрозуміло, карти складаються не на папері, а в електронному вигляді за допомогою спеціальних комп'ютерних програм, які інтегрують їх з іншим обладнанням.

На основі електронних карт створюються точні інструкції по кількості добрив, насіння, води, які потрібно внести на кожну ділянку поля. Ці інструкції завантажуються в комп'ютеризовану сільгосптехніку, що виходить в поле. Далі машина обробляє поле з мінімальною участю людини, який просто контролює правильність виконання цих інструкцій.

### Список використаних джерел

1. Айзенберг Я.Є. Методологія , інформатика та інженерне забезпечення точного землеробства в Україні / Я.Є. Айзенберг. – Вісник аграрної науки. – 2002. – №1. – С.22-28
2. Володін С. А. Інноваційний провайдинг на наукоємному аграрному ринку: теоретико-методологічні аспекти / С. А. Володін // Економіка АПК. – 2006. – № 8. – С. 9

УДК 331.101.1(075)

## ЕРГОНОМІКА АВТОМОБІЛЬНОГО КРІСЛА

**Ю. І. КОЛЕСНИК** аспірант

**І. В. ШЕВЧЕНКО** к.т.н., доцент

*Державний біотехнологічний університет*

**Ю. Ю. КОЗЛОВ** інженер I категорії

*Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*

*E-mail: julianakolesnik26@gmail.com*

В даний час майже кожен житель мегаполісу проводить велику кількість часу за кермом, наприклад, щоб добиратися з дому на роботу і назад. Дорогою, доводиться то концентрувати увагу на дорогу та маневри інших учасників, то смиренно стояти в багатокілометровій пробі та намагатися відволіктися від думки, що ти безнадійно спізнюєшся. Ергономічне крісло призначене для того, щоб полегшити водієві багатогодинне стомлююче перебування за кермом, шляхом зняття навантаження з опорно-рухового апарату, виключаючи можливість виникнення різних захворювань хребта.

Дуже важливо приділяти велику увагу посадці водія, адже саме він керує транспортним засобом та відповідає не лише за своє життя, а й за життя пасажирів та оточуючих. Майже весь час користування автомобілем водій проводить у кріслі. Для того, щоб створити всі необхідні умови для керування, потрібно враховувати антропометричні параметри водія, його вік та інші особливості. Саме тому сучасне автомобільне крісло має регулювання висоти, довжини та кутів нахилу. Всі регулювання повинні бути інтуїтивно зрозумілими і легкими у використанні, щоб водій легко міг налаштувати крісло під свої антропометричні дані. У сучасних автомобілях крісло водія можна регулювати за допомогою електроприводів, що значно спрощує користування налаштуваннями. Деякі моделі також оснащуються пам'яттю налаштувань крісла, що дуже зручно, якщо машиною керує кілька людей.

Для більшої зручності крісла водія та переднього пасажира можуть оснащуватися різними підголовниками та підлокітниками. Вони також повинні мати налаштування по кутах нахилу, довжині та висоті. Це дозволить знайти комфортне становище тіла та створить необхідний комфорт для мандрівників. Підголовник ж крісла водія передбачений тільки на випадок аварійних ситуацій, водій ризикує заснути, якщо не підтримуватиме рівновагу голови. Регулювання спинки крісла для поперекового відділу також сприяє правильній посадці.

Під час руху автомобіля крісло має зменшувати вплив дорожнього полотна на пасажирів. Якщо висота автомобіля дозволяє, можна використовувати пружні крісла (так влаштовані крісла вантажних автомобілів). У легкових авто використовуються спеціальні матеріали, а також різні пружинні механізми, що зменшують зворотний зв'язок із дорожнім покриттям.



Обшивка автомобільного крісла може бути виготовлена з різних матеріалів. Для забезпечення високого рівня комфорту, матеріал не повинен дозволяти водієві та пасажиру зісковзувати з крісла і водночас має бути приємним на дотик. Використання шкіри без систем підігріву та вентиляції лише створить дискомфорт користувачеві. У зимову пору року крісла будуть холодними, а влітку надто гарячими.

Щоб використовувати всі можливості крісла, необхідно вміти налаштовувати його. Крісло водія не повинно розташовуватись надто далеко або надто близько до кермового колеса, педалів та інших органів управління. Зап'ясті повинні діставати до верхньої точки керма. При натисканні на педаль нога повинна бути злегка зігнута, а не випрямлена повністю. Водій повинен мати доступ до всіх органів керування, не відриваючи спини від спинки крісла.

УДК 631.37 – 076

## ОЦІНКА ГАЛЬМІВНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАКТОРІВ

**І. В. КОЛЕСНИК** к.т.н., доцент

**А. І. МОТУЗІЮК** здобувач

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Ю. Ю. КОЗЛОВ** інженер I категорії

*Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*

*E-mail: ivankolesnik89@gmail.com*

Методологія базується на методі парціальних прискорень, що передбачає розкладання сумарного сповільнення при гальмуванні в ряд парціальних сповільнень, які є результатом дії однієї з зовнішніх сил.

Дослідженню методів та розробці засобів діагностування гальмівних систем присвячено багато робіт, в яких увага приділяється розробці стендів для визначення ефективності гальмівних систем [1], а також дослідженню процесу створення гальмівного зусилля і поведінки мобільної сільськогосподарської машини в процесі гальмування [2].

Показниками ефективності роботи гальмівних систем на сьогоднішній день є питома гальмівна сила (при стендовому методі випробувань) і гальмівний шлях або стале уповільнення (при дорожньому методі досліджень) [3].

Показник питомої гальмівної сили не є достатньо інформативним. Крім того, випробування на стенді в недостатній мірі імітують реальні умови руху, випробування передньої і задньої осей проводяться окремо, що збільшує час проведення випробувань, а також самі випробувальні стенди дуже дорогі.

На наш погляд, потрібно приділяти увагу розвитку дорожнього методу випробувань мобільних машин в напрямку підвищення відтворюваності і повторюваності випробувань, а також розвитку методів, які дозволять без

додаткових розбірно-складальних робіт робити висновок про стан елементів і вузлів гальмівних систем (експрес-методи діагностування).

Розглянемо динаміку гальмування тракторного поїзда при гальмуванні коліс трактора і причепа (рис. 1).

Рівняння динаміки гальмування тракторного поїзда записується в вигляді

$$m_T \dot{V} = P_{T1} + P_{T2} + P_{T3} + P_{T4} = \sum_{n=1}^n P_n = P_T,$$

де  $q$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ;

$G_T, G_{np}$  – вага трактора, причепа;

$P_{T1}, P_{T2}, P_{T3}, P_{T4}$  – сумарні гальмівні сили на осях;

$n$  – кількість осей тракторного поїзда;

$P_T$  – загальна гальмівна сила тракторного поїзда.

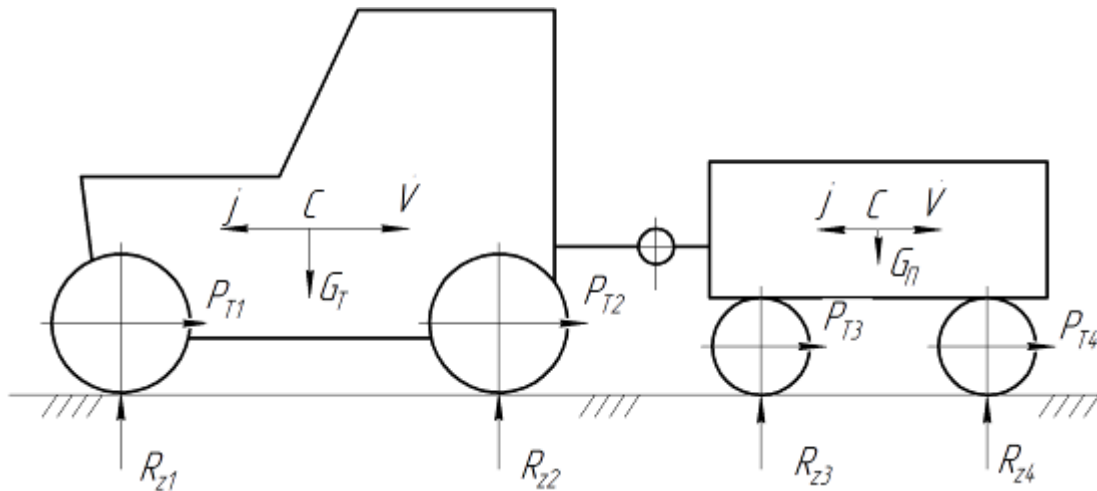


Рисунок 1 – Схема сил, що діють на тракторний поїзд при гальмуванні

Під час гальмування тракторного поїзду зі всіма працездатними елементами гальмівної системи реалізується парціальне прискорення сповільнення

$$j = \frac{|P_T| \beta_1}{m_T} + \frac{|P_T| \beta_2}{m_T} + \dots + \frac{|P_T| \beta_i}{m_T} + \dots + \frac{|P_T| \beta_n}{m_T},$$

де  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_i, \dots, \beta_n$  – доля гальмівної сили, що приходить на відповідну гальмівну вісь.

При відмові гальм однієї з осей (або декілька осей) сповільнення тракторного поїзда буде відрізнятися від номінального на величину

$$\Delta j = j_{ном} - \frac{|P_T|}{m_T} \sum_{k=1}^L \beta_k = j_{ном} - \sum_{k=1}^L j_k^n,$$

де  $L$  – кількість відмовних елементів (осей з відмовними гальмами).

Таким чином, представляється можливим за величини визначити вісь або декілька осей, на яких відмовили гальмівні механізми. В цьому випадку критерієм є різниця між номінальним сповільненням (тобто сповільнення при гальмуванні нового справного трактора) і поточним значенням сповільнення.

Було проаналізовано критерії і норми ефективності гальмування тракторів в різних країнах. Аналіз показав, що в країнах Європейського союзу в якості критерію використовується параметр – усталене сповільнення. Найбільш жорсткі вимоги до цього параметру пред'являються стандартами Чеської республіки.

### **Список використаних джерел**

1. Засоби транспортні сільськогосподарські та лісгосподарські. Визначення гальмівних характеристик (ISO 5697:1982, IDT) : ДСТУ ISO 5697:2005. — [Чинний від 2008-01-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2007. — IV, 19 с. — (Національний стандарт України).
2. Холодов М. П. Совершенствование методов расчета динамики тракторов и тракторных поездов : дис. канд. техн. наук : 05.22.02 / Михаил Павлович Холодов. — Х., 2015. — 153 с.
3. Назаров И. А. Обеспечение безопасности движения двухосных транспортных средств при выполнении экстренных торможений в эксплуатационных условиях / Назаров И. А., Назаров В. И., Назаров А. И. // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. Сборник научных трудов по материалам ежегодных конференций. — ФГБОУ ВО «ВЛГТА им. Г. Ф. Морозова». — 2015. — Том 2 Выпуск 2 (3). — С. 218-222.

**УДК 331.101.52**

## **ЕРГОНОМІЧНІ ПРИНЦИПИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

**Ю. І. КОЛЕСНИК** асистент

**Є. І. КАЛІНІН** д.т.н., професор

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Ю. Ю. КОЗЛОВ** інженер I категорії

*Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*

*E-mail: julianakolesnik26@gmail.com*

Комфортність при використанні сільськогосподарської техніки значною мірою визначається рівнем її ергономічності. При цьому конструкція машини повинна відповідати гігієнічним вимогам щодо підтримки факторів робочого середовища на рівні нормативів, однаково забезпечувати для будь-якої людини, яка взаємодіє з цим видом сільськогосподарської техніки, зручну

посадку для здійснення робочих процесів, зменшення фізичного та психологічного навантаження, а також спростити знайомство та освоєння для користувача, використовуючи можливості ергономіки [1,3].

Основна частина. Ергономіка – наукова та проектувальна дисципліна, що комплексно вивчає трудову діяльність людини в системах «людина-машина-середовище» з метою забезпечення її ефективності, комфорту та безпеки. [2]. Ця наука може запропонувати безліч рішень, які застосовуються під час проектування.

Для створення сільськогосподарської техніки, яка відповідає нормам охорони праці та анатомо-фізичним особливостям кожного працівника, пропонуються наступні нововведення:

1. Необхідно включити в конструкцію сидіння регульовані елементи: висока спинка, підголовник, профільовані м'які частини, підлокітники. Їх наявність дає можливість змінювати кути нахилу м'яких частин, висоту установки підголовника та самого сидіння щодо підлоги кабіни, забезпечуючи водієві зручну позу, що відповідає індивідуальним особливостям та характеру роботи. Сидіння може повертатися в горизонтальній площині (у деяких моделях вони можуть здійснювати навіть повний оборот і фіксуватися через кожні 10 градусів), мати нахил у вертикальній площині, що дорівнює 7 градусів, при великому крені машини (при орні і т. д.).

2. Впровадження системи великих дзеркал, кожне з яких має розміри не менше 20х30 см. При правильній установці дзеркал можна легко знаходити потрібний об'єкт та стежити за ним, тоді як звичайне стандартне дзеркало заднього виду вимагає вибору, певного положення тіла та повороту голови для сприйняття об'єкта (невелике дзеркало стає додатковим об'єктом контролю). Велике дзеркало прямокутної форми з добре помітною рамкою полегшує трактористу пошук необхідного зображення. Рекомендується розташовувати дзеркала з відривом щонайменше 35 і трохи більше 90 див від очей водія. При впровадженні таких дзеркал тракторист отримує можливість працювати в порівняно стійкій позі, краще контролювати технологічний процес та менше навантаження на шию та хребет [3].

3. Використання в різній сільськогосподарській техніці інтелектуальних систем допомоги механізатору, які допомагають ефективному та комфортному використанню сучасного комбайна. Дані системи підказуватимуть механізатору, які кнопки відповідають за якусь операцію. Принцип роботи подібний до голосового помічника в мобільному телефоні і будуватиметься на використанні бездротової мережі.

4. Застосування супутникової та оптичної системи автоматичного кермового керування, які допоможуть механізатору точно слідувати по кромці насаджень.

5. Установка кругового склоочисника, тому що механізатор часто працює при випаданні атмосферних опадів.

6. Усунення внутрішнього шуму. Цей показник негативно впливає на організм і працездатність людини. Під його дією збільшується прихований

період рухової реакції, знижується зорове сприйняття, порушуються координація рухів та функції вестибулярного апарату, відбувається невчасна втома. Відбувається погіршення як безпеку руху та продуктивності праці. Інтенсивність шуму можна зменшити за рахунок: - герметизації кабіни; установкою шумопоглинаючих матеріалів під капот двигуна; звукоізоляцією металевих поверхонь; щільних прокладок на внутрішній поверхні крил (для глушення дорожнього шуму); усунення вібрації панелей та деталей кабін [4, 5] та впровадженням інноваційної моделі глушника шуму поршневих двигунів внутрішнього згоряння з покращеними гідравлічними та акустичними характеристиками.

7. Дооснащення кабіни скляним люком у даху кабіни, що забезпечує найкращий огляд робочої зони та гарантує точне, а також безпечне виконання вантажних робіт.

8. Спостерігається стійка тенденція комплектування сучасних автомобілів відеокамерами в кількості від 3 до 5 штук, які програмно об'єднуються в одну екосистему, що дозволяє проглядати невидимі ділянки дороги для ока водія, так звані «сліпі зони». Необхідно впровадити її в сучасний комбайн, тому що він вже обладнаний головним пристроєм з наявністю кольорового дисплея. Вона допоможе уникнути проблем із проїздом місць з обмеженою оглядовістю.

9. Використання звукових сигналізуючих систем. Звукові сигналізатори використовуються для передачі водію найпростішої інформації та як попереджувальні сигнали. В особливо небезпечних випадках має бути передбачене дублювання аварії.

Наведені вище заходи при проектуванні сільськогосподарської техніки із застосуванням ергономічних принципів допоможуть забезпечити для працівника найбільш комфортну, безпечну та ефективну роботу.

### **Список використаних джерел**

1. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2011. – 392 с

2. Ергономічні чинники ризику розвитку функціональних порушень у механізаторів сільського господарства. - [Електронний ресурс.] — Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/ergonomicheskie-factory-riska-v-razviti-i-funktsionalnyh-narusheni-umehanizatorov-selskogo-hozyaystva>.

3. Вайнштейн, Л.А. Эргономика: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 / Л.А. Вайнштейн. — Минск: БГУИР, 2018. — 208 с.

4. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник. — М., Логос, 2001. — 356 с.

5. Ергономіка та основи дизайну сільськогосподарських машин [Електронний ресурс.] — Режим доступу: <https://elib.gstu.by/handle/220612/391>



УДК: 629.331

## ВПЛИВ ЯКОСТІ ПАЛИВА НА РОБОТОЗДАТНІСТЬ ДВИГУНА JOHN DEERE

Д. С. ЛЕМІШКО *асистент*

С. Ю. КОСТЮК *асистент*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: lemishko.dasha@nubip.edu.ua*

Трактористи та комбайнери іноді стикаються з такою проблемою, що двигун може затихнути прямо посеред поля. Особливо прикро, коли це трапляється в самий розпал весняних посівних або осінніх збиральних робіт, коли дорога кожна година. Сам двигун глухне через те, що йому різко не вистачає тяги. Причиною цього здебільшого є паливо поганої якості.

John Deere почав оснащувати свою сільськогосподарську техніку двигунами, які найкраще працюють в окремому регіоні. Національні дилери компанії постачають у такі країни саме такі трактори John Deere та комбайни, які оптимально працюють на дизельному паливі регіону.

Що ж станеться, якщо звичайне вітчизняне паливо залити в двигун за нормами TIER 4? Різні сполуки сірки, яких тут в рази більше, ніж у західному, паливі, відразу засмічують фільтр сажі. А заміна його коштуватиме дорого — близько 2500 євро, і без нього машина працювати не захоче. Справа в тому, що за законодавством ЄС двигун повинен бути сконструйований так, що після демонтажу фільтра або іншого вузла він буде здатний лише на мінімальну потужність – щоб вистачило доїхати до найближчого сервісного центру.

Але це ще не все: псуються і турбокомпресор, і клапан рециркуляції вихлопних газів разом з паливними інжекторами. Заміна цих компонентів теж обійдеться в копійчину: лише за один інжектор доведеться покласти близько 1200 євро.

Двигун розрахований тільки на дизельне паливо, що відповідає суворим євронормам з дуже низьким вмістом сірки (менше 15 ppm). І це паливо треба буде ще десь купувати та зберігати у себе – додаткові витрати. До того ж доведеться також проводити контроль продукції постачальників за допомогою еталонних зразків, що також сильно вдарить по кишені.

На допомогу тут може прийти офіційний дилер John Deere, у сервісному центрі якого є спеціальний ремкомплект для переоснащення двигуна. Цей ремкомплект постачається виключно до країн СНД з метою переобладнання двигунів TIER3 чи TIER4 до норми TIER2. Така операція окупиться з лишком, оскільки після неї не потрібно буде додатково постачати дорогий євро-дизель, менше коштів піде на ремонт техніки, менше ризику простою.

### Список використаних джерел

1. Двадненко В.Я., Дзюбенко О.А. Патент на корисну модель України. Спосіб частотного управління асинхронним тяговим електродвигуном. ХНАДУ.–N 202107659; заявл. 28.12.2021; опубл. 22.06.2022.
2. Karpenko, V., Kaps'kyu, D., Rudenko, N., Neskreba, E. (2021). Determining the starting time of car movement to stabilize the internal pressure and the temperature in the tires. *Automobile Transport*, 48, 38–44.
3. Smyrnov, O. P., Borysenko, A. O., Marchenko, A.V. (2019). Diagnostyka vysokovoltної akumulatornoї batarei elektromobilia Nissan Leaf [Diagnostics of the high-voltage battery of the Nissan Leaf electric car]. *Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnolohii*, 16, 19-25

УДК: 631.372

### СТАНДАРТ TIER 4A НА ПРИКЛАДІ КОМПАНІЇ NEW HOLLAND

Д. С. ЛЕМІШКО *асистент*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: lemishko.dasha@nubip.edu.ua*

Щоб покращити життя фермерів та їхніх сімей, за останнє десятиліття компанія New Holland знизилася рівень викидів у 100 разів. На практиці це означає, що ви можете керувати машиною, що відповідає стандарту Tier 4A, більше 100 днів і виробляти таку ж кількість викидів, що й машина стандарту Tier 1 всього за один день.

Компанія New Holland була лідером з впровадження технології для зниження викидів за стандартом Tier 4B і першим виробником, який розробив чіткий план з відповідності стандарту Tier 4B 95%.

Зменшення витрат на паливо. Вища вихідна потужність.

Всі продукти стандарту Tier 4A системою каталітичної нейтралізації SCR роблять вам більше за меншої кількості витрат. У всій модельній лінійці тракторів стандарту Tier 4A середня економія палива на 10% означає, що ви можете скоротити витрати на оплату палива, і, звичайно ж, зменшити вуглецевий слід, при цьому збільшуючи продуктивність і подальші прибутки.

Щоб забезпечити оптимальні умови горіння, двигуни із системою каталітичної нейтралізації SCR, які використовуються на виробках високої потужності, дихають чистим свіжим повітрям, а не гарячим, брудним рециркуляційним смогом. В результаті, на тракторі T7.270 максимальна потужність збільшилася до 7%, а момент, що крутить, - до 13%. Ви продовжуєте рухатися при пробуксуванні завдяки значно покращеним каналам управління потужністю двигуна. Додаючи перехідний відгук у рівняння, яке

означає, що, перебуваючи під навантаженням, ваш трактор реагує навіть швидше, ви забезпечуєте відмінну продуктивність.

Техніка стандарту Tier 4A користується всіма перевагами технології Common Rail, а саме прецизійною заправкою паливом та посиленням відгуком. У поєднанні з передовою технологією рециркуляції охолоджених газів, що забезпечує вас найбільш ефективним і простим у використанні пакетом, ви зменшите рівень всіх шкідливих викидів, зберігши такі ж компактні розміри, що і раніше.

Маючи понад 350 000 двигунів із системою каталітичної нейтралізації SCR, вироблених на сьогоднішній день, їх лідируюча в індустрії система SCR ретельно розроблялася та випробовувалась у сільськогосподарській, будівельній та транспортній галузях. Результат: оптимізована продуктивність та максимальна надійність.

### **Список використаних джерел**

1. Гелетука Г. Г. Біогаз зі звалищ. Перспективи використання в Україні / Гелетука Г. Г., Копейкін К. О. // Зелена енергетика. – 2002. – №1. – С. 13–16. – ISSN 1684-2294.
2. Наш енергетичний потенціал // Альтернативні джерела енергії. – 2009. – № 2. – С. 1–6. 8. Про затвердження Комплексної програми поводження з твердими побутовими відходами у Полтавській області на 2017-2021 роки: рішення Полтавської обласної ради від 14.07.2017 р. № 497
3. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20.02.2003 р. № 555IV. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2003, № 24, ст.155.

**УДК 631.37 – 076**

## **РОЗРОБКА ЕКСПРЕС-МЕТОДУ ОЦІНКИ ЯКОСТІ АГРЕГАТИВ І ВУЗЛІВ ГАЛЬМІВНИХ ПРИСТРОЇВ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

**І. В. КОЛЕСНИК** к.т.н., доцент

**А. І. МОТУЗІЮК** здобувач

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Ю. Ю. КОЗЛОВ** інженер I категорії

*Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*

*E-mail: ivankolesnik89@gmail.com*

Метод парціальних прискорень [1] заснований на прямому вимірюванні лінійних прискорень, що виникають при русі ТЗ і подальшій обробці результатів цих вимірювань. Виходячи з цього, при проведенні експериментальних досліджень стояло завдання вибору випробувального обладнання та розроблення

методики проведення випробувань. Найбільш прийнятним, за умов забезпечення мінімальної трудоемкості і забезпечення необхідної точності вимірювань, є вимірювальний комплекс [2] після деякої модернізації його програмного забезпечення.

Експериментальні дослідження проводилися на тракторі тягового класу 4 ХТЗ-243К з шарнірно-зчленованою рамою, що пройшов приймальні та сертифікаційні випробування.

Трактори «ХТЗ» (рис. 1) виробляються ПАТ «Харківський тракторний завод» (м. Харків) і призначені для роботи з навісними, напівнавісними і причіпними гідрофікованими машинами і знаряддями при виконанні сільськогосподарських, землерийних, дорожньо-будівельних робіт і для виконання транспортних робіт з причепами і напівпричепами на магістральних дорогах і в умовах бездоріжжя [[http:// http://xtz.ua](http://xtz.ua)]. Трактор ХТЗ-243К має колодкові гальма на усіх колесах з пневматичним приводом.



Рисунок 1 – Загальний вид трактора на якому проводились випробування

Акселерометри вимірювального комплексу встановлювались на задній напіврамі. Кріплення здійснювалось з допомогою струбцини. Обчислювальний блок розміщується у кабіні разом з оператором і випробувачем.

Згідно з розробленою методикою проводилися дорожні випробування. Гальмування здійснювались з різних швидкостей руху, а також при імітації несправності пневмоприводу (зменшувався тиск, що створюється компресором) і використанні гальмівних накладок з різним ступенем зносу. В пам'ять обчислювального блоку записувалися гальмівні діаграми.

Визначалися показники: темп наростання уповільнення, фізичний зміст якого – тангенс кута нахилу лінії в координатах «уповільнення-час» при наростанні тиску в приводі гальмової системи від нуля до максимального, кут відхилення поздовжньої вісі ТЗ в кінці гальмування, бортова нерівномірність

гальмівних сил і альтернативний критерій – абсолютне значення відхилення мобільної машини при гальмуванні від прямолінійності.

У загальному випадку, експрес-метод діагностування полягає в наступному:

- встановити випробувальне устаткування на мобільну машину і ввімкнути його;
- розігнати мобільну машину до встановленої швидкості;
- здійснити екстрене гальмування;
- зафіксувати результат;
- за результатами констатувати поточний стан і дати рекомендації для подальшого діагностування.

Отримані гальмівні діаграми (рис. 2) розділяються на ділянки: наростання уповільнення, стає уповільнення, зниження уповільнення. Кожна ділянка апроксимується відповідною кривою.

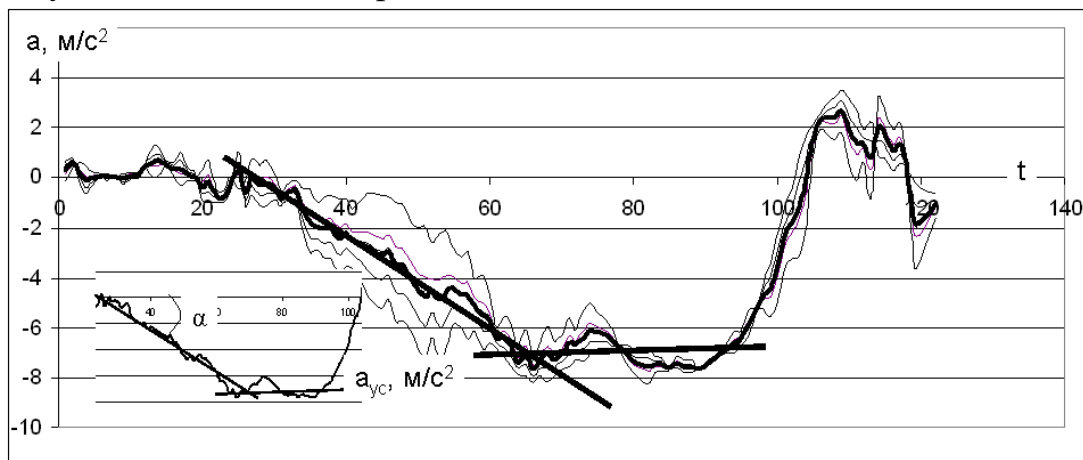


Рисунок 2 – Гальмівні діаграми

$\alpha$  – темп наростання уповільнення;  $a_{yc}$  – усталене середнє уповільнення

Отримані, в результаті декількох заїздів в умовах повторюваності, гальмівні діаграми усереднюються. Таким чином, ми отримуємо близьку до ідеальної, для даної випробовуваної машини, «шліфовану гальмівну діаграму». Проводячи велику кількість випробувань на мобільній сільськогосподарській машині однієї моделі, ми отримаємо нормативні гальмівні діаграми з відповідними допусками на встановлені її показники (темп наростання уповільнення, усталене уповільнення), які можна закладати в технічну характеристику даної моделі мобільної сільськогосподарської машини.

### Список використаних джерел

1. Метод парциальных ускорений и его приложение в динамике мобильных машин / [Н.П. Артемов, А.Т. Лебедев, М.А. Подригало, А.С. Полянский и др.]. – Х.: «Міськдрук», 2012. – 220 с.
2. Пат. RU 2380247 с1, МПК В60Т 17/22, G01L 5/28, G01M 17/007. Способ диагностики тормозов автотранспортного средства / Осипов А. Г. (RU); заявитель Осипов Артур Геннадиевич (RU). – № 2008124918/11; заявл. 18.06.2008; опубл. 27.01.2010, Бюл. № 3.



УДК: 620.9: 662.762.2

## ДВИГУНИ JOHN DEERE З ТЕХНОЛОГІЄЮ TIER 2

**Д. С. ЛЕМІШКО** асистент

**С. Ю. КОСТЮК** асистент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: lemishko.dasha@nubip.edu.ua*

Не рідко в розпал польових робіт трапляється так, що трактору різко не вистачає тяги - двигун барахліт. Або раптом комбайн зупинився посеред поля, бо мотор заглох. Виною в цьому — дизель низької якості. Але не треба думати, що таке буває тільки в Україні. Подібне можна зустріти і в інших Азії, Африці та Близькому Сході.

Коли було встановлено причину частоті зупинки двигунів – погане дизпаливо, у багатьох країнах посилили норми щодо якості палива. У свою чергу це призвело до конструктивних змін у моторобудуванні, що торкнулося виробництва техніки John Deere. Розуміючи це, компанія John Deere спеціально розробляє двигуни для кожного окремого ринку, і дилери John Deere у різних куточках Землі знають, як їх правильно обслужити та відремонтувати.

Українське законодавство не вимагає дотримання норм TIER 4, і тому двигуни John Deere, які офіційно реалізуються на вітчизняному ринку, відповідають нормам по TIER 2 (трактори 7030, 8R, 9R, збиральні комбайни, обприскувачі 4730, 4940) або 0 , 6D, обприскувачі 4630, 4830, самохідні косарки).

У всіх двигунах є спеціальний фільтр-сепаратор, що видаляє воду, що знаходиться в паливі, яка є справжньою отрутою для системи впорскування палива. Але для двигунів TIER 4 не тільки вода є проблемою, а й високий вміст сірки. А її, на жаль, не відфільтрувати: у вітчизняному паливі сполук сірки у сотні разів більше, ніж, наприклад, у дизелі країн ЄС.

Техніка John Deere, що реалізується на українському ринку, оснащується турбокомпресором із фіксованою геометрією. У той же час на двигунах TIER 4 для ефективної роботи та дотримання строгих норм по вихлопах використовується турбокомпресор зі змінною геометрією. Саме цей механізм регулювання геометрії і схильний до виходу з ладу внаслідок використання палива з високим вмістом сірки. Так що такий турбокомпресор користі не принесе і не зможе забезпечити додаткової потужності.

Іншими елементами технології TIER 4 є система рециркуляції відпрацьованих газів, дизельний фільтр сажі, каталізатор окислення дизельного палива, системи упорскування сечовини. Така складна технологія використовується для зниження шкідливого впливу роботи машин на навколишнє середовище, і при цьому вона дуже чутлива до дизельного палива низької якості.

Двигун, що відповідає нормам TIER2, у порівнянні з високотехнологічними двигунами споживає менше дизельного палива і таким чином може бути повністю оптимізований під нижчі норми споживання палива.

### **Список використаних джерел**

1. Диха О.В. Організація автомобільних перевезень: Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності 274 "Автомобільний транспорт" / О.В. Диха, С.Ф. Посонський. - Хмельницький: ХНУ, 2019. - 44 с.
2. Поленин В.И., Можаяев А.С., Гладкова И.А. Общий логико-вероятностный метод моделирования сложных систем: монография. -Германия: РАР, 2015. – 688 с.

**УДК: 629.331**

## **ЕЛЕКТРОТЯГИ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРАХ**

**Д. С. ЛЕМІШКО** *асистент*

**С. Ю. КОСТЮК** *асистент*

***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

*E-mail: lemishko.dasha@nubip.edu.ua*

У 21 столітті виробники техніки знову повернулися до електротяги в сільськогосподарських тракторах. Цьому сприяло розвиток електронних систем управління процесами в машині, розробки у створенні енергоємних акумуляторних батарей для портативних електронних пристроїв масового виробництва, екологічні вимоги до силових установок, що посилюються.

Зразки таких тракторів періодично з'являються на виставках сільськогосподарської техніки та викликають підвищений інтерес у відвідувачів.

Серед причин переходу на електричний силовий привід тракторів можна назвати такі:

- забезпечення екологічних вимог до силових агрегатів на тривалу перспективу; – активний розвиток електричного автомобільного транспорту та доведені переваги його використання;
- поява на ринку накопичувачів електроенергії з високими питомими показниками за доступними цінами;
- доступні ціни на електричні вузли та електронні системи;
- інтенсивний розвиток електростанцій на відновлюваних ресурсах, які забезпечують широке покриття територій та можуть бути використані для енергозабезпечення сільськогосподарської техніки;
- широке впровадження електронних систем в управління та оптимізацію процесів, діагностику та захист систем;

- поява електродвигунів з високими питомими енергетичними характеристиками та ККД, здатними працювати в широкому діапазоні частот обертання;

- отримання техніки з новими технічними характеристиками.

Трактор «Multi Tool Trac» голландської компанії «Boessenkool» виконаний за гібридною схемою силової установки, в якій дизельний двигун наводить електричний генератор, що забезпечує електроенергією силові електродвигуни провідних мостів. Трактор "Multi Tool Trac" має чотири електродвигуни загальною потужністю 170 кВт. Використання гібридної силової установки трактора дозволяє мати автономність роботи протягом робочої зміни без додаткової заправки.

Робота дизельного двигуна в режимі, близькому до оптимального, дозволяє забезпечити меншу витрату палива при виконанні робіт до 30%. Фірми JohnDeere, Fendt, Sepp Knüsel та ХТЗ розробили трактори з живленням від акумуляторних батарей. Час роботи тракторів в автономному режимі становить від 3 до 5 годин. Трактори мають безступінчасту електричну трансмісію, що дає змогу оптимізувати режим роботи електродвигунів як за продуктивністю роботи трактора, так і економії витрати електроенергії акумуляторів. Максимально можлива електрична потужність акумуляторних батарей перевищує номінальну потужність силових електродвигунів у 1,5-3 рази.

Незважаючи на екологічну чистоту електричних тракторів, залишається невирішеним питання екологічно чистого та ресурсозберігаючого процесу отримання електроенергії. Основна частка в отриманні електроенергії залишається за тепловими електростанціями, які потребують у 2-3 рази більшої витрати викопних енергоресурсів для отримання такої ж роботи електричних тракторів у порівнянні з дизельними тракторами. Ця проблема може бути вирішена при переважній більшості електростанцій на відновлюваній енергетиці або появі недорогих паливних елементів.

Підсумовуючи короткого розгляду розвитку тракторів сільськогосподарського призначення, можна сказати, що в найближчому часі виробники підуть шляхом створення тракторів з ДВЗ, що мають потужність, що перевищує не менш ніж у 2 рази необхідну для тягових завдань у базовій комплектації.

Трактори будуть із безступінчастою трансмісією, що дозволяє оптимізувати режим роботи трактора та двигуна. Ці завдання вже зараз вирішуються електронною системою управління, яка погоджена з робітником знаряддям та з навігаційним обладнанням, здатна використовувати технології точного землеробства та брати участь у системі «Інтелектуальне сільське господарство».

Затребуваними залишаються як трактори з колісним, так і гусеничним двигуном. Зміна гусеничного рушія для сільськогосподарських тракторів піде у напрямку створення гумоармованої гусениці або її аналога з метою зниження вартості та підвищення ресурсу

У міру розвитку розгалуженої мережі електростанцій із відновлюваних енергоресурсів (сонячні, вітряні, гідравлічні, теплові тощо) будуть затребувані електричні трактори. На перехідному етапі розвитку створюватимуться трактори з гібридними енергетичними установками, що мають переваги по керованості процесами в машині та знаряддя, здатністю забезпечувати електроенергією сільськогосподарські знаряддя як для їх робочих процесів, так і з метою забезпечення їх активного приводу до створення тягового зусилля.

Незважаючи на розроблення нових технологічних процесів виробництва продуктів харчування для населення планети, землеробство ще довго залишиться основним процесом виробництва продовольства, та машини для обробітку ґрунту будуть затребувані. Основну частку серед них становитимуть ті, які забезпечать найбільшу продуктивність робіт та продуктивність виробництва продовольства без завдання шкоди навколишньому середовищу, забезпечуючи високу економічну ефективність.

### **Список використаних джерел**

1. Мигаль В. Д., Лебедев А. Т., Шуляк М. Л., Калинин Е. И. Критерии выбора грузовых автомобилей и повышение эффективности технической эксплуатации автомобилей. Вісник ХНТУСГ, Вип. 198 «Механізація сільськогосподарського виробництва». 2019. С. 334-343.
2. Войтов В.А. Техніко-експлуатаційні та екологічні показники дизельних двигунів при застосування біодизеля /В.А. Войтов, М.Г. Сандомирський, М.В. Карнаух, М.С. Даценко// Тракторна енергетика в рослинництві. – Х.: ХНТУСГ, 2009. – С. 111 – 120.
3. Блезнюк О.В. Дослідження питання оцінки системи технічного обслуговування машин на підприємстві / О.В. Блезнюк, В.В. Троценко // IV Всеукраїнська науково-практична конференція «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь», ЖАК, 2018. – С. 167 – 170.
4. Шуляк М. Л. Інженерія природокористування, 2014, №1(1), с. 17-24.

**УДК: 629.1.01**

## **СТАНДАРТ TIER 4A НА ПРИКЛАДІ КОМПАНІЇ NEW HOLLAND**

**Д. С. ЛЕМІШКО** асистент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: lemishko.dasha@nubip.edu.ua

Створення ефективно працюючих систем CR і виконання вимог ІМО, TIER та ін., що постійно посилюються, стає неможливим без глибоких теоретичних опрацювань фізичних явищ, пов'язаних з організацією

високоекономічного та екологічно безпечного робочого процесу дизельного ДВС. Програмне забезпечення електронного блоку управління двигуном передбачає використання напівемпіричних математичних моделей, виходячи з яких формується функція управління процесами. Виходячи з цього, як один з перспективних напрямків розвитку систем CR слід розглядати вдосконалення моделей управління впорскуванням і згорянням палива і, пов'язаної з цим, розробки програмного забезпечення управління процесами.

Прикладом постійного вдосконалення процесів управління може бути той факт, що перші промислові зразки системи CR першого покоління мали вельми скромні можливості електронної адаптації структурних елементів при їх заміні, що викликало багато проблем в експлуатації та ремонті.

Так, наприклад, при заміні форсунки, для обліку технологічних неточностей виготовлення, потрібно її прописування на згадку про електронний блок управління дилерським сканером. Цей істотний недолік першого покоління системи надалі був усунений, і в програмному забезпеченні CR наступних поколінь функція адаптації структурних елементів системи, що замінювалися, була розширена.

Дослідження процесу управління впорскуванням палива в циліндр і, пов'язаного з ним, закону тепловиділення в циклі є основними у побудові алгоритмів управління системою. У цьому плані цікаві роботи, проведені Mitsubishi Heavy Industries щодо формування концепції «черевського» упорскування. Звичайна система Common Rail забезпечує закон упорскування, близький до прямокутного, що призводить до великих швидкостей тепловиділення на стадії кінетичного згоряння і, як наслідок, зростання емісії NOx. Відмінності між типовим і «черевичним» уприскуванням полягає у оптимізації тривалості останнього з метою забезпечення «м'якого» згоряння, тобто. повільного підвищення тиску та температури в циклі із збереженням загальної динаміки тепловиділення. Для цього запропонована система передбачає роздільне завдання рівнів високого та низького тиску палива (180 та 60 МПа відповідно).

Таким чином, перша фаза паливоподачі проводиться при низькому рівні тиску палива (запальна порція), а друга - основна - при високому тиску. В результаті при «черевному» уприскуванні скорочується швидкість наростання та рівень температури в циклі, що забезпечує зниження емісії NOx приблизно на 20% без втрати економічності двигуна. Важливе значення для досягнення високих вимог стандарту Tier 3 (з 2016 р.) та, у перспективі, Tier 4 має подальше збільшення тиску паливоподачі, що розвиваються в акумуляторах системи CR.

### **Список використаних джерел**

1. Наш енергетичний потенціал // Альтернативні джерела енергії. – 2009. – № 2. – С. 1–6.8. Про затвердження Комплексної програми поводження з твердими побутовими відходами у Полтавській області на 2017-2021 роки: рішення Полтавської обласної ради від 14.07.2017 р. № 497



УДК: 620.9: 662.762.2

## СИСТЕМА COMMON RAIL

**Д. С. ЛЕМІШКО** асистент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: lemishko.dasha@nubip.edu.ua

Сучасний поршневий двигун внутрішнього згоряння (ДВС) неможливо уявити без електронно-керованих систем подачі палива, зміни фаз газорозподілу, наддуву, скорочення викидів шкідливих речовин з газами, що відпрацювали в навколишнє середовище, утилізації і т.д. Таким чином, під програмне керування електронікою передано найважливіші процеси, що протікають у ДВЗ на всіх експлуатаційних режимах.

У системі CR тиск палива в акумуляторі (паливній рампі) створюється незалежно від частоти обертання колінчастого валу двигуна і кількості палива, що впорскується, і може бути заданий у всьому робочому діапазоні відповідно до вимог управління робочим процесом. Тиск у системі постійно створюється ТНВД, звільненому від розподільчої функції та працюючим при низьких значеннях крутного моменту на приводному валу. Регулювання значень тиску здійснюється окремим імпульсним клапаном регулювання тиску, що під контролем електронного блоку управління. У системах першого покоління тиск у рампі не перевищував 135 МПа, а вдосконалена система упорскування другого покоління, прийнята до масового виробництва з 2001 р., розвивала тиск до 160 МПа.

Подальший розвиток системи CR відбувається одночасно у кількох напрямках. Найбільша увага розробників приділяється удосконаленню конструкції системи. При цьому такі напрямки, як: – теоретичні розробки в галузі управління робочими процесами двигуна із системою CR; - Створення програмного та апаратного забезпечення; – використання нових зносостійких матеріалів у конструкції, також є важливими для досягнення високих експлуатаційних характеристик двигунів, оснащених акумуляторною електронно-керованою системою CR.

Можна припустити, що подальші зусилля щодо поліпшення параметрів стабільності та довговічності конструкції відкриють перспективи більш масового використання п'єзоелектричних форсунок.

Важливим етапом на шляху подальшого вдосконалення акумуляторних систем палива-подачі є проведення комплексних теоретичних та експериментальних досліджень процесів упорскування (у тому числі, під надвисоким тиском - понад 250 МПа) палива і тепловиділення в камері згоряння дизельного двигуна, спрямованих на побудову точних моделей управління внутрішньоциліндровими процесами, здатних забезпечити досягнення вимог стандартів Tier 3 і, в перспективі - Tier 4.

### Список використаних джерел

1. Фатеев, С. О. Термоелектричний перетворювач вторинної енергії / С. О. Фатеев, Є. М. Кісельов// Елементи, прилади та системи електронної техніки (ЕПСЕТ-18). Elements, devices and systems of electronic technique (EDSET-2018). Матеріали першої міжнародної науково-практичної конференції. / Запорізька державна інженерна академія. – Запоріжжя: ЗДІА, 2018 – С. 109 – 110.
2. Пекур П.П. Режимні обмеження на параметри роботи вітроелектричних установок під навантаженням: навч.посіб. / П.П. Пекур. – К.: Технічна електродинаміка, 2013. – 175с.
3. Сільськогосподарські машини. Частина 3. Посівні машини [Текст] / [Бакум М.В., Бобрусь І.С., Морозов І.В., Нікітін С.П. та ін.]; за ред. М.В. Бакума. – Харків, 2005. – 332 с

УДК: 620.9: 662.762.2

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОНАСИЩЕНИХ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

**С. Ю. КОСТЮК** *асистент*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: stanislavkostuk5@nubip.edu.ua*

Світовий досвід розвитку мобільної енергетики показує, що одні параметри тракторів високої потужності динамічно розвиваються, інші практично не змінюються протягом тривалого часу. Практично всі тракторобудівні фірми (Claas, Case IH, Fendt, John Deere, New Holland) зарубіжних країн останніми роками приділяли значну увагу вдосконаленню своєї продукції. Найбільшу частку при цьому становлять найчисленніші трактори: універсальні колісні повнопривідні класичної компоновки 4к4а середньої (з 60 до 280к.с.), а також високої (понад 280к.с.) потужності, що становлять понад 95% в обсязі останніх моделей тракторів, здатних виконувати поряд. з просапними.

Останнім часом ці фірми вийшли на новий рівень у класі потужності тракторів 4к4а стандартної комплектації (350-390к.с.), у якому раніше мали переважне застосування трактори шарнірно-зчленованого компонування 4к4б. Удосконалення цієї компонуванняльної схеми призвело до підвищення значущості переднього провідного моста за рахунок підвищення частки маси трактора, що припадає на нього (з 25-30% до 35-45% в даний час), застосування шин передніх коліс збільшеного типорозміру для поліпшення зчеплення з ґрунтом. Трактори цієї компонуванняльної схеми забезпечують хорошу маневреність машинно-тракторного агрегату при найменших кутових і лінійних коливаннях

кістяка, мають необхідний агротехнічний і дорожній просвіт і захисні зони, необхідні при обробці просапних культур.

Що стосується тенденції зростання потужності і габаритів сільськогосподарських тракторів, що спостерігається, є різні думки у зарубіжних і вітчизняних фахівців. Одні вважають, що й потужна техніка приносить вищі доходи, вона буде купуватися господарствами. Проте кількість таких придбань незначна, і здебільшого потужні трактори виготовлятимуться на замовлення чи дуже маленькими партіями. Інші вважають, що обмежуючим фактором може стати надійність енергонасичених тракторів. Поломки (несправності) такої складної великогабаритної техніки можуть бути дорогими для ремонту та обслуговування, а для виконання робіт з високими витратами споживач вимагатиме й більшої надійності потужних машин. Вихід такої техніки з ладу в сезон польових робіт загрожує невиконанням технологічних операцій в оптимальні терміни і, отже, може призвести до недобору врожаю або його втрати. Думки багатьох фахівців щодо використання потужних тракторів зводяться до однієї проблеми – економічної, яка визначається зростанням їх вартості та витрат на обслуговування та ремонт.

Виробники тракторів далекого зарубіжжя сконцентровані на сегменті енергонасиченіших тракторів тягового класу 4,0 і вище. Серед них насамперед виділяються компанії John Deere, AGCO, CNH, Buhler Versatile. Оновлення тракторного парку відбувається насамперед завдяки придбанню більш енергонасиченої техніки, яка дає можливість створити умови для виконання необхідного обсягу сільськогосподарських робіт за мінімальних матеріальних та трудових ресурсів.

#### **Список використаних джерел**

1. В.І. Пастухов. Довідник з машиновикористання у землеробстві / За ред. В.І. Пастухова. – Харків, «Веста», 2001. – 347 с.

**УДК: 629.331**

#### **ПАЛИВНА СИСТЕМА COMMON RAIL**

**КОСТЮК С.Ю.** асистент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: stanislavkostuk5@nubip.edu.ua*

Найбільш важливим предметом регулювання, що в основному визначає всі параметри двигуна, є система паливоподачі. Традиційно закони подачі палива визначалися конструкцією паливного насоса високого тиску (ПНВТ), форсунки та профілем кулачка валу ПНВТ. Однак таке управління уприскуванням має дуже обмежені можливості. Використання швидкодіючих

електронно-керованих гідравлічно розвантажених клапанів у системі високого тиску палива дозволили, починаючи з 1990-х років, кардинально змінити ситуацію на краще.

Розділити функції створення тиску палива та виробництва упорскування палива в циліндр дозволяє акумуляторна система із загальною паливною магістраллю високого тиску – система Common Rail (CR) (рис. 1).

У системі CR тиск палива в акумуляторі (паливній рампі) створюється незалежно від частоти обертання колінчастого валу двигуна і кількості впорскуваного палива і може бути задане у всьому робочому діапазоні відповідно до вимог управління робочим процесом. Тиск у системі постійно створюється ПНВТ, звільненому від розподільчої функції та працюючим при низьких значеннях крутного моменту на приводному валу. Регулювання значень тиску проводиться окремим імпульсним клапаном регулювання тиску, що знаходиться під контролем електронного блоку управління. У системах першого покоління тиск у рампі не перевищував 135 МПа, а вдосконалена система упорскування другого покоління, прийнята до масового виробництва з 2001 р., розвивала тиск до 160 МПа.

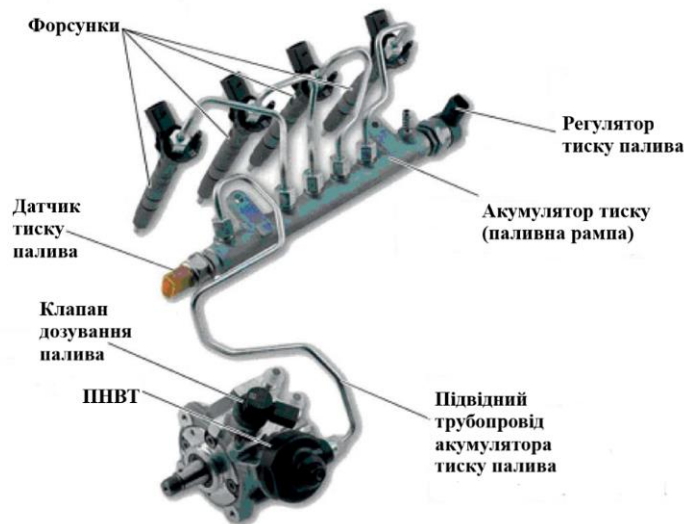


Рис. 1. Система Common Rail

Спочатку система CR була розроблена і серійно застосована для високооборотних двигунів автотранспортного призначення малої розмірності з циліндровою потужністю від 10 до 50 кВт при 1800 - 2700 об / хв. Малі циклові подачі палива (близько 0,1 г/цикл) у дизельних ДВС такого типу не висувають особливих вимог до обсягу акумулятора системи, оскільки не здатні викликати відчутних пульсацій тиску палива в рампі. Разом з тим відносно малий обсяг акумулятора дозволяє виготовляти його з доступних і недорогих матеріалів.

Перевірка та зміцнення паливної рампи проводилися під впливом вибуху зі створенням граничного тиску обсягом акумулятора до 360 МПа.

Закон подачі палива в акумуляторній системі CR формується як за рахунок тиску, що створюється в рампі, так і за рахунок сумарної тривалості багаторазового відкриття форсунки, яка, в свою чергу, ініціюється за

допомогою багаторазової активації швидкодіючого електронно-керованого гідравлічного клапана форсунки.

Це вигідно відрізняє Common Rail від існуючих традиційних схем палива. Разом з тим, система CR дуже вдало вписується в традиційну конструкцію двигуна і загальну структуру електронного управління, а постійний розвиток і вдосконалення властивостей матеріалів, технологій, мікропроцесорної техніки та програмного забезпечення дозволяє все ширше розкривати її потенціал. Такі істотні переваги електронно-керованої акумуляторної системи CR визначають її розгляд як найбільш перспективної системи паливоподачі.

Подальший розвиток системи CR відбувається одночасно у кількох напрямках.

Найбільша увага розробників приділяється удосконаленню конструкції системи. При цьому такі напрямки, як: – теоретичні розробки в галузі управління робочими процесами двигуна з системою CR; - Створення програмного та апаратного забезпечення; – використання нових зносостійких матеріалів у конструкції, також є важливими для досягнення високих експлуатаційних характеристик двигунів, оснащених акумуляторною електронно-керованою системою CR.

Незважаючи на те, що всі ці напрямки тісно взаємопов'язані один з одним, їх окремий розгляд дозволяє виявити найважливіші шляхи вдосконалення системи. Прикладами реалізації служать розробки згаданої фірми Bosch, фірм Caterpillar Motoren GmbH, HEINZMANN, Duar AG, DENSO та ін.

Особливі труднощі у створенні роботи системи CR викликає робота у важких видах палива. Для реалізації такої можливості фірмою Woodward, спеціально для середньооборотних двигунів Wartsila 16V46D-CR, була розроблена модульна система LCR (велика Common Rail) з можливістю обслуговування до 18 циліндрів. Конструкція LCR передбачає можливість циркуляції палива в трубопроводах після зупинки двигуна, а паливні форсунки використовують в електрогідравлічній системі не паливо, а сервомасло.

Привід паливного насоса високого тиску системи здійснюється від індивідуальних кулачків розміщених на розподільчому валі газорозподільного механізму. На початковому радіусі кулачків приводу кожного ТНВД скомпоновані по два кулачки, що дозволяє збільшити продуктивність насоса високого тиску і завдяки спеціальному профілю максимально знизити навантаження на розподільчий вал механізму газорозподілу. Акумулятори LCR живлять форсунки двох сусідніх циліндрів і з'єднані загальною паливною рамою. Форсунки з електромагнітним управлінням забезпечують закон подачі, кут випередження та об'єм палива, що відповідають режиму роботи двигуна (за частотою обертання колінчастого валу та крутним моментом).

Таким чином, досягається оптимізація процесу згоряння з метою отримання максимальної паливної економічності за одночасної мінімізації шкідливих викидів з відпрацьованими газами. Схожі конструкції модульних систем набувають розвитку і в інших виробників.



Серед всього різноманіття конструкцій паливоподаючих систем дизельних двигунів, акумуляторна електронно-керована, самоналаштовувана система CR може розглядатися як найбільш перспективна, здатна забезпечити як високу паливну економічність, так і жорсткі вимоги екологічних стандартів.

#### **Список використаних джерел**

1. Гусев И.В., Чубаров Ф.Л. Применение управляемого прокола грунта при бестраншейной прокладке труб / Потенциал современной науки № 2, 2014.– С. 30-33.
2. Гелетуха Г. Г. Біогаз зі звалищ. Перспективи використання в Україні / Гелетуха Г. Г., Копейкін К. О. // Зелена енергетика. – 2002. – №1. – С. 13–16. – ISSN 1684-2294.

**УДК 631.171**

### **СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МАНЕВРОМ ПАРКУВАННЯ МОБІЛЬНОГО РОБОТА**

**Є. І. КАЛІНІН** д.т.н., професор

**І. В. КОЛЕСНИК** к.т.н., доцент

**Ю. І. КОЛЕСНИК** асистент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Ю. Ю. КОЗЛОВ** інженер I категорії

*Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*

*E-mail: ivankolesnik89@gmail.com*

За останні роки збільшилася кількість розробок у сфері розвитку автономного керування автомобіля, зокрема, автономного паркування.

Дана технологія скорочує кількість аварійних ситуацій на дорозі, при цьому підвищує рівень комфорту для водіїв при виборі місця для паркування та здійснення маневру паркування. Паралельна парковка вважається однією з найскладніших, оскільки потребує підвищеної уваги та деякого досвіду водіння. Таким чином, автономне паркування спрощує процес паркування [1, 5].

Як об'єкт управління використовується модель повнопривідного ралійного автомобіля, в якій встановлений безколекторний двигун постійного струму, що є приводом головного руху.

Конструктивно безколекторний двигун складається з ротора з постійними магнітами та статора з обмотками. Головною його перевагою є той факт, що з конструкції видаляється складний вузол – колектор, що вимагає постійного обслуговування. При цьому значно зменшуються втрати на комутацію, оскільки контакти колектора та щітки замінюються на електронні ключі. Такий

електродвигун має кращі показники ККД, ніж колекторні двигуни, і дозволяє здійснювати управління швидкістю обертання з ширшим діапазоном.

Однак головним недоліком безколекторних двигунів вважають складний дорогий електронний блок управління (регулятор або ESC – Electronic Speed Controller). Цей модуль забезпечує плавну зміну електричної потужності, що подається на електродвигун. Для отримання зворотного зв'язку від двигуна використовують вбудовані в нього датчики Холла, які дозволяють визначити положення ротора [2, 3].

Для подачі напруги живлення на вхід двигуна використовується бруківка управління електронними ключами (рисунок 1).

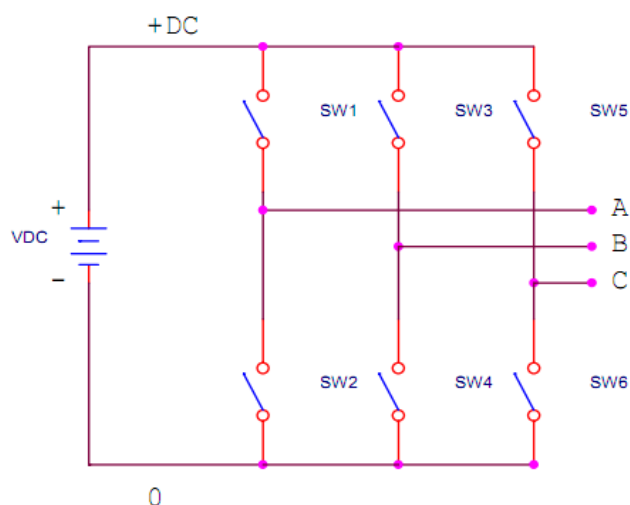


Рисунок 1. Мостова схема керування електронними ключами

Під час роботи двигуна може бути відкритий лише один верхній та одночасно один нижній ключ. При зміні стану вимикається пара ключів, потім відбувається затримка на час комутації і лише після цього вмикається інша пара ключів [3, 4].

Напруга на обмотки потрібно подавати залежно від положення ротора двигуна. На рисунку 2 представлена діаграма включення ключів, згідно з якою потрібно подавати напругу на обмотки двигуна.

На рисунку 3 представлена часова діаграма роботи датчиків Холла.

При включенні ключів на двигун подається повна напруга живлення, при цьому двигун розвиває максимальні обороти (потужність).

Щоб забезпечити керування двигуном потрібно змінювати напругу живлення двигуна. Зміна напруги, що діє, здійснюється за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ), при цьому ключі відкриті не весь час, а відкриваються, і закриваються з фіксованою частою, але змінюваною шпаруватістю. Таким чином, змінюється діюча напруга від нульового до напруги живлення.

Щоб домогтися керування оборотами двигуна, потрібно накласти сигнал ШІМ на сигнали, що подаються на ключі. У мікроконтролері, який використовується в даній роботі, є спеціальні висновки (Change Notification Pins),

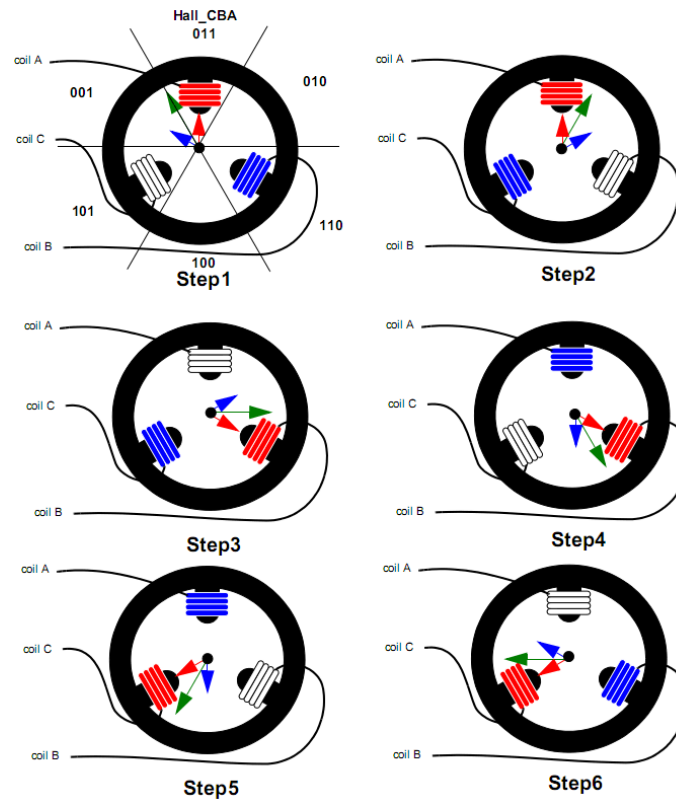


Рисунок 2. Діаграма включення ключів

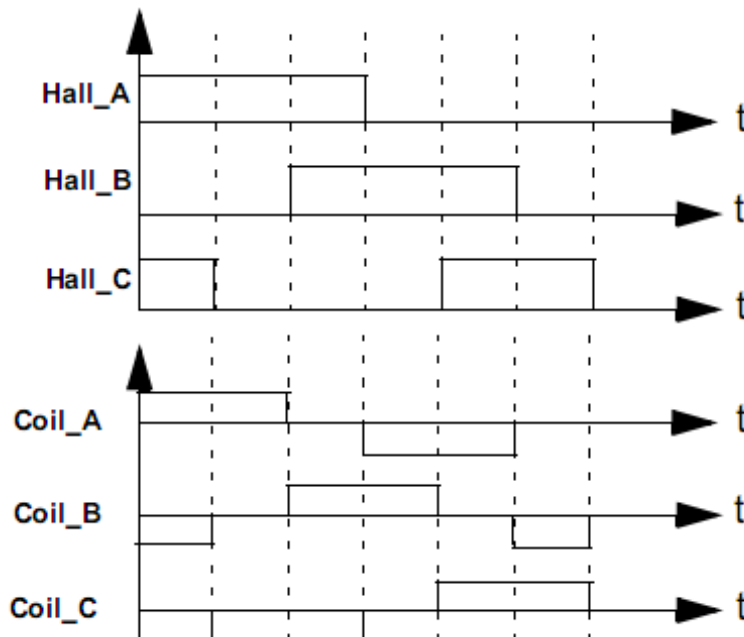


Рисунок 3. Тимчасова діаграма роботи датчиків Холла

які забезпечують можливість генерувати запит на переривання залежно від зміни стану вибраних висновків. Таким чином, підключившись до датчиків Холла за допомогою висновків даного типу та отримуючи інформацію про зміну їх стану, можна відстежити кількість обертів двигуна. Для спрацьовування одного або декількох датчиків було введено таблицю кодування (таблиця 1).

**Таблиця 1 – Таблиця кодування станів датчика Холла**

| Порядкові номери датчиків Холла | Кодування датчика (двійкове представлення) | Кодування датчика (десятькове представлення) |
|---------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Перший датчик                   | 001                                        | 1                                            |
| Другий датчик                   | 010                                        | 2                                            |
| Третій датчик                   | 100                                        | 4                                            |
| Перший та другий датчик         | 011                                        | 3                                            |
| Перший та третій датчик         | 101                                        | 5                                            |
| Другий та третій датчик         | 110                                        | 6                                            |

Ця таблиця була отримана безпосередньо з мобільного робота при його переміщенні прямою. Один оберт двигуна відповідає шести комбінаціям спрацьовування датчиків Холла. Використовуючи цю послідовність, можна здійснити розрахунок пройденої роботом відстані.

Для керування кутом повороту рульових коліс використовується сервопривод. Мікроконтролерна система управління формує керуючі сигнали із засобів модуля ШІМ. Управління швидкістю руху мобільного робота здійснюється аналогічно управлінню кутом повороту кермових коліс. Мікроконтролерна система управління передає керуючі сигнали за допомогою модуля ШІМ у вбудований регулятор швидкості.

Таким чином, обробляючи сигнали з датчиків Холла, можна отримати дані одометрії мобільного робота, а за допомогою регулювання ширини імпульсів ШІМ - здійснювати управління швидкість та траєкторним рухом прототипу.

#### **Список використаних джерел**

1. Тест-драйв: TOYOTA Prius 2 – URL - <https://stillavin.livejournal.com/224005.html>
2. BMW ConnectedDrive URL - <https://www.bmw-connecteddrive.ru/app/index.html#/portal>
3. Active Parking Assist URL - <http://www.mersuv.com/mbread-324.html>
4. Компанія Ford розробляє систему допомоги під час руху в пробках та нову технологію паркування URL - [http://www.ford.ru/AboutFord/News/Corporate/2012/Corp\\_120628](http://www.ford.ru/AboutFord/News/Corporate/2012/Corp_120628)
5. Автоматичне інтелектуальне паркування: Audi на конференції NIPS у Барселоні URL - <https://www.audi.ru/ru/web/ru/news/2016/12/automatic-intelligent-parking.html>

УДК 639.331

## ПРИНЦИПИ ДИНАМІЧНОГО ГАСІННЯ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ

**Є. І. КАЛІНІН** д.т.н., професор

**І. В. КОЛЄСНІК** к.т.н., доцент

**Ю. І. КОЛЄСНІК** асистент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Ю. Ю. КОЗЛОВ** інженер I категорії

*Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*

*E-mail: ivankolesnik89@gmail.com*

Впровадження комбінованих енергетичних установок, прагнення до підвищення продуктивності машин та швидкості транспортних засобів, форсування їх за потужностями, навантаженнями та іншими робочими характеристиками неминуче призводять до зміни динамічної навантаженості колісної машини.

У свою чергу, методи віброзахисту дуже різноманітні. Вибір заходів для зниження віброактивності значною мірою визначається характером джерела вібрації. У тих випадках, коли неможливо вплинути на джерело вібрацій, застосовуються різноманітні технічні засоби, що знижують передачу вібрації і усувають її шкідливий вплив на досліджуваний об'єкт.

Таким чином, серед заходів щодо зниження віброактивності можна виділити такі основні методи [1]:

зниження віброактивності джерела - зменшення рівнів механічних впливів, що порушуються джерелом;

внутрішній віброзахист об'єкта – зміна конструкції об'єкта, при якому задані механічні дії викликатимуть менш інтенсивні коливання об'єкта або окремих його частин;

віброізоляція – установка між об'єктом та джерелом додаткової системи, що захищає об'єкт від механічних впливів, що збуджуються джерелом;

динамічне гасіння коливань – приєднання до об'єкта додаткової механічної системи, що змінює його коливань.

активне гасіння коливань - використання додаткового джерела вібрації, що генерує коливання тієї ж амплітуди, але протилежної фази.

Коливання, що збуджуються джерелом, поділяються на дві групи. До першої відносять різні фізико-хімічні процеси, що відбуваються в джерелі: процеси горіння в реактивних двигунах і двигунах внутрішнього згорання [2, 3], електромагнітні явища в двигунах та генераторах, різноманітні технологічні процеси (наприклад, процес різання металів [4] на металорізальних верстатах і т.п.). Зниження віброактивності факторів цієї групи пов'язане зі зміною параметрів фізико-хімічних процесів і може бути досягнуто специфічними способами для кожного окремого випадку [5].



Друга група обурювальних факторів пов'язана з тілами, що рухаються. Рух тіл усередині джерела (обертання кривошипно-шатунних механізмів ДВЗ, обертання роторів ЕД, переміщення ланок механізмів) супроводжується виникненням динамічних реакцій зв'язків, що з'єднують джерело з об'єктом. У цьому випадку, зниження віброактивності джерела полягає в зменшенні динамічних реакцій за допомогою так званого врівноваження тіл, що рухаються.

Існує два способи зниження механічних коливань, загальних всім механічним систем. Перший спосіб полягає у усуненні резонансних явищ. Якщо об'єкт має лінійні властивості, то завдання зводиться до зміни його частот. Для нелінійних об'єктів мають виконуватися умови відсутності резонансних явищ, розглянутих у [6]. Другий спосіб полягає у збільшенні дисипації механічної енергії в об'єкті. Вивчення можливості застосування даного способу, дослідження демпфуючих властивостей елементів конструкції виробів повідомлено роботи [7, 8].

Дія віброізоляції зводиться до послаблення зв'язків між джерелом та об'єктом, при цьому зменшуються динамічні дії, що передаються об'єкту. Ослаблення зв'язків зазвичай супроводжується виникненням небажаних явищ: збільшенням статичних зсувів об'єкта щодо джерела, збільшенням амплітуд відносних коливань, збільшенням габаритів системи. Віброізоляція у ряді випадків є ефективним методом врівноваження [9]. Найпростіший приклад віброізоляції може полягати у встановленні віброактивного обладнання на пружних елементах.

У зв'язку з збільшеними вимогами споживачів до комфортабельності їзди багато фірм стали широко застосовувати на автомобілях, що випускаються, гасники коливань нового класу - гідроопори [10, 11], яка являє собою поєднання однієї або декількох несучих пружин, виконаних з гуми і як мінімум з двох камер між якими по спеціально виконаному каналу перетікає демпфуюча рідина.

Динамічне гасіння коливань. Динамічний гаситель, що приєднується до об'єкта, формує додаткові динамічні дії, що прикладаються до об'єкта в точках приєднання гасника. Динамічне гасіння здійснюється при такому виборі параметрів гасника, при якому ці додаткові дії частково врівноважують динамічні дії, що збуджуються джерелом. У найпростішому випадку, динамічний гаситель коливань являє собою масу, яка приєднується до об'єкта, що захищається за допомогою пружного елемента і коливається в протифазі з збуджуючої силою так, що дія останньої на основну масу повністю компенсується реакцією пружного зв'язку додаткової маси.

Слід зазначити, що це наведені вище основні методи зниження віброактивності машин знайшли своє широке застосування під час проектування транспортних систем різного призначення, зокрема колісних і гусеничних машин. Зокрема, розроблені та використовуються різні методи врівноваження газових та інерційних сил у ДВЗ (зниження віброактивності джерела), використовуються різні демпфуючі пристрої, у тому числі й керовані в підвісках автомобілів,

тракторів та ін. транспортних систем (зміна конструкції об'єкта), віброізоляція кузовів та кабін транспортних засобів. У трансмісіях автомобілів найбільшого поширення набули динамічні гасителі коливань, про що свідчать роботи багатьох відомих авторів [12, 13]. Нижче наводяться основні принципи динамічного гасіння коливань.

Як відомо, метод динамічного гасіння коливань полягає у приєднанні до об'єкта віброзахисту додаткових пристроїв з метою зміни його вібраційного стану [14]. Робота динамічних гасників заснована на формуванні силових впливів, що передаються на об'єкт.

Зміна вібраційного стану об'єкта при приєднанні динамічного гасника може здійснюватися шляхом перерозподілу коливальної енергії від об'єкта до гасителя, так і в напрямку збільшення розсіювання енергії коливань.

Перше реалізується зміною налаштування системи об'єкт-гасник по відношенню до частот діючих вібраційних збурень шляхом коригування пружно-інерційних властивостей системи. У цьому випадку пристрої, що приєднуються до об'єкта, називають інерційними динамічними гасниками або антивібраторами. Інерційні гасники застосовуються для придушення моногармонічних та вузькосмугових випадкових коливань.

При дії вібраційних навантажень широкого частотного діапазону краще виявляється другий спосіб, заснований на підвищенні дисипативних властивостей системи шляхом приєднання до об'єкта додаткових спеціально демпфованих елементів. Динамічні гасники дисипативного типу отримали назву демпфери чи віброгасники.

Можливі і комбіновані способи динамічного гасіння, що використовують одночасно корекцію пружно-інерційних та дисипативних властивостей системи. Застосовувані у разі гасителі називають динамічними гасителями з тертям.

Активне гасіння коливань. Динамічні гасники можуть бути конструктивно реалізовані на основі пасивних елементів (інерційних мас, пружин, демпферів) та активних, які мають власні джерела енергії.

В останньому випадку йдеться про застосування систем автоматичного регулювання зі зворотним зв'язком, які використовують електричні, гідравлічні та пневматичні керовані елементи. [2, 3] пропонується класифікація керованих віброзахисних систем (ВЗС), згідно з якою, активні віброзахисні системи (АВС) є однією з трьох груп УВС. Дві інші групи - це НД зі змінними параметрами та НД зі змінною структурою. В АВС виконавчі елементи впливають безпосередньо на об'єкт, що захищається. У системах віброзахисту із змінними параметрами виконавчі пристрої впливають на пасивні елементи (масу, пружину, демпфер). У віброзахисних системах із змінною структурою передбачається можливість зміни порядку включення різних ланок. Розрізняють АВС з управлінням збурення (силового або кінематичного), АВС з управлінням з відхилення (зворотний зв'язок з прискорення, швидкості, переміщення), АВС, що самоналаштовуються.

Використання активних елементів розширює можливості динамічного віброгасіння, оскільки дозволяє проводити безперервне підстроювання параметрів динамічного гасника функції діючих збурень і, отже, здійснювати гасіння в умовах мінливих вібраційних навантажень. Аналогічні результати можуть бути досягнуті за допомогою пасивних пристроїв, що мають нелінійні характеристики.

### **Список використаних джерел**

1. Фролов К.В. Вібрації у техніці. У 6-ти томах. Захист від вібрацій та ударів (Том 6) / За заг. ред. Академіка РАН К.В. Фролова; М: Машинобудування, 1995. - 456 с., іл.
2. Мангушев, В.А. Основи теорії та конструкції двигунів внутрішнього згоряння / В.А. Мангушев; М.: Воєніздат, 1973. – 422 с., іл.
3. Колчин, А.І. Розрахунок автомобільних та тракторних двигунів: Навч. Посібник для вузів. - 2-ге вид., перераб. та дод. - М: Вищ. Школа, 1980. – 400 с., іл.
4. Ізмайлов Д.Ю. Віртуальна вимірювальна лабораторія PowerGraph // Радіо щорічник. – 2013. – № 22. – С. 274 – 313.
5. Барський І.Б. Зчеплення транспортних та тягових машин. За ред. Геккер Ф.Р. / [І.Б. Барський, С.Г. Борисов, В.А. Галягін та ін]; - М: Машинобудування, 1989. - 344 с.: іл.
6. Коловський, М.З. Нелінійна теорія віброзахисних систем/М.З. Коловський; М.: Наука, 1966. – 318 с., іл.
7. Матвеев, В.В. Про демпфуючу здатність замкових з'єднань турбінних лопаток. У кн. Розсіювання енергії при коливаннях пружних систем. Київ: Наукова думка, 1972. с. 259-269.
8. Решетов, Д.М. Демпфування коливань у деталях верстатів. У кн. Дослідження коливань металорізальних верстатів М.: Машгіз, 1958. с. 17-24.
9. Рівін, Є.І. Деякі питання віброізоляції верстатів. Динаміка машин. За ред. І.І. Артоболевського / Є.І. Рівін; М: Наука, 1969. – с. 229-238.
10. Тольський, В.Є. Експериментальне дослідження вібрації автомобілів під час роботи двигуна внутрішнього згоряння (частина 1) / В.Є. Тольський // Праці НАМІ. – 2015. – № 263. – С. 5 – 24.
11. A. Geisberger, A. Khajepour, i F. Golnaraghi. Modelling of hydraulic mount з новим MDOF decoupler використовуючи bondgraphs. Department of Mechanical Engineering. University of Waterloo. Waterloo. Ontario. Canada X2L 3G1.
12. Молибощко Л.А. Динамічні розрахунки трансмісії транспортних машин Навчальний посібник з курсу «Конструювання та розрахунок автомобілів». Мінськ: Вид-во БПІ, 1977. – 69 с., іл.
13. Успенський І.М. Дослідження крутильних коливань та пікових навантажень у трансмісії вантажних автомобілів ГАЗ. "Автомобільна промисловість", №12, 1969.

14. Черепанов Л.А., Дослідження вібронавантаженості силового агрегату та кузова автомобіля // Міжвузівський збірник наукових праць «Віброакустику автомобіля», 1982 р.

***Секція 9 «Надійність транспортних систем  
АПК»***



УДК 629.3.027.543.

## ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ В ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАЇ

**О. М. ЗАГУРСЬКИЙ**, д.е.н., доцент,  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: zagurskiy@nubip.edu.ua

Надійність сервісу є якісною характеристикою логістики. Проте через широку різноманітність показників, а також проблеми з методами їх обрахунку, робота з метриками логістичного сервісу є дуже складною. Тому практикуючим спеціалістам у галузі обслуговування клієнтів необхідно запропонувати інструмент прийняття рішень щодо вибору необхідного переліку показників з умовами їх застосування. З цього приводу цікавим є погляд П. Джонсона, який пропонує розглядати обслуговування клієнтів як процес (рис. 1), що реалізується на чотирьох часових інтервалах, які створюють додану цінність для споживача [1].

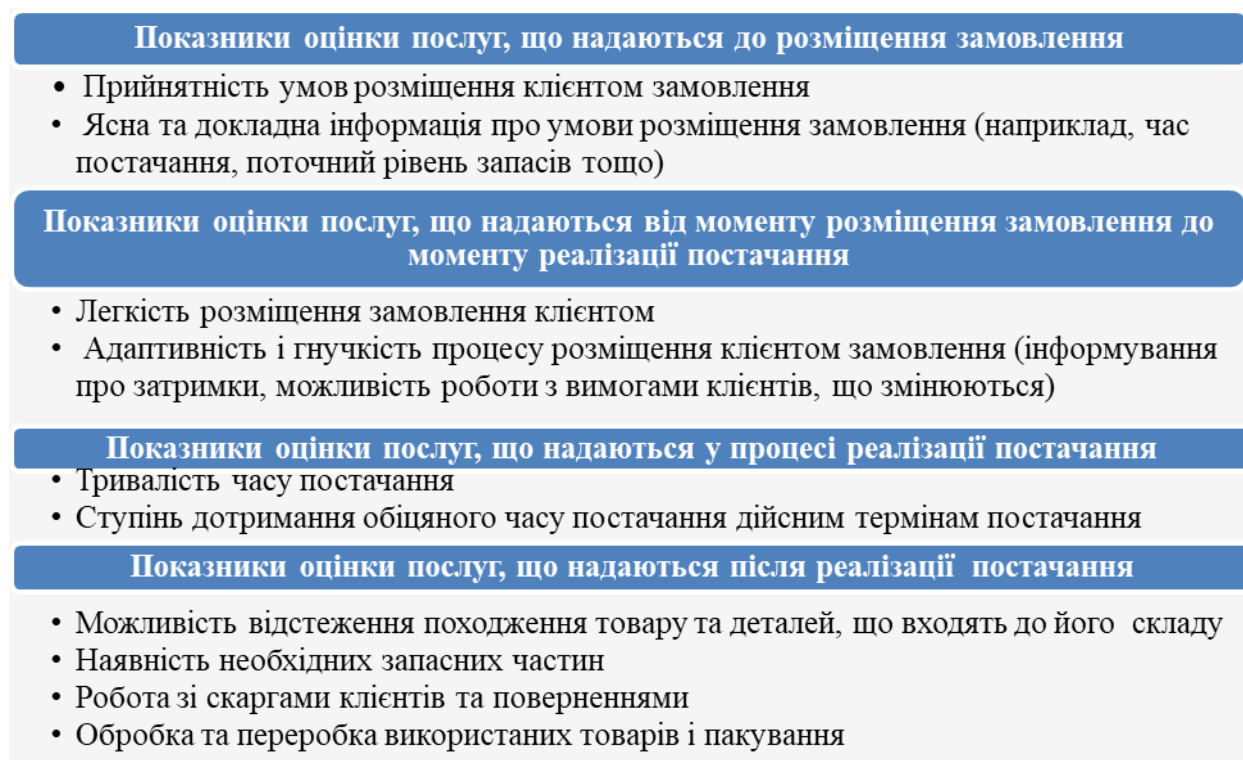


Рис. 1 Процес обслуговування споживачів у часі

Враховуючи цей підхід та аналіз праць інших науковців, нами сформовано комплекс показників, які пропонується використовувати для оцінки якості сервісного обслуговування клієнтів в ланцюгах постачання. Для спрощення сприйняття та розрахунку інтегрованого показника якості сервісного обслуговування усі показники було поділено на 10 груп. Кожна з

груп охоплює один аспект обслуговування клієнтів, який має бути так чи інакше оцінений та проаналізований компанією.

| <b>№</b> | <b>Назва групи</b>                                                    | <b>Показники оцінювання</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | Показники, що оцінюють результат обслуговування клієнтів              | результативність обслуговування клієнтів; ефективність обслуговування клієнтів; частка нових клієнтів у клієнтській базі компанії; тривалісна цінність клієнта; індекс задоволеності клієнтів                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|          | Показники, що оцінюють рівень виконання замовлень клієнтів            | кількість запитів від клієнтів; кількість відповідей на запити на одного працівника; зручність розміщення замовлення клієнтом; кількість проблем, пов'язаних із розміщенням замовлення клієнтів; кількість отриманих замовлень клієнтів в електронному вигляді; точність у заповненні замовлення клієнта постачальником; кількість оброблених замовлень; повнота виконання замовлень постачальником; точність виконання замовлення постачальником у часі; частка замовлень із помилками від загальної кількості оброблених системою замовлень; якість постачання                                                                                                                                                                                             |
|          | Показники, що оцінюють часові параметри обслуговування клієнтів       | час повного циклу замовлення; час відповіді на запити клієнтів; час складання замовлення; час розміщення замовлення; час обробки замовлення; час комплектації замовлення; час пакування замовлення; час постачання замовлення                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|          | Показники, що оцінюють гнучкість виконання замовлень                  | середній час циклу замовлення; надійність постачання; своєчасність постачання; затримки відвантаження; частота постачання; кількість послуги, що надаються в екстрених ситуаціях та/або за спеціальними запитами; кількість прискорених постачань; швидкість обробки термінових запитів; кількість відмов кожного виду післяпродажного обслуговування в обсязі продажів; здатність надати індивідуалізовані послуги; здатність надати послуги від дверей до дверей; здатність надати мультимодальні послуги; здатність надати послуги зберігання; здатність обробляти спеціалізовані вантажі; здатність обробляти транзитні вантажі; наявність транспортних засобів для постачання небезпечних вантажів; наявність програми безпеки для небезпечних вантажів |
|          | Показники, що оцінюють післяпродажне обслуговування клієнтів          | кількість послуг з післяпродажного обслуговування; можливість отримання технічної поради; швидкість відповіді на запит щодо післяпродажного обслуговування; наявність запасних частин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|          | Показники, що оцінюють роботу зі скаргами, претензіями, рекламаціями, | кількість скарг від клієнтів; кількість негативних подій у системі розподілу; обсяг повернень товарів у натуральному вираженні; обсяг повернень у грошовому вираженні; обробка відхилень у замовленні; швидкість відповіді на скарги                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|          | Показники, що оцінюють товарно-матеріальний потік (запаси) та послуги | доступність запасів/товарів; доступність рекламної продукції; наявність запасів різноманітного асортименту; надійність запасів; надійність послуг; кількість товарів, які відсутні в запасі; кількість разів виникнення дефіциту; кількість відкладених замовлень; граничні значення асортименту товарів на замовлення; обмеження за розміром замовлення; можливості консолідації замовлень; використання захисного                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|  |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                                                                  | пакування; витрати дефіциту запасу; технічні специфікації                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|  | Показники, що оцінюють інформаційне забезпечення процесу обслуговування клієнтів | наявність інформації про хід виконання замовлення; відкритість та доступність каналів обміну інформацією; достовірність інформації; якість передачі інформації клієнту; ціна на інформаційні послуги у порівнянні із середньоринковими цінами; своєчасність сповіщення клієнта про зміну умов обслуговування; надання інформації про зміну розміру партії постачання або помилки в обслуговуванні; надання інформації про затримку відвантаження та характер затримки; надання інформації про відкладені замовлення; обсяг реклами                     |
|  | Показники оцінюють фінансові умови обслуговування клієнтів                       | зручність процедури розрахунків; співвідношення кількості видів та форм оплати продукції, що надаються підприємством; відхилення часу надання варіантів та форм оплати з моменту надходження заявки та до моменту укладання договору від середньоринкового показника; плата (у відсотках) за фінансово-кредитні послуги в порівнянні з середньо ринковими; надання кредиту клієнтам; прийняття постачальником витрат за товарами, що повертаються; прийнятність формату рахунку для постачальника та клієнта; своєчасність доставки рахунків на оплату |
|  | Показники, що оцінюють соціальний аспект обслуговування клієнтів                 | репутація постачальника; наявність торгового представництва; доступність персоналу для клієнтів; якість робітників; порозуміння з клієнтом; наявність стандартів роботи працівників на складі; довгострокові договірні відносини із клієнтами; легкість взаємодії з постачальником; легкість у використанні придбаних товарів; преференції для спеціальної категорії користувачів; наявність технічних спеціалістів; пропонувані постачальником програми навчання.                                                                                     |

Такий розширений підхід до вимірювання показників логістичного сервісу ланцюга постачань дає можливість комплексно оцінити ефективність роботи з клієнтами. Адже він спрямований не лише на загальний результат обслуговування клієнтів (перша група показників), а й на ефективність виконання замовлень клієнтів, де особлива увага має бути приділена розгляду різного роду відхилень у виконанні замовлення, а також послуг, що реалізуються після продажу (друга, четверта та п'ята групи показників); не тільки часові параметри обслуговування клієнтів (третя група показників), але і їх мінливість або стійкість, тобто здатність компанії адаптуватися до потреб клієнтів, які виражаються в гнучкості виконання замовлень клієнтів (шоста група показників); це як матеріальні, інформаційні і фінансові потоки, що виникають під час обслуговування клієнтів (сьома – дев'ята група показників), так й соціальні аспекти реалізації цієї діяльності компанією (десята група показників).

### **Список використаних джерел**

1. Jonsson, P. *Logistics and Supply Chain Management* : The McGraw-Hill Companies, Inc., 2008. 491.

2. Zagurskyi O., Pokusa T., Duczmal M., Ohienko M., Zagurska S., Titova L., Rogovskii I. Ohienko A. Supply chain logistics service system: methods and models of its optimization. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2022, 192.

УДК 338.47

## ПИТАННЯ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОТРАСПОРТУ В УКРАЇНІ

**О. О. СТЕЦИК**, студентка,  
**О. М. ЗАГУРСЬКИЙ**, д.е.н., професор  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: voitenko.olha22@gmail

Транспорт є основною вимогою сучасного життя, але традиційний двигун внутрішнього згоряння швидко застаріває. Бензинові або дизельні транспортні засоби дуже забруднюють навколишнє середовище, і їх швидко замінюють повністю електричні транспортні засоби. Повністю електричні транспортні засоби мають нульовий викид вихлопної труби та набагато кращі для навколишнього середовища.

Електромобіль – це автомобіль, що приводиться до руху електродвигуном, який живиться від акумулятора, а не двигуном внутрішнього згорання. Отже, електромобіль слід відрізнити від автомобіля з двигуном внутрішнього згорання, що використовує паливо, а також від тролейбуса, оскільки тролейбус повинен бути постійно під'єднаним до контактної мережі для живлення електроенергією, а отже він може рухатися лише в межах наявної для нього інфраструктури.

Ще до 2020 року загальносвітовим орієнтиром з питань забруднення атмосфери буде Кіотський протокол, який є міжнародною угодою щодо обмеження викидів в атмосферу парникових газів. Основним завданням є знизити викиди парникових газів до рівня 1990 року. Однак у 2016 році вступила в дію Паризька угода, яка з 2020 року прийде на зміну Кіотському протоколу. Основною метою нового договору є недопущення підвищення середньої світової температури більш ніж на 2°C.

Так, на переговорах у Парижі Україна озвучила ціль із скорочення викидів на 40% до 2030 року відносно рівня викидів парникових газів 1990 року. Проте згідно з новою глобальною ціллю Паризької угоди, у разі припущення пропорційності викидів парникових газів до зміни глобальної температури, ціль мусить бути скоригована з 40% до 70% у 2050 році до 1990 року, що може відповідати сценарію утримання глобальної температури в

межах 2°C. Зокрема, за 2015 рік в Україні всього в атмосферу було викинуто 319 млн тонн CO<sub>2</sub>, у тому числі 23 млн тонн пересувними джерелами. (рис 1)

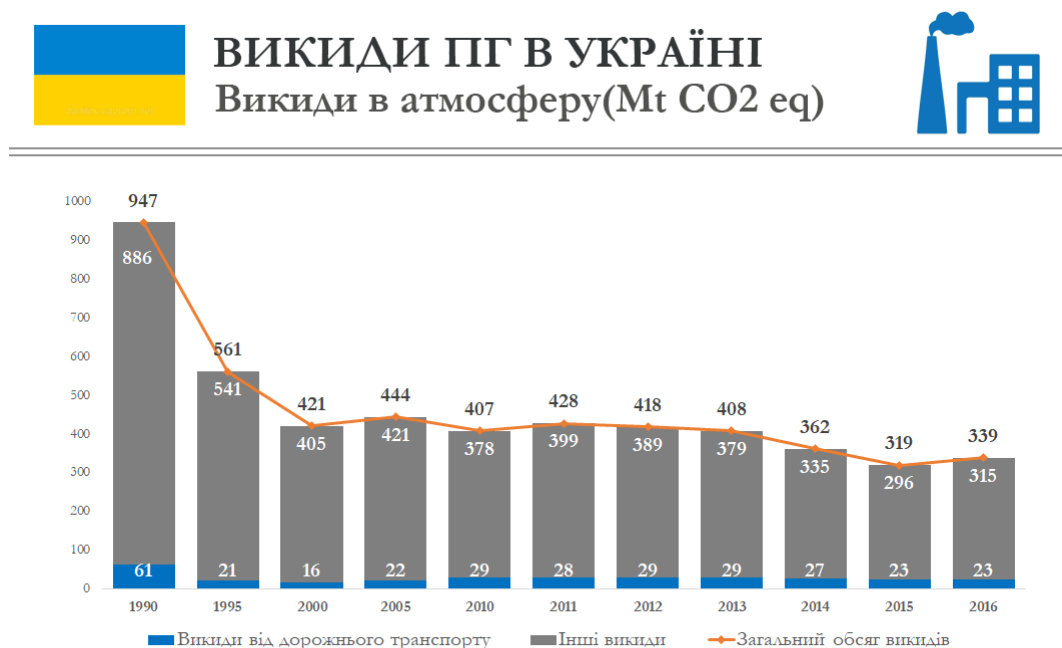


Рис. 1 Викиди ПГ в атмосферу в Україні

Отже, повністю усунувши викиди пересувними джерелами вуглекислого газу в атмосферу одразу дозволило б скоротити обсяги викидів парникових газів України на 2,65% порівняно з 1990 роком. Досягнення такого скорочення означало б повну відмову від двигунів внутрішнього згорання і перехід на використання більш екологічно чистого транспорту, такого як електромобіль.

Електромобіль має достатньо переваг перед звичайними автомобілями, серед яких слід виділити наступні:

1. Екологічно чистий вид транспорту (відсутність емісії газів та інших викидів у атмосферу);
2. Простота конструкції (всього лише одна деталь, що приводить електромобіль у рух – електродвигун);
3. Простота управління та дешева експлуатація (відсутність коробки передач та мастил до неї, відсутність двигуна внутрішнього згорання та мастил, фільтрів і ременів до нього, відсутність різного виду насосів тощо);
4. Енергоефективність (коефіцієнт корисної дії паливного двигуна – 16%, а коефіцієнт корисної дії електродвигуна – майже 85%);
5. Тиха робота (відсутність шумового забруднення);
6. Можливість зарядки як на заправці, так і від побутової електромережі (хоча зарядка таким способом може тривати до 6 годин).

До основних недоліків належать:

1. Час зарядки довший ніж час заправки;
2. Низький запас ходу у разі подорожей на великі відстані та при низьких температурах повітря;



3. Необхідність утилізації акумуляторів, які містять токсичні метали (наприклад, свинець, літій, ртуть, цинк та інші), що негативно впливають на живі організми, забруднюючи воду й повітря.

Крім того електромобіль потребує більших капіталовкладень на початку, але має низьку вартість використання. Розширення рамок застосування електромобілів дає наявний потенціал автономності використання енергії за рахунок встановлення власних відновлювальних джерел (сонячні панелі чи вітрогенератор).

Отже, в світі сучасного транспорту екологічний тренд набирає обертів. Сподіваємось, що українці підхоплять цей позитивний тренд і це створить базу для оптимістичних прогнозів у порятунку планети.

### **Список використаних джерел**

1. Дьомін О. А., Загурський О. М. Вантажні перевезення: Навчальний посібник. Київ: Видавництво «Компринт», 2020. 604.
2. Загурський О. М. Конкурентоспроможність транспортно-логістичних систем в умовах глобалізації: інституціональний аналіз : монографія. – Київ : ФОП О.В. Ямчинський, 2019. 373.

**УДК 656.052**

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ КІЛЬКОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ АТП**

**С. В. РАЗМАНОВ** студент,  
**О. М. ЗАГУРСЬКИЙ** д.е.н., професор  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
*E-mail: razmanovsergei23@gmail.com*

Вибір кількості автобусів на маршруті є важливим етапом при побудові та оптимізації роботи АТП. Проте ми маємо групу основних показників, які впливають на ймовірність настання сприятливих та несприятливих подій при оптимізації АТП, а саме: попит на перевезення в досліджуваному районі; платоспроможність населення; соціально-економічний стан в країні; пасажиропотік та пасажирообіг. Оскільки основним джерелом цих показників є соціологічні опитування, які містять похибку в дослідженнях, ми пропонуємо обрати вирішення проблеми шляхом побудови дерева рішень та застосування методу Монте-Карло тому, що за допомогою даного методу ми зможемо дослідити діапазон настання події з відхилення. Приклад застосування даного методу зображений на рисунку 1.

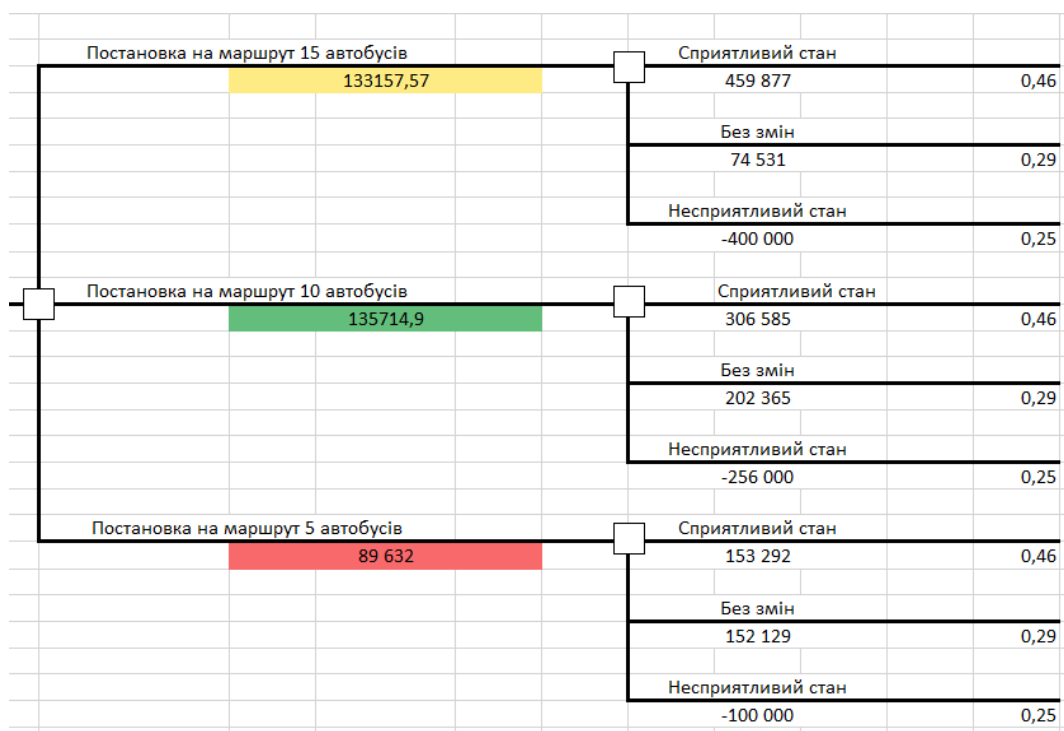


Рис. 1 Приклад застосування методу Монте-Карло при оптимізації АТП

Грунтуючись на дослідження соціологічної компанії «Gradus» ймовірності того, що економічний стан в країні у 2023 році буде сприятливим для розвитку бізнесу сприятливого складає 47%, що залишиться без змін – 28% та буде несприятливим – 25%. Оскільки ми приймаємо похибку статистичних даних рівню 5,5 %, а похибку соціологічного дослідження – 3,5%, то діапазон настання сприятливого стану визначається в межах від 43 до 51%, стану без змін – від 25 до 31% та несприятливого стану – від 23 до 27%.

Враховуючи ймовірності настання цих подій, ми із допомогою методу Монте-Карло імітували 1000 випадків при різних ймовірностях в зазначених межах та отримали результати відображені на рисунку 2.

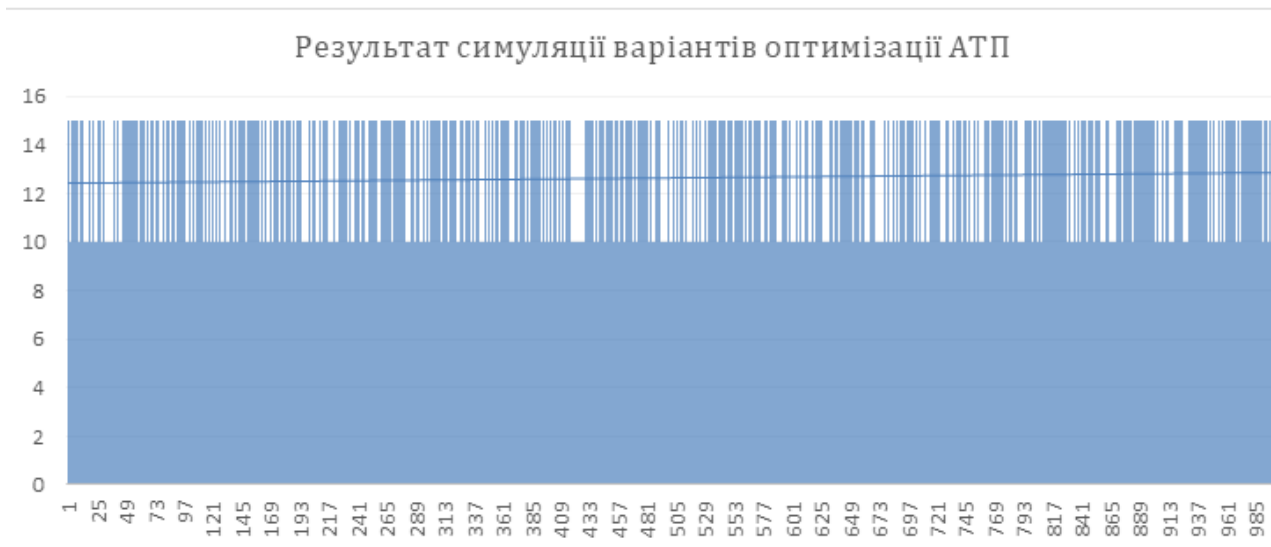


Рис. 2 Результат застосування методу Монте-Карло при оптимізації АТП

Такий підхід для оптимізації підприємства дає можливість комплексно оцінити ефективність роботи АТП з різною кількістю автотранспортних засобів за різних економічних умов. Головною перевагою методу Монте-Карло при побудові дерева рішення є те, що за допомогою комп'ютерних програм таких як Excel, ми можемо імітувати моделі АТП, змінюючи кількість рухомого складу, який ми плануємо закупити або вже маємо, економічний стан підприємства та ймовірності настання тих чи інших подій. Також не меншою перевагою є те, що ми можемо проводити нескінченну кількість експериментів, що дозволить нам проаналізувати всі варіанти подій.

#### **Список використаних джерел**

1. Загурський О.М. Конкурентоспроможність транспортно-логістичних систем в умовах глобалізації: інституціональний аналіз : монографія. – Київ : ФОП О.В. Ямчинський, 2019. 373.
2. Загурський О. М. Фінансовий аналіз: кредитно-модульний курс. навчальний посібник. Київ. Центр учбової літератури, 2013. 472.

**УДК 656:338**

### **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯМ ЛОГІСТИЧНИМИ ПОТОКАМИ**

**В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф.,

**Д. В. ГОЛУБ**, к.т.н., доц.,

**А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., старший дослідник,

**А. О. ГОЛОВАТИЙ**, асп.

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

*м. Кропивницький*

*E-mail: AulinVV@gmail.com*

Аналіз надійності функціонування транспортних систем свідчить, що її рівень визначається управлінням логістичних матеріальних і суміжних з ними потоків. Показано, що організовану сукупність елементів і підсистем, взаємодія яких відбувається в єдиному технологічному процесі і підкоряється єдиному управлінню, не можна пояснити на рівні їх стану. Це легко здійснити в розрізі динамічних резервів, поточних процесів оскільки сукупність потоків має загальносистемні властивості.

З'ясовано, що управління поточними процесами в транспортній системі створює ефект наявності як статичних, так і динамічних резервів. Показано, що найбільш ефективним типом резервів є динамічний, оскільки він не збільшує

витрати на розвиток інфраструктури та дозволяє без складних перетворень досить легко і повно моделювати транспортні процеси. Такі резерви в транспортній системі є набором ранжованих, в певній послідовності, елементарних потоків в сукупності інтегрального потоку, що беруть участь у виконанні частини технологічного процесу. Поведінка елементарних потоків відображає процес просування інтегрального логістичного потоку. На сьогодні не існує загальноприйнятих методів і методик для відображення процесів зміни стану логістичних потоків у транспортних системах, а тому доцільним є дослідження в цьому напрямку.

Досвід дослідження, розрахунку і оптимізації транспортних систем різної природи дозволяє виділити властивості, що здійснюють головний вплив на результати їх функціонування. В першу чергу це слід враховувати при виборі моделі управління функціонування транспортною системою. Звичайно, ці аспекти знаходяться і у взаємодії, але важливість відображення їх в моделі управління залежить від виду об'єкту і завдання моделювання транспортного процесу та визначає вибір моделі.

Розгляд транспортних об'єктів, як систем масового обслуговування, дозволяє добре враховувати вплив випадкових процесів на величину міжопераційних простоїв, але погано відображає внутрішню структуру і майже не відображає процес динаміки управління. Оптимізація транспортних систем зводиться, в основному, до трьох напрямів: поліпшенню внутрішньої структури, вдосконаленню технології, оптимізації управління потоками та технологічними процесами.

Неможливість формалізувати вплив якості внутрішньої структури на параметри роботи більшості транспортних систем призводить до неможливості використання моделей строгої оптимізації. Тому в роботі розроблено теоретичний підхід, що здійснює опис поточкових процесів організації і дезорганізації в транспортній системі та висвітлення важливих сторін її функціонування.

Показано, що повна величина статичних резервів потрібна тільки тоді, коли відсутнє управління взаємодією усередині логістичного потоку між елементарними потоками (струменями) та з постачальниками і споживачами. Статичні резерви уповільнюють обіг поточкових процесів і вимагають значних капітальних вкладень та знижують ефективність та надійність функціонування транспортних систем. Тому необхідно різними способами знижувати статичні резерви. Управління потоками дає можливість знизити об'єм статичних резервів без погіршення властивостей транспортної системи. Чим вище розвинене управління, тим менше вимагається статичних резервів в умовах нерівномірності поточкових процесів в транспортній системі. При цьому статичні резерви переходять в ранг динамічних. Динамічні резерви – це резерви управління в транспортних системах. Розміри їх визначаються величиною, на яку можна зменшити статичні резерви. Динамічні резерви не вимагають додаткових поточкових процесів і шляхів сполучення, а тому їх збільшення підвищує ефективність і надійність функціонування транспорту в цілому.

Надання пріоритету одному або певній сукупності елементарним логістичним потокам призводить до прискорення пропуску їх в інтегральному логістичному потоці за рахунок уповільнення іншого (інших). Затримки перекидаються з одного елементарного потоку на інший при збереженні загальної їх суми в потоці, тобто при незмінній середній швидкості просування. Прискорення пропуску струменю в потоці призводить до того, що одноразово вивільняється деяка група транспортних засобів, яка може бути використана в якості резерву. При уповільненні струменів в потоці, навпаки, поглинаються додаткові транспортні засоби за рахунок збільшення їх числа. В роботі розроблено ряд технологічних механізмів прискорення і уповільнення просування елементарних потоків.

Якщо постачальники пов'язані кожен зі своїм споживачем неоднорідними, невзаємозамінними елементарними потоками, то у загальному випадку їх просування є деякою послідовністю з технологічних операцій. В статистичному резерві спостерігається такий же час в міжопераційних простоях шляхом дотримання, а в динамічному резерві у разі пріоритету для першого елементарного потоку процес просування.

Показано, що за рахунок управління елементарним потоком в узагальненому логістичному потоці можна активно пристосовувати до змін ритмів відправників і одержувачів. Проте можливості такої адаптації обмежені. При занадто великому розузгодженні ритмів елементарних потоків може настати такий момент, коли не можна вже буде забезпечити надійний транспортний зв'язок. Транспортна система починає відігравати роль обмеження. В цьому випадку можливі два шляхи - або збільшити статичні резерви, що вимагає капіталовкладень, або зменшити міру розузгодження ритмів елементарних потоків між постачальниками і споживачами.

При керованій взаємодії виробництва і транспорту виникають динамічні резерви. Надлишок і недостатність по елементарному потоку породжується невідповідністю випуску продукції постачальником і потреби в ній у одержувача. Узгодження ритмів дозволяє скоротити необхідну величину статичних резервів. Величина скорочення визначає розмір динамічного резерву. При керованій взаємодії виробничі підрозділи погоджують свої дії не лише між собою, але і з транспортом. Традиційно транспорт мав резерви шляхів, пропускної спроможності, вільного часу та виконував роль і каналу, і бункера. Транспорт може не тільки сполучати, але і роз'єднувати відправників і одержувачів. В той час порушення ритму одного не передавалися іншому.

Збільшення потужностей виробництва в обмежених умовах підприємств призводить часто до відставання розвитку транспорту. Транспорт втрачає резерви і може виконувати тільки роль каналу. Тепер будь-яка затримка в транспортній підсистемі знижує її пропускну спроможність, а це означає і усієї виробничо-транспортної системи, оскільки вона складається із сукупності каналів просування логістичних потоків.

Зв'язок між виробничими підрозділами стає жорстким і, відхилення в ритмі у будь-якій з підсистем безпосередньо відбиваються на інших. Загальна



продуктивність системи "відправник-транспорт-одержувач" падає. Єдина можливість збільшити її – це переглянути принципи взаємодії для цих умов. Роль бункера повинні узяти на себе виробничі підрозділи.

Резерви відправника дозволяють видавати на транспорт регульований потік. Резерви у одержувача дозволяють приймати від транспорту потоки без затримки. Усе це знижує міжопераційні простої на транспорті, що обумовлює зростання його пропускної спроможності.

Показано, що динамічні резерви утворюються за рахунок динамічної зміни властивостей структури транспортної системи. При цьому спостерігається тимчасове збільшення пропускної спроможності одних каналів просування потоків за рахунок зменшення інших. Зміна пропускної спроможності здійснюється за рахунок зміни режиму функціонування транспортної мережі при переході на новий план формування елементарних потоків загальному логістичному потоці. Параметри каналів і бункерів стають ближче до оптимальних в цій ситуації. Методика визначення параметрів враховує взаємодію елементів і підсистем транспортних систем. Збільшується фактична пропускна спроможність системи в цілому як каналу, так і місткість бункеру, може бути здійснена заміна частини статичних резервів.

Таким чином, сукупність динамічних резервів дозволяє істотно підвищити надійність та ефективність функціонування транспортної системи в умовах нерівномірності просування потоків. Проте це вимагає вироблення нових підходів до принципів і методів оптимізації та до вибору ефективної організації функціонування і управління процесами.

**УДК: 164.338.3**

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЧИХ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ**

**В. М. БАРАНОВСЬКИЙ**, докт. техн. наук, професор  
*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,  
Тернопіль, Україна*  
*E-mail: baranovskyvm@ukr.net*

Сутністю логістики виробничих процесів є упорядкування руху матеріальних потоків на стадії виробництва продукції. Головним об'єктом уваги при цьому залишається оптимізація руху матеріального потоку на стадії виробництва.

Матеріальний потік на своєму шляху від первинного джерела сировини до кінцевого споживача проходить ряд виробничих ланок. Управління матеріальним потоком на цьому етапі має свою специфіку і носить назву виробничої логістики.

Завдання виробничої логістики стосуються управління матеріальними

потоками всередині підприємств, що створюють матеріальні блага або тих, хто надає такі матеріальні послуги як зберігання, фасування, розважування, укладання та інші.

Логістичні системи, що розглядаються виробничою логістикою є внутрішньовиробничими логістичними системами. До них можна віднести промислові підприємства, оптові підприємства, що мають складські споруди, вузлову вантажну станцію, вузловий морський порт та інші.

Логістична концепція організації виробництва включає у собі такі основні положення:

- відмова від надлишкових запасів; відмова від завищеного часу на виконання допоміжних та транспортно-складських операцій;
- відмова від виготовлення серій деталей, на які немає замовлень покупців;
- усунення простоїв обладнання; обов'язкове усунення браку;
- усунення нераціональних внутрішньозаводських перевезень;
- перетворення постачальників з протилежної сторони на доброзичливих партнерів.

Логістична організація дозволяє знизити собівартість в умовах конкуренції шляхом орієнтації підприємства на ринок споживача.

Управління матеріальними потоками у межах внутрішньовиробничих логістичних систем може здійснюватися різними способами, з яких виділяють два основні: штовхаючий і тягнучий, що принципово відрізняються один від одного.

Перший варіант носить назву «штовхаюча система» і є системою організації виробництва, в якій предмети праці, що надходять на виробничу ділянку, безпосередньо цією ділянкою у попередньої технологічної ланки не замовляється.

Матеріальний потік «виштовхується» одержувачу за командою, яка надходить з центральної системи керування виробництвом (рис. 1).

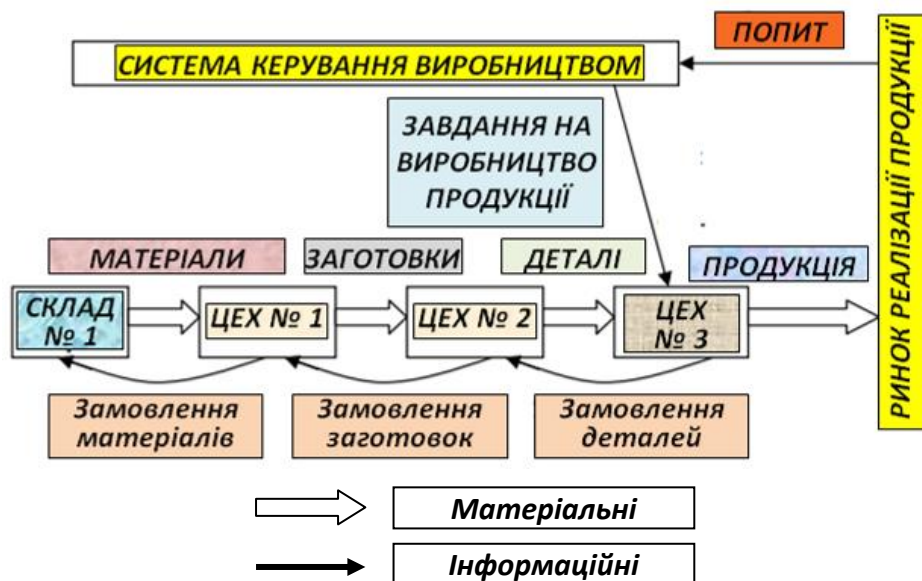


Рис. 1. Внутрішньовиробнича штовхаюча логістична система

Другий варіант організації логістичних процесів на виробництві заснований на принципово іншому способі управління матеріальним потоком. Він носить назву «тягуча система» і представляє собою систему організації виробництва, в якій деталі і напівфабрикати подаються на наступну технологічну операцію з попередньої при необхідності (рис. 2).

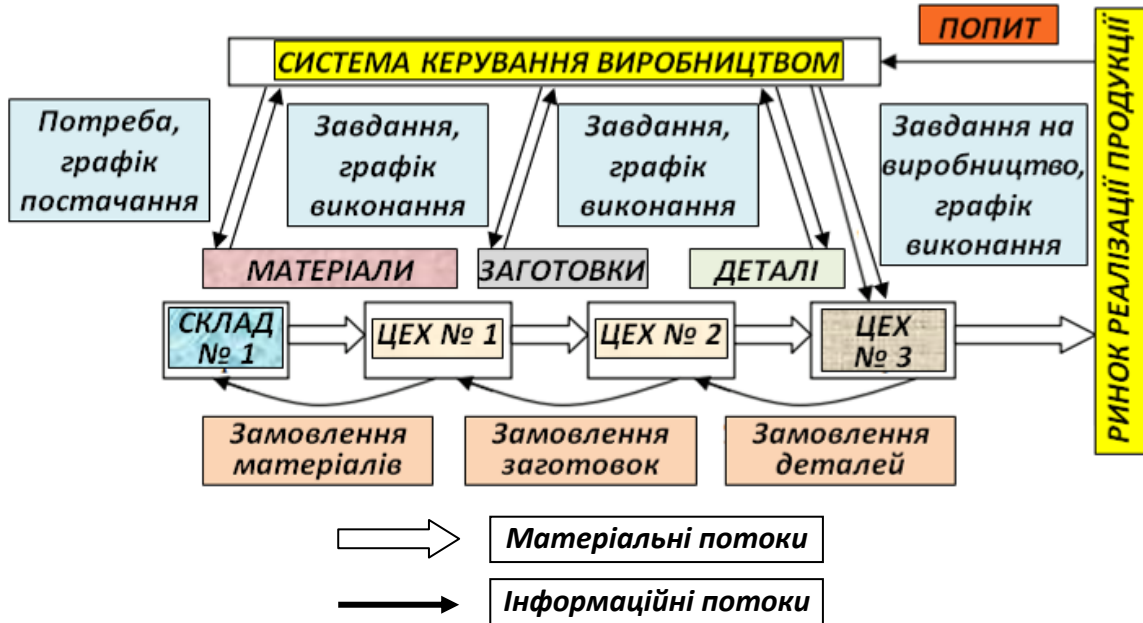


Рис. 2. Внутрішньовиробнича тягуча логістична система

У процесі розвитку науково-технічного прогресу, формування ринку покупця, зміни пріоритетів у мотиваціях споживачів та загострення всіх форм конкуренції зростає динамічність ринкового середовища.

У той же час, прагнучи зберегти переваги масового виробництва, але підкоряючись тенденції індивідуалізації, підприємці все більше переконуються в необхідності організації виробництва на кшталт гнучких виробничо-логістичних систем; у сфері обігу, послуг, управління – у вигляді гнучких переналаджуваних логістичних систем.

Організація виробництва за типом гнучких виробничих систем практично неможлива без застосування логістичних підходів в управлінні матеріальними та інформаційними потоками.

Гнучкі виробничо-логістичні системи мають ознаки автоматизованого переналадження в процесі виробництва продукції довільної номенклатури або надання послуг виробничого характеру. Вони майже повністю виключають ручну працю при вантажно-розвантажувальних та транспортно-складських роботах, здійснюють перехід до малолюдної технології. Тенденція створення гнучких виробничих (переналаджуваних) систем прогресує дуже швидко, тому широке поширення концепції логістики у сфері основного виробництва є перспективним та однозначним.

Гнучкість є здатністю виробничо-логістичної системи оперативно адаптуватися до зміни умов функціонування з мінімальними витратами і без

втрат. Гнучкість є одним із ефективних засобів забезпечення стійкості виробничого процесу.

Гнучкість обладнання відображає тривалість і вартість переходу на виготовлення чергового найменування виробів (напівфабрикатів) у межах закріпленого за гнучкою виробничо-логістичною системою асортименту. Показником прийнято вважати кількість найменувань деталей, що виготовляються у проміжках між налагодженнями.

Технологічна гнучкість – це структурна та організаційна гнучкість, яка відображає здатність виробничо-логістичної системи використовувати різні варіанти технологічного процесу для згладжування можливих відхилень від попередньо розробленого графіка виробництва.

Гнучкість обсягів виробництва проявляється у здатності виробничо-логістичної системи раціонально виготовляти деталі (напівфабрикати) в умовах динамічності розмірів партій запуску. Основним показником гнучкості обсягів виробництва є мінімальний розмір партії (матеріальних потоків), при якому функціонування даної системи залишається економічно ефективним.

Кожна виробничо-логістична система розробляється для задоволення потреб та стратегії конкретного підприємства. Вона є спеціалізованою не тільки за своїм технологічним призначенням, а й по всьому спектру виробничо-господарських завдань.

Найважливішою інтегруючою системою логістики у сфері основного виробництва є автоматизована транспортно-складська система.

По суті завдяки їй забезпечується функціонування гнучких виробничо-логістичних систем.

**УДК 656.073:63**

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ВИТРАТ ПРИ ВИКОНАННІ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ**

**С. І. БОНДАРЄВ**, к.т.н., доцент,  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: bondarev@nubip.edu.ua

З метою планування міжнародних автоперевезень та розрахунку обсягу і вартості палива за рейс, були проведені аналітичні і експериментальні дослідження з визначення витрат палива. Прийнятий теоретично-експериментальний підхід досліджень, суть якого адаптація математичного алгоритму до результатів експериментальних досліджень витрат палива.

Враховуючи обмеження ввозу палива в країни проходження маршруту, об'єму стандартного баку, технологічного мінімального об'єму палива в баку, визначали умови заправки в залежності від вартості палива по країнам. Основна

мета це виконати заправку таким чином, щоб максимально використати паливе з меншою ціною. В роботі визначені умови розподілу цін на паливо в країнах проходження маршруту. Вихідними даними прийнято: витрати палива на один кілометр пробігу, відстань по країнам проходження маршруту, об'єм баку, мінімальний технологічний запас палива в баку. Дослідженнями передбачено проведення аналітичних досліджень з розрахунку витрат коштів на міжнародних перевезеннях по території трьох і чотирьох країнах за можливими умовами розподілу ціни палива. Отримані результати були оброблені і внесені у вигляді алгоритму у комп'ютерну програму Microsoft Excel, загальний вигляд головної сторінки показано на рис. 1.

|    | A                                                                                                              | B                       | C                                                                              |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Розрахунок витрат коштів при виконанні міжнародних автомобільних перевезень на маршрутах території трьох країн |                         | Умови розподілу цін по країнах*(натисніть і перейдіть на сторінку розрахунків) |
| 2  |                                                                                                                |                         | $C_a < C_e < C_e;$                                                             |
| 3  | Базова лінійна норма витрати палива, л/100 км                                                                  |                         | $C_a > C_e > C_e;$                                                             |
| 4  | Загальний коригуючий коефіцієнт                                                                                |                         | $C_a < C_e > C_e;$ при $C_a > C_e;$                                            |
| 5  | Споряджена маса напівпричепа, тон                                                                              |                         | $C_a < C_e > C_e;$ при $C_a < C_e;$                                            |
| 6  | Маса вантажу, тон                                                                                              |                         | $C_a > C_e < C_e;$ при $C_a > C_e;$                                            |
| 7  | Мінімальний технологічний запас палива в баку, л                                                               |                         | $C_a > C_e < C_e;$ при $C_a < C_e;$                                            |
| 8  | Назва країни                                                                                                   | Відстань по країнах, км | Ціна пального по країнах, грн./л                                               |
| 9  | Україна                                                                                                        | 280                     | 19                                                                             |
| 10 | Білорусь                                                                                                       | 100                     | 16,12                                                                          |
| 11 | Росія                                                                                                          | 417                     | 14,3                                                                           |

Рис. 1. Вигляд вікна головної сторінки програми з вихідними даними з визначення витрат палива за критерієм максимальної витрати об'єму палива за мінімальною ціною

Порівняння результатів аналітичних та експериментальних досліджень показало, що адекватність математичної моделі відповідає майже 98% результатам експериментальних випробувань.



УДК 656.96

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПРОДУКЦІЇ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПАКУВАННЯ**

**С. І. БОНДАРЄВ**, к.т.н., доцент,  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: bondarev@nubip.edu.ua

Вартість транспортної складової процесу постачання, виробництва і розподілу може досягати третини ціни кінцевого продукту. Транспортні витрати в АПК України досягають понад 30% витрат на виробництво і реалізацію продукції. Одним з шляхів підвищення ефективності транспортного процесу в АПК є розширення його операцій пакетуванням.

Варто зазначити, що витрати на упаковку і пакетування вантажів складають в межах одного відсотку вартості доставки вантажів. В той же час, від якості цих операцій залежить не лише збереження продукції, але і витрати на виконання транспортного процесу. Раціональне пакетування дозволяє використовувати дешевшу тару, зменшити трудомісткість вантажних робіт, скоротити втрати продукції, особливо сипких вантажів, істотно зменшити простої рухомого складу під навантаженням і розвантаженням, підвищити продуктивність навантаження на одиницю площі складських приміщень, зберегти товарний вид продукції, що є досить важливим фактором. У АПК доцільно пакетувати продукцію рослинництва (круп, борошно, овочі, оливу тощо), продукцію тваринництва (сир, яйця, молочні продукти, мед, консерви), добрива, пиломатеріали, будівельні матеріали, мастильні матеріали, запасні частини до машин і устаткування та інші вантажі. Однією з причин, які гальмують широке впровадження у виробництво інноваційних технологій пакетування вантажів у АПК є відсутність порівняльної оцінки певних аспектів ефективності різноманітних переваг пакетування. Отже, вирішення основних аспектів цієї проблеми є актуальні.

При застосуванні пакетування продукції певні складові економічного ефекту постачальника визначають як за допомогою наступних напрямків реалізації останнього:

1. Перехід на дешевшу тару (наприклад, з дерев'яної тари на картонні ящики чи термоусадочну плівку);
2. Скорочення робочих, зайнятих на вантажних роботах;
3. Скорочення втрат продукції, а саме сипких вантажів в мішках (цемент, мінеральні добрива, цукор, борошно та ін.).
4. Скорочення потреби в складських площах в результаті підвищення продуктивності навантаження на одиницю площі при однаковій кількості продукції. Ефективність можна збільшити за рахунок висоти штабелювання пакетованих вантажів;
5. Збереження товарного виду продукції;

6. Скорочення часу простоїв транспортних засобів при виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт;

7. Скорочення часу простою транспортних засобів в очікуванні виконання вантажних робіт;

8. Розробка заходів з підвищення ціни на продукцію, яка поставляється в пакетах;

9. Реалізації пакетованої продукції за кордоном, обумовленої різницею між світовими і внутрішніми цінами:

Для широкого впровадження у виробництво технологій пакетування необхідно розробити і реалізувати низку заходів, які пов'язані з наступними витратами: на розробку проекту пакетування продукції АПК; на придбання піддонів для пакетування; на придбання термоусадочної плівки для скріплення вантажів, сформованих в одному піддоні; на придбання засобів механізації навантажувально-розвантажувальних робіт і устаткування для формування і скріплення плівки; на виконання монтажних і пускових налагоджувальних робіт; на зарплату з нарахуваннями робітникам, які виконують скріплення вантажів на піддонах плівкою;

Отже, нами обґрунтовані основні напрямки для застосування пакетування вантажів у АПК.

**УДК 656.073**

## **ПЛАНУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ РОБОТИ ЕКІПАЖІВ ВОДІЇВ НА МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ**

**С. І. БОНДАРЄВ**, к.т.н., доцент,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: bondarev@nubip.edu.ua*

Для отримання високих прибутків на транспорті, необхідні постійний моніторинг та професійні підходи до формування транспортних систем, використання вантажної техніки, робочого персоналу, тари та організаційні розробки з доставки і переміщення будь-яких матеріалів з однієї точки в іншу за оптимальним маршрутом.

Отже, вирішення вказаних задач дозволить узгодити логістику взаємопов'язаних виконавчих транспортних ланок, які задіяні у переміщенні вантажів.

В рамках виконання якісного транспортного процесу надважливою задачею є складення оптимальних графіків подачі транспорту у визначений час. Проведені дослідження присвячені обґрунтуванню адекватної математичної моделі для узгодження ефективної роботи транспортних і вантажних засобів у заданих часових межах.

Нами запропоновано основну залежність тривалості простоїв з технологічних причин для отримання математичної моделі для визначення часу при виконання міжнародного оборотного рейсу:

$$t_{об} = t_n + t_{розв.} + 2 \cdot n_{мит} \cdot t_{мит} + \frac{L_{об} \cdot (T_{зм} + (N_{пер} t_{пер} + t_{що}))}{V_m T_{зм}} \quad (8)$$

де  $n_{мит}$  – кількість митниць;  $t_{мит}$  – час для проходження митного пункту;  $t_{пер.що}$  – сумарний час простою (перерви і щоденні відпочинки водіїв;  $L_{об}$  – довжини рейсу;  $T_{зм}$  – час на виконання зміни;  $N_{пер}$  – кількість перерв протягом однієї зміни;  $t_{пер}$  – час на проведення однієї перерви водія.

За результатами проведеної роботи нами обґрунтована суть існуючої проблеми щодо узгодження роботи автотранспорту та навантажувально-розвантажувальних засобів складський комплексів при виконанні міжнародних автомобільних перевезень.

Проаналізовані ряд організаційних засад щодо режимів роботи та відпочинку екіпажів транспортних засобів у відповідності з вимогами щодо роботи і відпочинку водіїв. Запропонована математична модель для визначення часу виконання міжнародного оборотного рейсу в залежності від обмежень тривалості роботи і відпочинку водіїв за правилами Європейської угоди щодо роботи екіпажів транспортних засобів.

**УДК 658.51**

## **ПРОБЛЕМИ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ПЕРЕВІЗНИКІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ**

**С. І. БОНДАРЄВ**, к.т.н., доцент,  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: bondarev@nubip.edu.ua

Відомо, що ринок автомобільних перевезень як в Україні, так і за її межами є досить динамічним, а також на ньому жорстка конкуренція швидко відсторонює неефективних перевізників. В такому ризикованому бізнесі наявні проблеми, які перешкоджають отримувати прибутки та стабільно утримувати робочі місця своїх робітників. Боротьба за споживача примушує перевізників нехтувати правилами розміщення (скріплення) вантажів у кузовах рухомого складу та наражати себе на непередбачувані ризики, що в разі втрати або пошкодження вантажів призводять значні матеріальні витрати й довготривалі процеси в судових інстанціях.

Судова практика свідчить, що максимальну вину автоперевізник несе сам при втраті, пошкодженні чи знищенні вантажу при транспортуванні, за

виключенням форс мажорних обставин. Приблизно половину страхових випадків, викликаних не правильним розміщенням і кріпленням вантажів, виникає внаслідок непрофесійності управлінського та виконавчого персоналу і тому постає питання про пошук шляхів вирішення даної проблеми у напрямку забезпечення зменшення ризиків автомобільних перевізників та збереження вантажів. Метою роботи є обґрунтування необхідності запровадження Протоколу огляду розміщення, кріплення і режимів роботи автомобільного транспорту шляхом прийняття законодавчого акту.

Під час перевірки вантажів, навіть контролюючі органи реєструють факт фіксації та жорсткості ременів кріплення, але питання щодо кількості ременів, схем розміщення вантажів, його комплектація тощо, можуть не знати чи просто нехтувати і, в тому числі, самі вантажовласники, посилаючись на досвідченість та компетентність і відповідальність автоперевізників.

Навіть не дивлячись на той факт, що Конвенцією КДПВ передбачено положення щодо необхідності водія перевірити правильність розміщення вантажів у кузові рухомого складу, перевізники не у повній мірі приділяють цьому пильну відповідну увагу.

Однак відповідальні вантажовласників до питань розміщення вантажів відносяться дуже особливо внаслідок значних втрат від пошкодження, наслідком чого є тривалий процес відшкодування або навіть повного часткового знищення вантажів, зазвичай, не завжди покривають плановий майбутній прибуток вантажовласника за умовами його відповідальності згідно договору постачання (особливо, якщо договір спитається на умови Incoterms при мультимодальних перевезеннях). Практика використання карт щодо розміщення вантажу у кузовах рухомого складу не часто доходять до рук безпосереднього перевізника, тобто вантаження рухомого складу відбувається без попереднього погодження з самим перевізником.

Результатом викладеного матеріалу можна вважати, що перевізник невмотивований, ризикований або не має можливості вплинути на процедуру вантажних робіт і розміщення вантажів у своєму рухомому складі, щоб раптом не «відлякати» потенційного замовника і не втратити прибуток. Однак, у страхових випадках, перевізнику буде важко доказати свою невинність і, при цьому, посилається не порушення розміщення вантажів згідно Правил їх перевезень.

Отже є певна колізія, що бере свій початок із моменту підписання договору перевезення, де перевізника зобов'язано наполягти на внесенні пункту про виконання обов'язкового контролю перевізником правил вантажних операцій згідно наданій карті розміщення чи кріплення вантажу, а також до завантаження рухомого складу передати автоперевізнику необхідну карту. У такому випадку автоперевізник матиме непереборні докази своєї правоти в судових інстанціях.

Ситуаціям, які виникли, міг би допомогти відповідний протокол огляду і кріплення вантажів у кузові рухомого складу. Нажаль в Україні рішення цього питання знаходиться лише в перспективі.

Як відомо, правила міжнародних і національних перевезень затверджуються вищими органами влади та самими транспортними компаніями. Але, нажаль, не всі перевізники впроваджують внутрішні регламенти правил розміщення і кріплення вантажів в кузові транспортних засобів.

Ми акцентуємо увагу, що запровадження внутрішнього регламенту з правил перевезень вантажів не лише з дозволить покращити статистику збереженості вантажів при їх транспортуванні, але й заощадить кошти перевізника і, що саме головне, час на виконання продуктивних робіт та позитивних відгуків споживачів. Отже, під час прийняття заявки на транспортування вантажів і проведення переговорів з замовником, перевізник має донести до нього, що вантажні роботи мають виконуватись в обов'язковому порядку при безпосередній присутності водія (експедитора) і кріплення вантажів (якщо того потребує технологія перевезень і внутрішні правила) мають бути прийняті клієнтом. Таким чином, перевізник унеможливить пошкодження чи знищення вантажів з причин неправленого їх розміщення чи кріплення. І, як наслідок, позбавить себе від невинуватих і «раптових проблем» з цього приводу.

Тому, ситуація може докорінно змінитися на краще за умови, якщо Євросоюз нарешті завершить розробку та затвердить правила використання потрібного протоколу й законодавчо запровадить зміни до правил перевезення вантажів та затвердить обов'язковим елементом як внутрішніх, так і міжнародних вантажних перевезень.

Зміни в Євросоюзі щодо цього питання автоматично потягнуть і зміни в Україні й інших третіх країнах.

Щодо якісного перевезення вантажу, що має особливі умови перевезення, наприклад, швидкопсувний вантаж, можна вирішити за допомогою дотримання вимог конвенції КДПВ й національного законодавства при прийнятті вантажів до перевезень, а саме внесення додаткових положень в товарно-транспортній накладній:

- Вантаж перевантажено не з холодильника, а, наприклад, з транспортного засобу, що не відповідає умовам зберігання;
- Вантаж прийнято без пакування чи з порушеннями навантажувальних операцій;
- Контейнер прийнято до перевізника під пломбою відправника без перерахування вантажних місць тощо.

Ці свідчення зможуть надати перевізнику непереборні докази невинуватості у псуванні або пошкодженні вантажу.

Одною із складових швидкого вирішення зазначених проблем, які виникли внаслідок порушення режимів роботи транспортування, розміщення й кріплення вантажу, його втрату є розробка і запровадження Протоколу огляду розміщення, кріплення і режимів роботи автотранспорту. Запровадження і затвердження вказаного Протоколу забезпечить впевненість як перевізника, так і замовника перевезень та притягне до відповідальності страхові організації, які



будуть без ризиків працювати в межах Протоколу, а це є основною потребою цивілізованого господарювання в транспортній логістиці.

**УДК 537.533.7**

## **ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ПАСАЖИРСЬКИХ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ**

**С. І. БОНДАРЄВ**, к.т.н., доцент,  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: bondarev@nubip.edu.ua

Дослідження транспортних процесів тісно пов'язані з економічними й експлуатаційними показниками роботи автомобільного транспорту. Відомо, що неправильно виконана організація роботи автотранспорту враховуючи тип, розмірність, режими роботи рухомого складу, кількісний склад, кваліфікація та межі відповідальності персоналу разом з іншими організаційними заходами призводить до невиправданих витрат. Загалом, це призводить до зменшення привабливості бізнесу його власнику, а також зменшенню мотивації для персоналу. Тому дослідження, які пов'язані з підвищенням ефективності роботи автотранспорту за рахунок скорочення витрат є доцільним і актуальним.

Метою роботи передбачено вирішити багатокритеріальної задачі, що полягає у забезпеченні адекватного прогнозування постійних та змінних витрат при виконанні пасажирських автоперевезень на громадському автотранспорті загального користування.

Сучасний технологічний світ пропонує цілу низку рішень для оптимізації бізнесу транспортних послуг. Однак вони зазвичай є кошкові і тому неприйнятні для більшості малих і середніх транспортних організацій, які і складають більшість серед низки підприємств, що надають пасажирські автотранспортні послуги.

Стратегія побудови бізнесу передбачає виявлення та облік факторів, які сприятимуть (або категорично заважатимуть!) одержанню прибутку від бізнес-діяльності. До категорії найважливіших обставин, що безпосередньо впливають на успіх автопідприємств, належать такі як: конкурентоспроможність; витрати, пов'язані з експлуатацією транспорту; варіанти оформлення бізнесу у державних податкових органах та розмір податкових платежів тощо.

Враховуючи вимоги сьогодення щодо допуску на ринок транспортних послуг ПГЗК, вимоги замовника послуг стають більш жорсткими. З метою удосконалення пасажирських перевезень в м. Києві розпочато відкриття конкурсів на низку прибуткових маршрутів з більш жорсткими вимогами, а саме автобуси з пасажиромісткістю від 60 місць, обладнані датчиками підрахунку пасажиропотоку не менше чотирьох відеокамер відеоспостереження

з високою чіткістю зображення, екологічний стандарт від ЄВРО 5 та ін. [8]. Отже, автоперевізникам необхідно не лише відповідати зазначеним вимогам конкурсів, але й мати технічні та методичні засоби для опрацювання статистичної інформації пасажиропотоку.

Основна частина переміщень громадян пов'язана з професійно-діловою діяльністю [7]. В залежності від зайнятості населення на певних територіальних утвореннях (міста, передмістя, селища, громади тощо) частка професійно-ділової транспортної активності може відрізнятись суттєво. За результатами опитувань населення (потенційні пасажирів громадського автотранспорту [1]) професійно-ділова транспортна активність знаходиться в межах 57-77% (рис. 1)

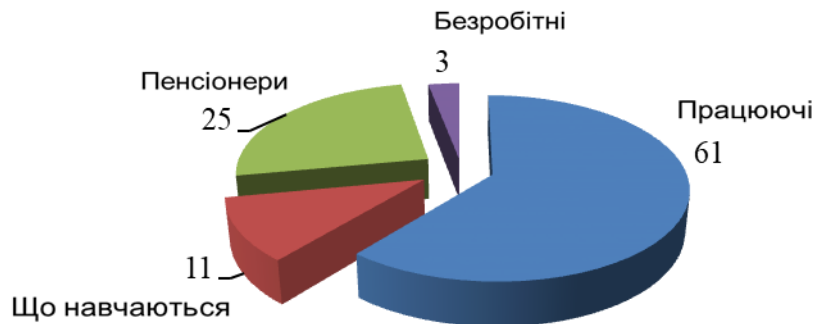


Рис. 1. Соціальна структура транспортної рухливості громадським автотранспортом в містах і передмістях (соціологічне опитування)

Така частка пасажирів, що користуються громадським автотранспортом на жаль обумовлена необхідністю, викликаною незначними доходами громадян, які користуються ним вимушено.

У структурі користування різними видами транспорту в межах територіальних об'єднань постає закономірність[2], представлена на рис. 2

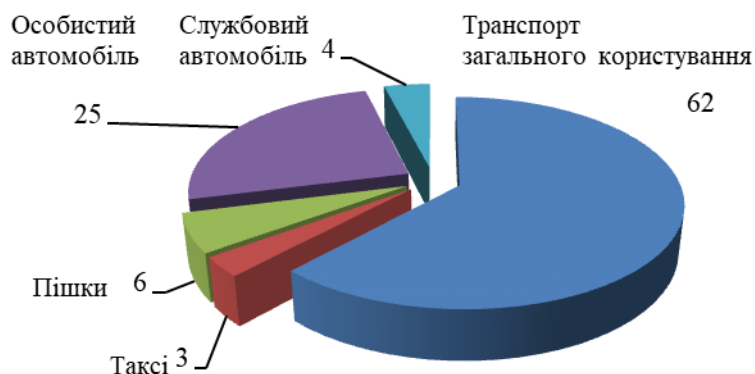


Рис. 2. Відсотковий розподіл по користуванню населенням різними видами транспорту за професійно-діловими потребами

Як видно на графіку, особистими автомобілями користуються в середньому 25% громадян, а послугами таксі 3%. За результатами опитування

цих категорій громадян понад 60% з них готові користуватись громадським автотранспортом, але за умови якісного надання даної послуги. Таким чином, кількість потенційних пасажирів може збільшитись з існуючих 62 до 78-80 %. Тобто, в підсумку, пасажиропотік може збільшитись на 16-18%, що є суттєвим показником для перевізників з точки зору мотивації для поліпшення якості надання послуг.

В червні і жовтні 2021 року нами були проведені власні дослідження – анкетування пасажирів в м. Києві щодо визначення якісних показників роботи громадського автотранспорту загального користування з точки зору користувачів. В результаті проведеного опитування встановлені наступні якісні показники з рівнем вагомості (рис. 3).

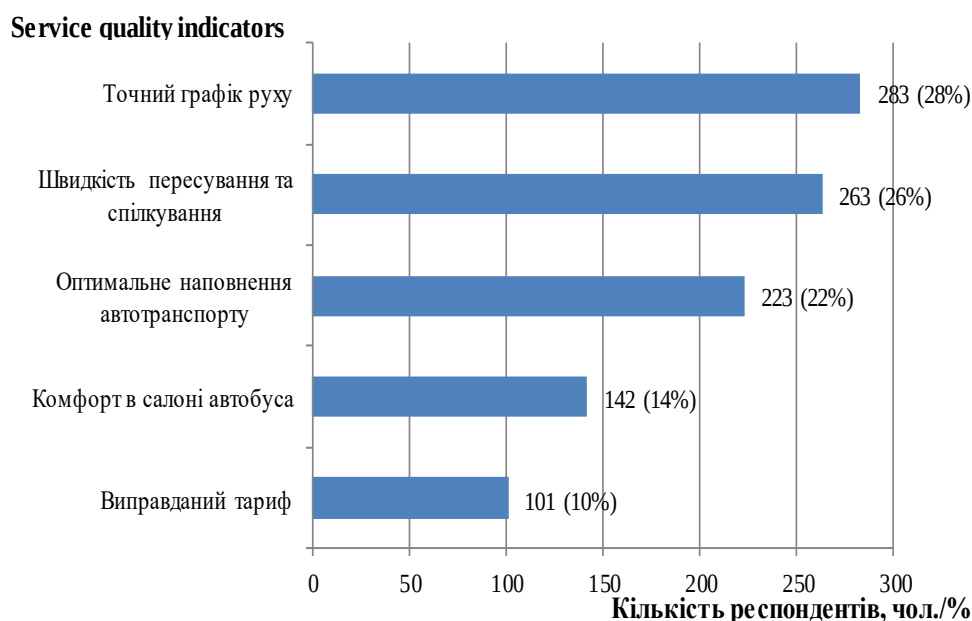


Рис. 3. Результати опитувань пасажирів щодо якісних показників роботи громадського автотранспорту

Найбільш важливими з якісних показників виявились точний графік руху і оптимальне наповнення салону, що і було передбачуване, але показник «тариф» виявився на останньому місці. А це свідчить про те, що пасажирів свідомо готові платити за якісні послуги.

Отже, маємо статистику щодо безперечної мотивації для перевізників підвищувати якість послуг, яка в результаті забезпечить додаткову виручку в межах 16-18%.

Замовники пасажирських автоперевезень загального користування (органи самоврядування) часто встановлюють інтервали руху транспортних засобів (ТЗ) на маршрутах в незначному діапазоні часу (переважно 5-10 хв на міських, 15-20 на приміських). Такий підхід не є раціональним чи обґрунтованим. Тому, підприємцям перевізникам треба переконувати Замовників на фактах (статистичних даних) в прийнятті раціональних інтервалів руху в залежності від часу доби, робочих чи вихідних днів, сезонів року тощо.

На даний час така технічна можливість існує, але однозначної моделі для транспортних мереж різних територіальних утворень не існує і маємо розробляти індивідуальні проекти для конкретних мереж, напрямків руху, маршрутів, що потребує залучення спеціалістів ззовні. Автором пропонується методичний підхід до вирішення даної задачі. Розглянемо схему (рис. 4).

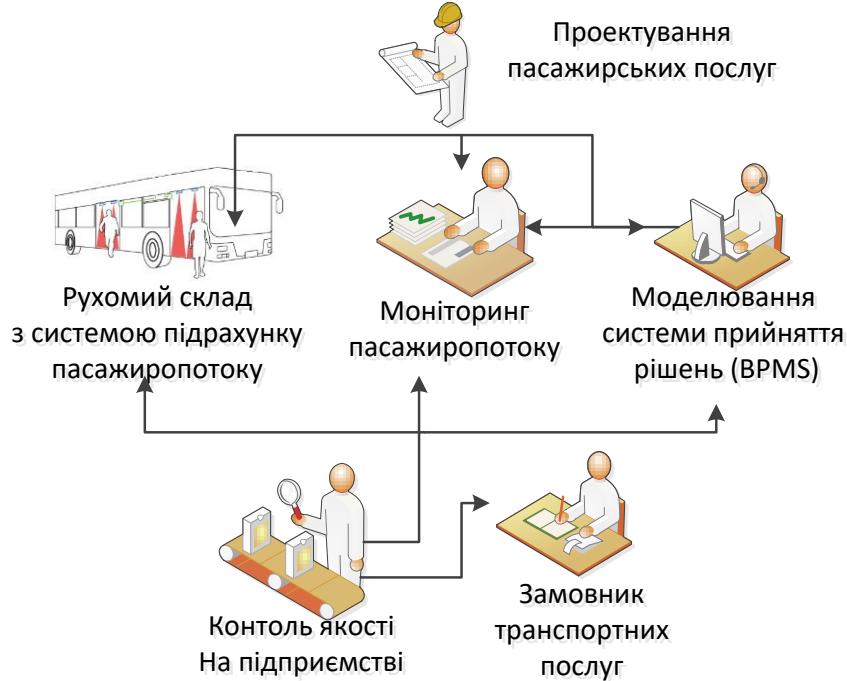


Рис. 4. Схема взаємозв'язків між операціями процесу моніторингу і надання послуг за критеріями якості

Узагальнений проект полягає у тому, що рухомий склад має бути обладнаний точною системою для підрахунку пасажиропотоку в режимі онлайн та GPS трекерами. Обробка інформації про зміну пасажиропотоку має відбуватись на власному сервері. Змодельована система під конкретні умови – комплексна система управління РС. Останнім елементом має бути операційний відділ з контролю якості – відповідність кількісного РС й інтервалів руху до пасажиропотоку, моніторинг відгуків споживачів, звітування Замовнику транспортних послуг.

Підводячи підсумок, варто зазначити, що запропонованого методу дозволить не лише покращити якість надання послуг і збільшити прибутки автоперевізників, але з часом налагодити чіткий виробничий бізнес-процес, а саме: оптимізувати кількісний склад кваліфікованого персоналу; зменшити загальні витрати на надання послуги; удосконалити графік роботи водійських бригад згідно вимог законодавства; оновити рухомий склад за рахунок збільшення прибутків внаслідок зростання пасажиропотоку та зменшення змінних і постійних витрат; забезпечити екологічність проекту (зменшення викидів продуктів згоряння) внаслідок оптимізації інтервалів руху та обґрунтованої пасажиромісткості рухомого складу; зменшення завантаження трас маршрутів та інтенсивності руху на них.

УДК 656.073.43

## НАДІЙНІСТЬ ТРАНСПОРТУВАННЯ НЕГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ

**Н. ВАСИЛЬСВ** студент

**О. А. ДЬОМІН**, д.пед. н., доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: domin@nubip.edu.ua*

Перевезення негабаритних вантажів є процедурою, яку дуже бажано довіряти тільки досвідченим фахівцям своєї справи. Вітчизняні транспортні компанії ТAD, ТК «Aurora trans», ТК «Неоліт Логистикс», ТОВ «Ваптан Плюс» пропонують широкий спектр перевезень вантажів, зокрема негабаритних, забезпечуючи транспортування довгомірних та великовагових вантажів надійно і відповідально. При організації та виконанні перевезення негабаритних вантажів ні в якому разі не можна допускати помилок. Особливо у скрутний для України час воєнного стану, коли крім решти вантажів необхідно швидко і безпечно організувати доставку негабаритних вантажів військового призначення.

Для забезпечення надійності транспортування негабаритних вантажів необхідно обов'язково дотримуватись наступних умов:

- вибір оптимального маршруту перевезення, так як далеко не в кожен поворот впишеться довгий вантаж, і не під кожним мостом або естакадою проїде високий вантаж;
- використання специфічного тралу: низькорамна або розсувна платформа (рис. 1), трали з комплексним оснащенням (різні пристрої, призначені для заїзду техніки з заднього боку;
- достатній досвід водія, що забезпечить перевезення дорогого негабариту, без пошкоджень як в процесі перевезення так і при виконанні вантажних робіт;
- оформлення кожного замовлення в індивідуальному порядку з ретельним проведенням правильного розрахунку, моделювання всіх етапів транспортування, щоб не просто полегшити задачу перевізника, а й захистити замовника від збитків.

Згадані вище транспортні компанії забезпечують перевезення та експедиційні послуги різних за вагою та складністю вантажів наступних типів: сільськогосподарська техніка, будівельна техніка, великовагові вантажі, ємкісне обладнання, довгомірні вантажі, техніка для здійснення монтажних робіт.

Забезпечення надійності організації перевезення негабаритних вантажів полягає у проведенні наступних заходів:

- для кожного замовлення розробляється проект з транспортування;
- перед початком перевезення негабариту автомобільним вантажним транспортом працівники підприємства узгоджують маршрут з усіма службами





Рис. 1. Розсувна платформа для транспортування понад негабаритних вантажів

- (при необхідності), проводять оплату всіх необхідних платежів і зборів, отримують всі необхідні дозволи, і тільки після цього приступають до транспортування.
- при необхідності співробітники компанії організовують прикриття і супровід негабаритних вантажів, як власним автотранспортом, так і силами працівників патрульної поліції.

УДК 343.618:656.14

## ОПТИМІЗАЦІЯ ДАНИХ ЩОДО ДТП ЗА УЧАСТІ ПІШОХОДІВ

**Я. О. ІОНЦЕВ**, студент,  
**І. О. КОЛОСОК**, к.пед.н., доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України, м. Київ, Україна  
E-mail: kolosok@nubip.edu.ua*

Дослідження і статистика в галузі безпеки пішоходів мають важливе значення для вивчення усіх обставин і причин, що призводять до дорожньо-транспортних пригод за участю цієї категорії учасників дорожнього руху та з'ясування кількісних і якісних показників, що характеризують отримані пішоходами травми. Об'єктивні статистичні дані також необхідні для реальної оцінки обсягу людських і соціально-економічних втрат від дорожньо-транспортних пригод, визначення пріоритетних напрямків роботи щодо запобігання високому рівню смертності на дорогах, координації дій екстрених та дорожніх служб, визначення видатків з державного та місцевих бюджетів на транспортну галузь, дорожню інфраструктуру, медичне обслуговування та заходи з підвищення безпеки дорожнього руху. Тому у Зведеній резолюції про дорожній рух, розробленій під егідою Європейської економічної комісії ООН, національним урядам рекомендовано ефективніше і регулярніше здійснювати

збір даних про дорожньо-транспортні пригоди за участю пішоходів на основі впровадження наступних заходів:

а) забезпечення реєстрації випадків наїзду на пішоходів та оптимізації якості реєстрованих даних, щоб при необхідності можна було провести глибокий аналіз цих випадків;

б) дослідження залежності кількості ДТП, пов'язаних з наїздом на пішоходів, від зміни характеру дій пішоходів (наприклад, доставка дітей до школи на легковому автомобілі замість їх пересування пішки або відмова літніх осіб виходити з дому через відчуття страху, обумовленого підвищенням інтенсивності руху транспортних засобів);

в) проведення подальших досліджень для виявлення позитивних і негативних наслідків все ширшого використання передових технологій на транспортних засобах, а також відповідної розробки конструкції транспортних засобів для забезпечення безпеки найуразливіших учасників дорожнього руху, зокрема пішоходів.

З 2008 року у закладах охорони здоров'я України почали використовувати нову систему кодування захворюваності та смертності, що відповідає «Міжнародній статистичній класифікації хвороб та споріднених проблем охорони здоров'я Десятого перегляду» [1]. Зокрема, ці зміни торкнулися й кодифікації транспортних нещасних випадків, що сталися за участю пішоходів. Такі випадки були поділені на чотири групи: недорожні нещасні випадки, дорожні нещасні випадки та неуточнені нещасні випадки (дорожні або недорожні) та розбиті на 12 таких підгруп:

- V01 Пішохід, травмований при зіткненні з велосипедом;
- V02 Пішохід, травмований при зіткненні дво- або триколісним мототранспортним засобом пересування;
- V03 Пішохід, травмований при зіткненні з легковим автомобілем, вантажним автомобілем типу «пікап» чи автофургонном;
- V04 Пішохід, травмований при зіткненні з важким вантажним транспортним засобом пересування або автобусом;
- V05 Пішохід, травмований при зіткненні з поїздом чи іншим залізничним транспортним засобом пересування;
- V06 Пішохід, травмований при зіткненні з іншим немоторним транспортом;
- V09 Пішохід, потерпілий внаслідок інших та неуточнених транспортних нещасних випадків;
- V09.0 Пішохід, потерпілий внаслідок недорожнього нещасного випадку, пов'язаного з іншими та неуточненими мототранспортними засобами пересування;
- V09.1 Пішохід, потерпілий внаслідок неуточненого недорожнього нещасного випадку;
- V09.2 Пішохід, потерпілий внаслідок дорожнього нещасного випадку, пов'язаного з іншими та неуточненими мототранспортними засобами пересування;

- V09.3 Пішохід, потерпілий внаслідок неуточненого дорожнього нещасного випадку;
- V09.9 Пішохід, потерпілий внаслідок неуточненого транспортного нещасного випадку.

Як бачимо, МОЗ веде ґрунтовний облік ДТП, що стаються за участю пішоходів, Система обліку ДТП та їхніх наслідків, яка існує в Україні, потребує удосконалення та уніфікації. За яким зразком має відбуватися ця уніфікація, повинні визначити фахівці, врахувавши кращий світовий досвід, зокрема досвід Європейського Союзу.

### **Список використаних джерел**

1.URL:

[https://www.irf.ua/standarti\\_evropeyskogo\\_soyuzu\\_schodo\\_zakhistu\\_pishokhodiv\\_i\\_praktichni\\_aspekti\\_ikh\\_zastosuvannya\\_v\\_ukraini\\_posibnik/](https://www.irf.ua/standarti_evropeyskogo_soyuzu_schodo_zakhistu_pishokhodiv_i_praktichni_aspekti_ikh_zastosuvannya_v_ukraini_posibnik/) (дата звернення: 01.02.2023)

**УДК 656.183**

### **СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЛОТРАНСПОРТУ**

**О. Є. КУЛІШ**, студент,  
**І. О. КОЛОСОК**, к.пед.н., доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України, м. Київ, Україна  
E-mail: kolosok@nubip.edu.ua*

Кількість велосипедистів у містах України збільшується щороку. Про це свідчать підрахунки велосипедистів, які проводять громадські організації, та соціологічні транспортні дослідження. Особливо багато людей пересіли на велосипеди навесні 2020 року, коли в Україні було запроваджено карантин у зв'язку з коронавірусною пандемією. Ця тенденція відповідає світовій, де люди також пересіли на велосипеди через часткове або повне припинення роботи громадського транспорту чи з метою мінімізувати контакти. Водночас наявна велосипедна інфраструктура не задовольняє попит, який постійно зростає. Станом на жовтень 2020 року лише декілька міст України мають невеликі мережі велосипедної інфраструктури (Київ, Львів, Вінниця, Івано-Франківськ), і кілька десятків міст та ОТГ мають одну або кілька велодоріжок (Харків, Одеса, Полтава, Миргород). Приміські, міжміські та міжсільські веломаршрути відсутні. У понад тридцяти містах України розроблені велосипедні концепції, стратегії або плани, під час підготовки яких були проведені певні аналізи потреб користувачів і перешкод до їх реалізації (Львів, Миколаїв, Вінниця,

Київ, Івано-Франківськ, Миргород, деякі об'єднані територіальні громади).

Велосипедний транспорт є одним із елементів досягнення сталої мобільності: він не потребує палива, займає мало місця на дорозі та при паркуванні, доступний більшості людей, а також позитивно впливає на здоров'я людей, якість життя у містах і безпеку дорожнього руху. Завдяки відсутності викидів велосипедний транспорт допомагає переміщувати людей, не забруднюючи повітря та не викидаючи парникові гази, що спричиняють зміну клімату. Тому розвиток велотранспорту часто є однією з рекомендацій, яку надають транспортні та кліматичні експерти з ЄС.

Національна транспортна стратегія України до 2030 року, затверджена у 2018 році, визначила завданнями «розвиток інфраструктури для руху велосипедів», «впровадження систем громадського прокату велосипедів», «розроблення стратегії розвитку велосипедного руху, посилення велосипедної безпеки, яка б ґрунтувалася на прогресивному іноземному досвіді, та забезпечення розвитку інфраструктури для велосипедного руху», «забезпечення оптимальної взаємодії велосипедного руху з іншими видами транспорту». Розробка Національної велосипедної концепції розпочалася у 2020 році.

У малих містах, селах та об'єднаних територіальних громадах велосипедами зазвичай їздять старші люди (від 30-40 років до пенсійного віку), при чому відсоток жінок серед них достатньо високий (від 30% до 60%, згідно зі спостереженнями). Головною метою поїздки є робота («переважно робочі професії», «працівники лікарень, базарів», «продавці, охоронці», «столяри, будівельники», «виконком, ЖЕК, водоканал», «вчителі», «військові», «у промзону на роботу», «на завод») чи у справах («їздять в лікарню, за покупками», «в банк», «дуже багато на ринок»). З метою, яку можна назвати «рекреаційною» їздять лише «на дачу, в село» та «на рибалку». Діти та підлітки, якщо їздять, то на навчання («школярі в школу, технікум») або разом із сім'ями на велопробіги та інші заходи, якщо проводяться у населеному пункті.

У містах середнього розміру велосипедисти «молодшають» до 30+ років, а частка жінок серед них меншає (10-15%). Головними цілями поїздки залишаються «на роботу» (з сіл у центр, з мікрорайонів, на завод), «на навчання» (в школу і технікуми) та «у справах» (банк, ринок, магазин), але до них додається більше поїздки із суто рекреаційною метою: в парк, ліс, поля, на озеро – у компанії родичів та друзів. У рекреаційних поїздках вихідного дня кількість велосипедисток більша, ніж у робочих поїздках будніх днів. Аналогічно, кількість дітей на велосипедах більшає на вихідних, переважно у поїздках на природу або на велозаходи. З'являються молодіжні субкультури, пов'язані з велосипедом: BMX, сінглспід, даунгіл – до них переважно входять хлопці та дівчата віком 15-20 років. Також необхідно вказати на групи велоспортсменів-аматорів віком від 25 до 40 років, переважно чоловіків, які тренуються за містом, але ця тенденція не переважає у містах середнього розміру.

У великих містах і столиці найбільшими групами велосипедистів

називають спортсменів-аматорів, офісних працівників (зокрема, «ІТ-шники»), рекреаційних велосипедистів «вихідного дня» та, в останні роки, велокур'єрів. Жінок небагато (8-15%), а середній вік ще молодший (20-40 років). Люди літнього віку («пенсіонери») також їздять на велосипедах, але це виключно чоловіки, які пересуваються у спальних районах та на околицях міст, не в центрі, тож виглядає, що їх небагато, порівняно з іншими категоріями велосипедистів. Серед причин використання велосипедів з'являється визначення «для здоров'я» та «для розваги». Розмаїття велосипедних субкультур шириться, включаючи групи велосипедистів для поїздок по бездоріжжю (крос-кантрі), шосейних і гірських (даунгіл), міські велосипедні субкультури (фікси, сінглспіди), велотуризм, спортивні велошколи тощо.

Частка велосипедних поїздок у загальному розподілі поїздок у місті є більшою в менших за розміром містах. Так, у селах, ОТГ і малих містах понад 50% людей мають велосипед, а понад 30% людей їздять на велосипедах. У містах середнього розміру – приблизно 10-15% поїздок велосипедом («кожен десятий їздить велосипедом»), а у великих містах – до 3% («у теплу пору 3% поїздок, у холодну – 1%»). Лише великі міста оперують офіційними даними по частці велопоїздок: у Вінниці, Житомирі, Львові, Чернівцях, Києві проводили дослідження, які показали 1-2% поїздок велосипедом від загальної кількості поїздок [1].

#### **Список використаних джерел**

1. URL: <https://ua.boell.org/uk/2020/12/15/potreba-u-rozvitku-velotransportu-ta-pereshkodi-do-ii-realizacii-u-mistakh-ta-regionakh> (дата звернення: 03.02.2023)

**УДК 656.183**

#### **ПОТРЕБИ У ЗМІНАХ ВЕЛОТРАНСПОРТУ**

**В. Я. МАКСИМЧУК**, студентка,

**І. О. КОЛОСОК**, к.пед.н., доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування*

*України, м. Київ, Україна*

*E-mail: kolosok@nubip.edu.ua*

Більшість мешканців населених пунктів вказують на те, що велосипед потрібен містам і громадам насамперед як транспорт. При цьому мешканці великих міст наголошують, що у порівнянні з громадським транспортом велосипед часто є швидшим і більш прямим (дозволяє скоротити шлях, не робити об'їзди і не втрачати час), та що велосипед має допомогти розвантажити громадський транспорт і дороги від заторів. Мешканці менших міст і ОТГ (як з наявним громадським транспортом, так і без нього) зазначають, що велосипед



допомагає дістатися роботи (в межах міста та з навколишніх сіл), перевозити невеликі вантажі та загалом бути мобільним і не прив'язаним до одного місця. З кількох досліджень випливало, що велосипед – це спосіб мати індивідуальну свободу пересування, який можуть дозволити собі майже всі, незалежно від величини доходів і віку.

Встановлено, що саме під час пандемії велосипед став особливо актуальним з двох причин: це подеколи єдиний спосіб дістатися роботи, а також спосіб уникнути зайвих контактів [1].

Вартість велосипеда згадується у контексті його доступності при купівлі (можуть купити всі) та економічних переваг під час користування (не треба витрачатися на громадський транспорт і бензин). Інша перевага велосипеда, яку часто називають – підтримка здоров'я (допомагає скинути вагу, тренує м'язи, серце і легені, що також важливо під час пандемії). Кілька опитаних (з великих міст) зазначили, що велосипед не шкодить довкіллю і є більш екологічним, ніж інші види міського транспорту.

Цікаво, що саме представники місцевої та виконавчої влади міст (середнього та малого розміру) зазначають, що велосипеди та велосипедна інфраструктура створюють «європейський» імідж міста («якщо хочемо бути європейським містом – треба велосипеди», «велосипеди мають бути видимими у центрі, це обличчя міста»). Інші опитані зазначали, що велосипед стає або уже є сучасним способом пересування («велосипед – це майбутнє»). Загалом, з усіх сорока опитаних лише двоє відповіли, що популярність велосипеда у їхніх містах не зростає або знижується. Переважна більшість учасників та учасниць дослідження впевнено відповідали, що велосипед стає більш популярним щороку, щомісяця і щодня, наводячи як підтвердження позірне збільшення кількості велосипедистів та велосипедисток на дорогах, результати підрахунків велосипедистів (де вони проводилися), збільшення продажів велосипедів і звернень до майстерень з ремонту велосипедів, появу і використання пунктів прокату велосипедів, збільшення кількості велосипедних парковок і звернень до місцевих органів управління щодо встановлення парковок.

Кілька опитаних зазначали, що велосипед є більш безпечним транспортним засобом, ніж громадський транспорт (маршрутки), автомобілі та піші переходи («пішоходів збивають частіше»). Водночас саме небезпеку руху називали найбільшою перешкодою для розвитку велотранспорту в Україні.

Загалом, усі опитані відзначили, що велосипедний транспорт потрібен, а велосипедна інфраструктура (велосипедні шляхи та велопарковки) мають з'явитися як у містах і громадах, так і між ними, щоб створити безпечні умови для пересування між селами та містами.

### **Список використаних джерел**

1. URL: <https://ua.boell.org/uk/2020/12/15/potreba-u-rozvitku-velotransportu-ta-pereshkodi-do-ii-realizacii-u-mistakh-ta-regionakh> (дата звернення: 03.02.2023)

УДК 656.183-051

## ПЕРЕШКОДИ ДО ЗБІЛЬШЕННЯ КІЛЬКОСТІ ВЕЛОСИПЕДИСТІВ ТА ВЕЛОПОЇЗДОК

**Д. А. ЧОРНИЙ**, студент,  
**І. О. КОЛОСОК**, к.пед.н., доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України, м. Київ, Україна  
E-mail: kolosok@nubip.edu.ua*

Дві найбільші причини, чому люди не їздять на велосипедах в Україні, – це небезпечно і немає велосипедної інфраструктури. Майже всі користувачі велосипедів вказали на ці дві причини, у той час як психологічні (наприклад, «не статусно»), фізичні («холодна зима») та фінансові перешкоди («немає грошей на велосипед») згадується рідко [1].

Основною перешкодою для розвитку велотранспорту називають небезпеку руху. Так, загрози безпеці можна розділити на загрози від автотранспорту, від/для пішоходів, від інших учасників дорожнього руху, від наявної велосипедної інфраструктури та через неузгодженість регуляторної бази у сфері велотранспорту.

Загрози від водіїв авто виникають з кількох причин:

– водії не знають оновлених правил дорожнього руху та супровідних документів, наприклад, хто має пріоритет при проїзді Т-подібних перехресть чи де має рухатися велосипедист на дорозі. Кілька десятків років тому Правила дорожнього руху визначали, що на Т-подібних перехрестях перевагу в русі мали ті, хто рухався по «перекладині» літери “Т” (наразі змінено на «перешкоду справа», що змінює пріоритетність руху), а велосипедисти мали рухатися у межах 1 метра від краю дороги (змінлося на «якомога правіше», що дає велосипедистам можливість об’їжджати припарковані авто та перешкоди, не порушуючи ПДР). Якщо водії не перечитували оновлені ПДР, то можуть хибно оцінювати ситуацію на дорозі та спричиняти порушення, які є особливо небезпечними для велосипедистів;

- водії знають, але не виконують ПДР з певних причин. До цього пункту належить найбільш небезпечне порушення ПДР – перевищення швидкості. Причини, які призводять до перевищення швидкості, – планування вулиць, що спонукає до перевищення швидкості (надто широкі смуги) і відсутність контролю за порушеннями та невідворотності покарання (відсутня або недостатня автоматична фіксація порушень, ігнорування правоохоронцями певних типів порушень). Інше порушення ПДР, яке впливає на велосипедистів, – хаотичне паркування, що блокує рух по дорозі і створює небезпечну ситуацію на дорозі, або витісняє велосипедистів на тротуари, де стаються конфлікти з пішоходами. Випередження заторів по узбіччю часто призводить до тяжких наслідків у разі збиття велосипедиста, який їде узбіччям згідно з ПДР;

- водії не розуміють потреб і можливостей велосипедистів. Популярним прикладом є занижені очікування водіїв щодо швидкості руху велосипедиста. Це призводить до небезпечних обгонів, підрізання та зіткнень, коли водій повертає праворуч перед велосипедистом, що їде прямо. Часто водій не вмикає поворотник, що дає хибний сигнал велосипедисту («водій їде прямо») і призводить до зіткнення. Водії, що не пробували їздити на велосипеді, можуть не усвідомлювати, що велосипедисту для маневру потрібно більше простору, ніж пряма лінія під його колесами. Тонкі колеса велосипеда можуть послизнутися у калюжі, піску, в ямі, застрягнути у решітках зливових каналізацій, тому велосипедист потребує більше простору для маневрування при під'їзді до перешкод. Порив вітру за великогабаритним транспортом (автобуси, тролейбуси, вантажівки) «засмоктує» велосипедиста до центру смуги, тож водіям, що рухаються за великогабаритним транспортом, потрібно це враховувати;

- водії не помічають велосипедистів. Водії можуть не помічати велосипедистів на дорозі через втому, нестачу досвіду, погане освітлення вулиць, і це призводить до аварій за участі велосипедистів. Особливо часто говорять про «не помітив велосипедиста» при здійсненні поворотів, коли водій намагається відслідковувати кілька смуг потоків автомобілів і пішоходів. Говорячи про безпеку на дорозі, треба вказати на особливу небезпеку з боку водіїв маршруток: недотримання ПДР через перевищення швидкості, підрізання, ігнорування поворотників. Проте даних порушень стає все менше й менше.

### **Список використаних джерел**

1. URL: <https://ua.boell.org/uk/2020/12/15/potreba-u-rozvitku-velotransportu-ta-pereshkodi-do-ii-realizacii-u-mistakh-ta-regionakh> (дата звернення: 03.02.2023)

**УДК 656.183.052/.057**

## **ОКРЕМІ ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА БЕЗПЕКУ РУХУ ВЕЛОТРАНСПОРТУ**

**Н. Г. МОВЧАН**, студент,

**І. О. КОЛОСОК**, к.пед.н., доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування*

*України, м. Київ, Україна*

*E-mail: kolosok@nubip.edu.ua*

Одними з основних перешкод для розвитку велотранспорту називають безпеку руху: від/для пішоходів, від інших учасників дорожнього руху, від наявної велосипедної інфраструктури та через неузгодженість регуляторної

бази у сфері велотранспорту [1];

– загрози з боку пішоходів (ходять по велодоріжках). При цьому необхідно зазначити, що особливо небезпечно, якщо пішоходи ходять велодоріжками з дітьми чи собаками через непередбачуваність останніх. Також необхідно зазначити про небезпеки для пішоходів від того, що велосипедисти рухаються тротуаром: через високу швидкість останніх;

– загрози з боку користувачів нової мікромобільності (гірдошки, електросамокати, моноколеса): непередбачуваність при користуванні велодоріжками та дорогою, небезпека падіння через малі колеса, високі швидкості через електроприводи, вікові особливості користувачів даних транспортних засобів;

– загрози з боку велосипедистів. Про ці загрози вказують переважно ті учасники дорожнього руху, які керують автомобілем, а отже, могли оцінити небезпеки для дорожнього руху через самих велосипедистів. Головні небезпеки через велосипедистів – відсутність світла та світловідбивних елементів у велосипедистів у темний час, їзда по тротуарах та пішохідних переходах, проїзд по зустрічній на вулицях з одностороннім рухом, повороти ліворуч на перехрестях з понад двома смугами руху. Загалом, ці типи загроз можна узагальнити як «неочікувана поява або поведінка велосипедистів на дорогах»;

– загрози через невизначеність регуляторної бази. У випадку руху велосипедистів, Правила дорожнього руху не завжди однозначні: наприклад, ПДР не дають чіткого розуміння, як велосипедисту рухатися через перехрестя прямо, якщо одна або кілька правих смуг повертають праворуч, як проїжджати кількарівневі розв'язки, або де мають рухатися діти від 7 до 14 років. Подібні невизначеності можуть спричиняти неочікувану і різну поведінку велосипедистів на дорогах, на небезпеці якої наголошують водії тощо;

– загрози від наявної велосипедної інфраструктури. Майже всі користувачі велосипедами, які мали досвід руху по велосипедних доріжках в Україні, зазначали, що найбільшими загрозами безпеці на велодоріжках є незанижені бордюри («навіть 3 см бордюру наражають новачків на небезпеку») та інші перешкоди: пісок, бруд, калюжі, ями, кіоски, ятки та літні майданчики ресторанів, якщо їх встановлюють на велодоріжці. Небезпечні ситуації створюють обриви велодоріжок у місцях, де рішення найбільш потрібні: перехрестя, розв'язки, мости, тунелі. Згідно з опитаними, безпека є першим фактором, що зумовлює розвиток велотранспорту. «Якщо велосипедом буде їздити безпечно, велосипедистів побільшає».

### **Список використаних джерел**

1. URL: <https://ua.boell.org/uk/2020/12/15/potreba-u-rozvitku-velotransportu-ta-pereshkodi-do-ii-realizacii-u-mistakh-ta-regionakh> (дата звернення: 03.02.2023)

УДК 656:004.8

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ

**М. Ю. ХАРИТОНЕНКО**, студент,

**І. О. КОЛОСОК**, к.п.н., доцент,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: kolosok@nubip.edu.ua*

Інтелектуальна транспортна система (ІТС) – це, по суті, суміш напрацювань комп'ютерної сфери, інформаційних технологій та телекомунікацій разом зі знаннями у автомобільному і транспортному секторах. Ключові ІТС технології з'являються на основі головних напрацювань у цих секторах. Відтак, ІТС можна визначити як застосування комп'ютерних, інформаційних та комунікаційних технологій для управління транспортними засобами та мережами у реальному часі, включаючи переміщення людей і товарів. Наступне визначення. Інтелектуальна транспортна система – це інтегрована автоматизована система, яка, використовуючи інтелектуальні та інноваційні методи організації та управління, надає учасникам транспортної галузі сервіси з координування, планування, інформування, підвищення рівнів безпеки та ефективності використання транспортних мереж.

Інтелектуальні транспортні системи керування дорожнім рухом – це клас транспортних систем, що забезпечують стійке, ефективне, економічне та безпечне функціонування транспорту у вулично-дорожньому середовищі (УДС) за рахунок надання активним елементам транспортної системи властивостей адаптивної (інтелектуальної) поведінки [1].

Модель поведінки кожного активного елемента визначається його функцією у транспортній системі. Основу ІТС складають наступні пасивні та активні елементи:

- об'єкти транспортної інфраструктури, що підлягають оснащенню засобами виробництва вимірювань, передачі, ретрансляції та прийому сигналів;
- засоби дистанційного моніторингу та виробництва вимірювань;
- елементи інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури транспортного комплексу;
- транспортні засоби та вантажі, що підлягають оснащенню засобами зв'язку, дистанційного моніторингу та телеметричних вимірювань;
- дистанційно керовані виконавчі та індикаційні пристрої/прилади, вузли та агрегати.

До складу технологічного комплексу ІТС входять різноманітні технічні системи та засоби. Більшість перелічених нижче систем та засобів використовується для формування каналу зворотного зв'язку як з людиною-оператором, так і з керованими технічними компонентами транспортної системи:



- системи та засоби координатно-часового, метеорологічного і подібних видів забезпечення;
- системи, засоби, лінії та мережі зв'язку та передачі даних;
- системи та засоби дистанційного моніторингу;
- системи та засоби збору, накопичення та обробки інформації;
- автоматизовані системи та засоби управління;
- системи та засоби відображення та доведення інформації;
- інші технічні та програмно-технічні засоби.

#### **Список використаних джерел**

1. Шуть В. Н. Интеллектуальные робототехнические транспортные системы / В. Н. Шуть, Лука Персиа. – Брест : БрГТУ, 2017. – 196 с.

**УДК 338.47**

### **ГЛОБАЛЬНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕКОНОМІКИ У БІК ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТУ**

**О. Є. КОФАНОВ**, к.е.н., к.т.н.;

**О. В. КОФАНОВА**, д.п.н., к.х.н., професор

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

*E-mail: alexina555@gmail.com*

Концепція енергетичного переходу (Global Energy Transformation) [1] народилась і отримала визнання у науковому світі у зв'язку з проблемами, пов'язаними зі змінами клімату на планеті. Вчені вважають, що неконтрольоване спалювання викопних видів палив (ВП) наближає людство до глобальної кліматичної катастрофи.

Серед найбільш відомих шляхів і рекомендацій фахівців (дорожніх карт) щодо подолання потенційних криз і максимального переходу на відновлювані джерела енергії (ВДЕ), особливо на транспорті, відзначимо такі, як, наприклад:

– постулати Міжнародного агентства з відновлюваних джерел енергії (IRENA) [2];

– ініціатива Всесвітнього економічного форуму зі сприяння ефективному енергетичному переходу (World Economic Forum Fostering Effective Energy Transition Initiative);

– сценарії стійкого розвитку оглядів World Energy Outlook, зокрема, його дослідження під назвою "Net Zero Emissions by 2050" [3; 4].

Отже, енергетичний перехід, на думку фахівців, є комплексом інноваційних заходів у період індустріальної трансформації нашого суспільства, спрямований на середнє- і довгострокову еволюцію енергетичних

систем на базі значного розширення використання ВДЕ і, відповідно, різкого скорочення застосування викопних ВП.

Отже, найвищої ціллю глобального енергетичного переходу є декарбонізація (Decarbonization) економіки, і особливо енергетичного і транспортного секторів. Такий прогресивний шлях розвитку суспільства надасть змогу значно скоротити викиди вуглекислого і чадного газів, інших парникових газів тощо, стабілізувати ситуацію і недопустити глобальних змін клімату на планеті.

Ідея енергетичного переходу на транспорті як складова Концепції безкарбоненої енергетики майбутнього все частіше звучить з міжнародних платформ. На жаль, запровадження альтернативних джерел енергії в автотранспортному секторі відбувається надзвичайно повільно.

Наприклад, Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року передбачав, що розвиток біопаливної галузі буде стимулюватись за рахунок:

- державних і місцевих програм підтримки;
- відміна оподаткування прибутку для виробників біопалива;
- відміна оподаткування прибутку, який було отримано від виробництва теплової енергії при використанні біопалив;
- звільнення від оподаткування прибутку для виробників техніки, обладнання й устаткування для виготовлення та реконструкції технічних і транспортних засобів, що споживають біопалива [5].

Проте, застосування вказаних механізмів державної підтримки так і не було реалізовано в повній мірі, причому, ані на рівні Державного бюджету України, ані на рівні Податкового Кодексу України. І на сьогодні ситуація, на жаль, так і не покращилась.

Енергетична стратегія України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність" [6] є документом, який вказує на стратегічні орієнтири розвитку паливно-енергетичного комплексу України на період до 2035 року. Її розроблено в контексті Стратегії сталого розвитку "Україна – 2020", затвердженої Указом Президента України від 12 січня 2015 року № 5.

І досягнення цілей, визначених Енергетичною стратегією України на період до 2035 року, передбачено поетапно здійснювати, забезпечуючи виконання таких заходів:

- на першому етапі – реформування енергетичного сектору (до 2020 року);
- на другому етапі – оптимізація та інноваційний розвиток енергетичної інфраструктури (до 2025 року);
- на третьому етапі – забезпечення сталого розвитку суспільства, в тому числі – транспорту і енергетики (до 2035 року).

Окрім того, Енергетична стратегія України передбачає, що сукупні обсяги використання альтернативних видів палив, у тому числі – біомаси, біопалива і відходів мають зрости до більше ніж 11,5 % у 2035 році.

Альтернативне паливо це паливо, що є альтернативою (заміною) відповідним традиційним видам палива і при цьому воно виробляється (видобувається) з нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини. Отже, маркетингове забезпечення декарбонізації економіки країни за рахунок впровадження біопалив та біопаливних композицій є на сьогодні одним з найактуальніших напрямів.

Окрім того, відповідно до взятих на себе зобов'язань у сфері інтеграції у ЄС Україна зобов'язалась реформувати свої енергетичні ринки і гармонізувати регуляторні правила роботи на них з вимогами *Acquis* ЄС (*Acquis communautaire* – правова система ЄС).

Проте, за оцінками Енергетичного Співтовариства, стан гармонізації регуляторного поля України у сфері ринку моторних палив та їх альтернативних видів залишається вельми низьким. Стан імплементації законодавства у сфері нафтового ринку становить близько 10 %, а у сфері відновлювальної енергії на транспорті складає лише 2 %. Навіть, за оцінками більшості фахівців, частка використання ВДЕ у транспортному секторі залишається на рівні 1 %.

Україна з 2018 року перейшла на стандарт Євро-5, а ось питання щодо впровадження стандарту Євро-6, який діє в усіх країнах ЄС, поки відкладено. Наприклад, ввезення в країну автотранспортних засобів, що йому не відповідають, дозволяється до 01 січня 2025 р.

Багато країн світу перерозподілили акценти щодо застосування невикопних ВП. Наприклад, такі країни, як Китай, Японія, США, країни ЄС, Велика Британія тощо прийняли на себе так звані "чисті, нульові зобов'язання". Зокрема, Китай анонсував досягнення нульового рівня до 2060 року; ЄС й Японія – до 2050 року; а ось Австрія – взагалі вже до 2040 року планує перетворити країну на кліматично нейтральну країну.

У свою чергу, Міжнародне енергетичне агентство представило аналітичну доповідь «*Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector*», де розроблена "дорожня карта" глобального енергетичного переходу до нової енергетичної системи, відмови від викопних ВП і декарбонізацію економік країн світу [3].

В квітні 2021 року Саудівська Аравія, США, Норвегія, Канада і Катар об'єднали свої зусилля зі створення нової платформи країн-виробників нафти і газу з метою найефективнішої реалізації рамкових цілей Парижської Угоди щодо клімату. І одним з головних завдань цієї новоствореної платформи буде саме розробка інноваційних технологій зі зберігання і уловлювання Карбону, у тому числі й вуглекислого газу.

Отже, стратегічне бачення розвитку і забезпечення сталості автотранспортної галузі України спрямоване на впровадження новітніх проєктів щодо використання ВДЕ, у тому числі ВП, для виробництва яких використовується рослинна сировина та відходи виробництва й споживання. Це дозволить країні не тільки відновити свій автотранспортний комплекс у повоєнний час, а й вийти на новий рівень його розвитку. У цьому контексті

саме глобальний моніторинг карбонового сліду стане головним інструментом "зеленого" впливу на світові економічні процеси при її трансформації у режим декарбонізації.

### **Список використаних джерел**

1. Global Energy Transformation: A roadmap to 2050. International Renewable Energy Agency, 2018. 76 p. URL: <https://www.irena.org/publications/2018/Apr/Global-Energy-Transition-A-Roadmap-to-2050>.
2. Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector. IEA. 2021. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022/an-updated-roadmap-to-net-zero-emissions-by-2050>
3. World Energy Outlook 2020. OECD/IEA, 2020. 464 pages. URL: <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2020>.
4. Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050. IRENA. Edition: 2020. URL: [www.irena.org/publications](http://www.irena.org/publications).
5. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. URL: [https://saee.gov.ua/sites/default/files/documents/Presentation\\_NAPRES\\_Norw\\_OCT\\_3\\_ukr.pdf](https://saee.gov.ua/sites/default/files/documents/Presentation_NAPRES_Norw_OCT_3_ukr.pdf)
6. Енергетична стратегія України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність". Міністерство енергетики України. URL: <https://cutt.ly/U34ZtcF>

## **ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

**О. С. ТЕТЕРЯ**, студент,

**Т. І. СЛІПУХА**, асистент

*Національний університет біоресурсів і природокористування*

*E-mail: dubrova17@ukr.net*

Ефективна відсіч російським загарбникам під час широкомасштабного вторгнення РФ на територію нашої країни значною мірою залежить від здатності вітчизняного транспорту оперативно здійснювати всі види перевезень у необхідних обсягах задля задоволення потреб Збройних сил України та інших утворених відповідно до законів України військових формувань, національної економіки та цивільного населення. З метою стабілізації та забезпечення оптимальних умов функціонування транспортного сектору України органи державної влади на період дії правового режиму воєнного стану запровадили низку першочергових заходів.

### **Автомобільний транспорт**

З метою забезпечення достатньої кількості кваліфікованих водіїв спрощено процедуру підготовки та допуску до керування транспортними засобами, зокрема водіям, які мають посвідчення категорії В, Кабінет Міністрів України дозволив керувати вантажними автомобілями; • спрощено порядок перетину державного кордону України: військовозобов'язаним водіям, як і працівникам підприємств залізничного транспорту, віком від 18 до 60 років, які здійснюють вантажні перевезення для потреб ЗСУ, інших утворених відповідно до законів України військових формувань, а також медичних вантажів та вантажів гуманітарної допомоги, надається відтермінування від призову на військову службу під час мобілізації; • з 1 квітня 2022 р. скасовано ввізне мито, акциз та податок на додану вартість, що мали сплачуватися фізичними особами під час ввезення на митну територію України автомобільних транспортних засобів згідно з визначеним переліком, а також встановлено особливості пільгового розмитнення для юридичних осіб; • на митну територію України для потреб ЗСУ та підрозділів Територіальної оборони станом на 24 березня 2022 р. завезено як гуманітарну допомогу декілька тисяч автомобільних транспортних засобів. Також Державна митна служба на потреби оборони передала понад одну тисячу конфіскованих автомобілів; • тимчасово дозволено використання національного посвідчення водія України, строк дії якого закінчився; • для широкого залучення власників автомобільного транспорту (як фізичних, так і юридичних осіб) до забезпечення логістики перевезень 2 гуманітарних вантажів розгорнуто офіційну платформу гуманітарної допомоги «СпівДія»<sup>1</sup>; • задля забезпечення максимально оперативного надходження гуманітарної допомоги 14 європейських країн запровадили бездозвільний проїзд до України для перевізників гуманітарних вантажів<sup>2</sup>; • з урахуванням безпекових потреб воєнного стану для забезпечення ефективних пасажирських та вантажних перевезень автомобільним транспортом зменшено кількість блокпостів на дорогах України, надалі цей процес триватиме.

### **Залізничний транспорт**

П'ятьма залізничними коридорами відбулася безоплатна евакуація понад 3 млн осіб, переважно з Києва та Харкова. Майже 430 тис. осіб евакуйовані за кордон, насамперед до Польщі, Молдови, Угорщини, Румунії, Німеччини та Словаччини<sup>3</sup>; • створено низку логістичних хабів у західних регіонах України для спрощеного ввезення гуманітарної допомоги та її оперативного розподілення на території України. Ці хаби надають послуги з перевантаження гуманітарної допомоги з автомобільного транспорту на залізничний, здійснюють її складування та сортування. Загалом за період від 24 лютого 2022 р. до 24 березня 2022 р. АТ «Укрзалізниця» перевезла 1400 вантажних вагонів



гуманітарної допомоги, а 7 тис. т вантажів перевезено пасажирськими вагонами; • для інтенсифікації постачання гуманітарної допомоги в Україну Закарпатська обласна військова адміністрація у співпраці з органами державної влади Словацької Республіки 29 березня 2022 р. започаткувала роботу європейського гуманітарного хабу Закарпатської ОВА на території Словаччини. До його структури входять: пряма залізнична гілка до України, міжнародний аеропорт, розгалужена мережа автомобільних доріг міжнародного значення та розвинена транспортно-логістична інфраструктура; • задля забезпечення функціонування українських підприємств, що перебувають у зоні активних бойових дій, відбувається їх релокація. До виконання цієї програми, зокрема транспортування на безоплатній основі майна підприємств, залучені АТ «Укрзалізниця» та АТ «Укрпошта». Загалом станом на 29 березня 2022 р. бажання здійснити релокацію своїх потужностей висловили 1164 компаній і підприємств; 1СпівДія: в Україні запустили офіційну платформу гуманітарної допомоги.

#### **Список використаних джерел**

1. <https://www.minregion.gov.ua/press/news/spivdiya-v-ukrayini-zapustilyoficijnu-platformu-gumanitarnoyi-dopomogy/>
2. URL: <https://ua.korrespondent.net/ukraine/4458619-mininfrastruktury-rozpovilo-pro-antyrosiiskutransportnu-koalitsiui>, Кореспондент.net. 2022. 19 березня
3. URL: <https://opir.org/>

### **ЛОГІСТИЧНІ АСПЕКТИ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИЦІЙНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ**

**О. Р. ХЛАНЬ**, студент,  
**Т. І. СЛІПУХА**, асистент

*Національний університет біоресурсів і природокористування*  
*E-mail: dubrova17@ukr.net*

Сьогодні підприємства сфери транспортно-експедиційних послуг функціонують в умовах сформованого ринку, поглиблення конкуренції між підприємствами та різними видами транспорту, жорсткіших вимог до тарифів та якості з боку споживача. Цей факт потребує більш вимогливого ставлення до логістичної місії транспортування та експедирування, яка виражається в доставці потрібного товару, певної кількості та якості, в означений час з оптимальними витратами. Структура операцій обслуговування товарних потоків на ринку логістичних послуг, за даними Держкомстату України, складається з транспортних перевезень (89,0%), послуг складського зберігання (8%), експедирування вантажів (2%), управління ланцюгами поставок (1%).

Транспортні та експедиційні компанії, які здійснюють міжнародні перевезення вантажів, найгостріше відчувають необхідність впровадження сучасних логістичних технологій транспортування та вантажопереробки: інтер-, мультимодальних і термінальних систем перевезення вантажів, технології перевезення JT і «від дверей до дверей», сучасних телекомунікаційних систем супроводження вантажоперевезень. Ці підприємства активно створюють власні термінальні мережі, вантажорозподільні та логістичні центри, системи інформаційно-комп'ютерної підтримки логістичного сервісу.

Структура вантажних перевезень за видами транспорту складається з таких складових: розподіл вантажообороту за видами транспорту (залізничний – 81,7%, автомобільний – 16,4%, водний 1,8%, авіаційний – 0,1%); розподіл обсягів перевезень вантажів за видами транспорту (залізничний – 66,5%, автомобільний 32,2%, водний – 1,3%). Основними пріоритетними напрямками розвитку та підвищення якості транспортно-експедиційного логістичного сервісу є: розвиток виробничо-технічної бази, інфраструктури транспортного сервісу, інформаційних систем підтримки логістичного процесу для здійснення транспортування; удосконалення діючих систем документообігу та митних процедур оформлення вантажів; підвищення рівня взаємодії та інформаційного зв'язку між учасниками транспортного процесу, терміналами, складами, митницями; створення єдиної нормативноправової бази регулювання транспортно-експедиційного обслуговування; впровадження сучасних логістичних технологій транспортно-експедиційної діяльності.

Технології транспортування в сучасних логістичних системах набули значних трансформацій. Логістичний ланцюг стає більш інтегрованим і включає матеріально-технічне забезпечення підприємства, що засноване на просторовому переміщенні сировини, напівфабрикатів, комплектуючих у чіткому співвідношенні з темпами технологічного процесу. Посилення вимог до часових параметрів доставки вантажів передбачає відмову від традиційної системи незалежного постачання кожним видом транспорту та перехід до інтегрованого мультимодального перевезення за єдиним транспортним документом і наскрізною ставкою фрахту. Сьогодні експедитор виступає «диригентом» усього транспортного потоку як перевізник за контрактом, при цьому приймає на себе повну відповідальність за зберігання вантажу та дотримання строків його поставки. Будь-яка пересічна міжнародна угода вимагає участі великої кількості посередників: експортерів, імпортерів, транспортників, агентів, експедиторських і страхових компаній, банків, оптових торгових посередників та ін. У цьому процесі використовується декілька десятків оригінальних документів, створення яких пов'язано зі значними витратами праці, та й вибір шляху доставки є задачею з багатьма невідомими. Вантаж готують до відправки та навантажують на транспортний засіб, здійснюють перевалку з одного виду транспорту на інший, іноді зберігають на складі, навантажують на новий транспортний засіб та здають отримувачу. Водночас виконуються вимоги різних державних служб, інспекцій, санітарного, екологічного, епідемічного контролю. Завданнями експедитора є раціональна

організація руху основних вантажопотоків: облік певних умов маршрутів перевезень; забезпечення поставки вантажів у строк, який на перевищує розумної мінімізації витрат; забезпечення зберігання вантажів; митна обробка; оптимальний вибір рухомого складу; оренда та лізинг рухомого складу; раціональне завантаження порожніх транспортних засобів у попутному напрямку; забезпечення безпеки вантажів у процесу руху; надання сучасного обслуговування. Особливу увагу слід приділити координаційній діяльності експедитора, оскільки він є основним «замовником тоннажу» та для оптимальнішого використання рухомого складу йому потрібно максимум зусиль у зворотному завантаженні транспорту. Аналізуючи діючі вантажопотоки та розробляючи схеми оптимальної маршрутизації, експедитор гармонізує відносини між учасниками транспортного процесу в ланцюги поставок.

### **Список використаних джерел**

1. Закон України «Про транспорт» № 232/94-вр (у редакції від 28.12.2015 р.). URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/232/94-вр>
2. Денисенко М. П., Левковець П. Р., Михайлова Л. І. Організація та проектування логістичних систем: підручник. Київ: Центр навчальної літератури, 2018. 336 с.
3. Сокур І. М., Сокур Л. М., Герасимчук В. В. Транспортна логістика: навч. посіб. Київ: Центр навчальної літератури, 2019. 222 с

**УДК 004:656**

## **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ТРАНСПОРТНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ**

**О. ПЛАХТІЙ, студент магістратури**  
**В. МЕЛЬНИК, кандидат економічних наук, доцент**  
*Національний університет біоресурсів і природокористування*

Сфера виробництва, яка є об'єднавчою артерією всієї країни вимагає впровадження новітніх інформаційних технологій з метою оптимізування функціонування, що передбачає мінімізування витрат та підвищення дохідності та не можливе без впровадження інновацій.

Новітні технології транспортного забезпечення передбачають дієвість спеціалізованого програмного забезпечення комп'ютерних систем (ПЗКС), яке спроможне швидко враховувати велику кількість чинників з можливістю включення до управління та корегування роботою комплексу. ПЗКС можна розглядати в аспекті роботизації виробництва з метою формування оптимальних обсягів перевезення готової продукції до місць акумулювання, перероблення та реалізації кінцевому споживачеві. Зазначене дозволяє

підвищити продуктивність праці, знизити собівартість виробництва, а також поліпшити якість аграрної продукції, її екологічність.

Розвиток транспортної логістики здебільшого обумовлений розвитком інформаційно-комп'ютерних технологій. Інформаційна інфраструктура сучасного транспортного підприємства передбачає поєднання висококваліфікованого персоналу, інформаційно-технічно забезпечених впорядкованих інформаційних потоків. Таке поєднання дозволяє раціоналізувати рух вантажних потоків, оптимізувати завантаження наявних виробничих потужностей, зменшити витрати матеріальних ресурсів на всьому шляху логістичного руху вантажу.

Інформаційні логістичні системи призначені для об'єднання всіх учасників транспортного та вантажного процесів. Мета розвитку електронної логістики в Україні полягає в інтегруванні до єдиної транспортно-логістичної мережі Євросоюзу, підвищенні ефективності морських та річкових перевезень, експедиторської та логістичної діяльності.

EDI технології є найбільш поширеними електронними технологіями інформаційного забезпечення у світовій практиці. Вони забезпечують моніторинг вантажів та рухомого складу, системи навігації й автоматизовані системи управління в транспортних вузлах. EDI технології (Electronic Data Interchange) існують у формі електронного обміну документами між споживачами інформації, що передбачає використання уніфікованих стандартів формату даних в прямих та зворотних конверторах текстів на базі UN/EDIFACT ООН. Переваги застосування EDI можна визначати через покращення каналів зв'язку між окремими логістичними ланками, сприяння їх інтеграції, зростання продуктивності логістичних систем, зниження логістичних, адміністративних та операційних витрат. Так, у Фінляндії близько 60% імпорتنих декларацій оброблюється виключно в EDI, а оформлення документації з її застосуванням на митниці займає в середньому від 3 до 20 хвилин, В Ісландії – близько 50 % декларацій в EDI за середнього часу виконання митних формальностей близько 15 хвилин. Найбільш успішно EDI технології застосовуються у США. Тут існує декілька незалежних систем: ASC (комерція); ABI (брокерський інтерфейс); ACH (платежі); AMS (подача маніфестів), призначених для автоматизації митного оформлення імпортованих вантажів. У Німеччині також ефективно використовуються подібні системи. Ще у 2002 році компанія Transportdata стандартними телематичними пристроями NavMaster RT, які дозволяють відслідковувати переміщення, оснастила понад 13 тис. вантажних вагонів німецької компанії залізничних вантажних перевезень Railion.

Доступність інформації про місце та час події по всьому транспортному ланцюгу, що забезпечується системою навігації, приваблює клієнтуру та підсилює конкурентні переваги для користувачів на ринку транспортних послуг. Телематичний сервіс відіграє істотну роль в плануванні.

Ефективність логістичних транспортних систем визначається можливістю їх інтеграції з поточними транспортними процесами. Встановлення зв'язку між

усіма учасниками логістичної мережі можливе за формування мережевої автоматизованої системи на основі використання сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій.

Використанням єдиних міжнародних стандартів EDIFACT розширює доступ до інформації і є однією з основних умов розвитку вантажних перевезень. Це підтверджується сучасними ринковими тенденціями у розвитку інформаційних технологій.

### Список використаних джерел

1. Самарець Н. М. Економетричне моделювання на аграрному ринку продукції овочівництва. *Вісник ДДАЕУ*. 2017. № 2. С. 103-107.
2. Кравець М. О. Методи планування змісту та архітектури Web-сайта аграрного підприємства / М. О. Кравець // Математичне моделювання та інформаційні технології в аграрному секторі економіки: монографія. Дніпропетровськ: Біла К. О., 2016. С. 176–188.
3. Макаренко П. М., Васильєва Н. К. Інноваційне забезпечення конкурентоспроможності інтегрованих структур АПК. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2005. № 3 (38). С. 134-137.
4. Васильєва Н. К. Інтегрований інноваційно-інвестиційний розвиток аграрних підприємств з застосуванням інформаційних технологій. *Економічний простір*. Дніпропетровськ: ПДАБА, 2011. № 49. С. 173–180.
5. Пірожак Є. К., Скриньковський Р. М. Сучасні підходи до оцінювання управлінського персоналу підприємства. *Науковий вісн. НЛТУ України*. 2014. № 24. С. 306–311.
6. Келюх О.О., Кравець М.О. Застосування інформаційних технологій при логістичному підході до процесу екологічних перевезень вантажів аграрного призначення. *Ефективна економіка*. URL: [http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/6\\_2018](http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/6_2018)
7. Сучасні інформаційні технології та системи в управлінні. URL: [http://www.investplan.com.ua/pdf/22\\_2015/18.pdf](http://www.investplan.com.ua/pdf/22_2015/18.pdf)

### АНАЛІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ МОТОРНОЇ ОЛИВИ

О. В. ТАВЛУЙ, магістр

Ю. І. РЕВЕНКО, кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Одним із важливих напрямів науково-технічного прогресу має бути радикальне покращення використання природних ресурсів, матеріалів, палива та енергії на всіх стадіях – від комплексної переробки сировини до використання кінцевої продукції. Ресурсозбереження стане вирішальним



джерелом задоволення приросту потреб промисловості та транспорту у сировині, матеріалах, паливі та енергії.

Це так само актуально і для сільського господарства як однієї з основних галузей споживачів паливно-мастильних матеріалів. Тому підвищення рівня експлуатації технічних засобів, збільшення ресурсу їх роботи є одним із найважливіших резервів економії палив та олій у господарській сфері.

Дизель, що є основним типом двигуна, що використовується в сільському господарстві, і в перспективі збереже своє чинне місце як основний привід транспортних засобів.

Значну роль у вирішенні проблеми економії та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів відводять застосуванню високоефективних засобів та систем очищення палив та олів. Скорочення споживання ПММ, у свою чергу, тісно пов'язане з покращенням їх якості та підвищенням ефективності використання. Велику роль при цьому відіграє розробка та широке застосування в системах змащення двигунів внутрішнього згоряння високоефективних та перспективних засобів очищення моторних олів.

Дефіцит нафтової сировини, погіршення якості палива, а також усі зростаючі вимоги до надійності та ресурсу роботи двигуна зумовили нові підвищені вимоги до якості очищення ПММ. Удосконалення засобів очищення моторних одив і палив ДВЗ появою нових різноманітних конструкцій фільтрів та фільтруючих елементів, відцентрових маслоочисників, нових схем та систем дозволяє послабити вплив погіршення якості палива на економічні та ресурсні показники дизеля. Цей захід значною мірою сприяє також зниженню зносу основних деталей та вузлів двигуна, поліпшенню рівня його технічної експлуатації та зменшенню трудомісткості обслуговування.

Важлива роль при цьому відводиться модернізації систем мастила, які обслуговують двигуни. Велике значення набули дослідження, спрямовані на підвищення ефективності агрегатів очищення для гальмування старіння моторних масел, розробку перспективних його сортів. Від якості оливи та ефективності засобів його очищення значною мірою залежить ресурс та надійність двигунів.

Великий вплив на процес забруднення моторних одив та інтенсивність зношування деталей двигуна відіграє якість палива. Використання в двигуні внутрішнього згоряння палива яке має низьку якість, високу щільність і в'язкість, істотно впливають на загальний стан оливи і двигуна. Насамперед, це пов'язано з інтенсивним надходженням у моторну оливу у великих кількостях продуктів неповного згоряння палива (погане розпилювання, сумішоутворення та згоряння).

Абразивна дія вуглецевих частинок неповного згоряння палива, що надходять у оливу і мають твердість, що перевищує твердість матеріалу деталей двигуна, значно збільшує знос дзеркала циліндрів та поршневих кілець і поршня. При цьому знос деталей циліндро-поршневої групи значною мірою залежить від термостабільності, миючих та нейтралізуючих властивостей оливи.

Легування моторних олив для поліпшення експлуатаційних властивостей присадками, до складу яких входять солі металів, підвищує зольність масла і призводить до таких негативних наслідків як збільшення швидкості зношування основних деталей двигуна внутрішнього згоряння та утворення твердих відкладень на днищі та верхній частині бічної поверхні поршня. Зольні продукти спрацьовування присадок і частинок зношування деталей, циркулюючи також і в системі мащення, сприяють окислювальним процесам, будучи їх каталізаторами. Таким чином, моторні оливи, що використовуються в даний час, без відповідного очищення не в повній мірі задовольняють вимогам експлуатації сучасних двигунів і практично не можуть забезпечити їх надійну, довговічну та економічну роботу.

Найбільш раціональним напрямком, що дозволяє певною мірою компенсувати негативний вплив високов'язкого палива на роботу двигуна внутрішнього згоряння та недолік вихідної якості оливи, є комплексне покращення ефективності тонкої очистки моторної оливи з розробкою нових принципів очищення та подальше вдосконалення систем мащення та більш ефективних конструкцій маслоочисників. Значна інтенсифікація основних напрямів зміни параметрів масла (забруднення, розкладання та спрацьовування присадок, термоокислювальна деструкція тощо) призвела до посилення умов роботи агрегатів очищення. З іншого боку, підвищення властивостей моторних олив, що мають високий мийно-диспергувальний потенціал, призвело до зниження ефективності засобів очищення, що використовуються в системах мащення.

Поліпшення якості очищення моторних олив у двигунах внутрішнього згоряння здійснюється за такими основними напрямками: удосконалення конструкцій фільтрів та фільтруючих елементів; підвищення функціональних властивостей використаних фільтрувальних матеріалів; оптимізація основних параметрів маслоочисників та систем очищення оливи; створення комбінованих засобів очищення.

Застосування комбінованої системи очищення моторних олив, що включає повнопроточний фільтр тонкого очищення і відцентровий очищувач добре зарекомендувало себе у високофорсованих дизелях. Разом з тим слід зазначити, що потенційні можливості комбінованих засобів очищення ще далеко не вичерпані.

Для повного використання всіх закладених у них ресурсів, необхідно здійснити оптимізацію експлуатаційних параметрів засобів очищення та режимів їх функціонування, вдосконалити методику розрахунку та вибору складу та параметрів, що входять до системи очищення оливи. Розробка та створення високоефективних агрегатів та схем очищення оливи повинна базуватися на глибокому дослідженні всіх складових елементів багатоланкової хімотологічної системи "дизель - паливо - олія - засоби очищення".

Оливу слід розглядати як елемент мастильної системи дизеля. Вона може довго і надійно працювати (виконувати свої функції) тільки за умови відповідності її властивостей тим термічним і механічним впливам, яким

піддається моторна олива на поверхнях деталей, що змащуються, охолоджуються або омиваються в системі мащення дизеля. Взаємне узгодження конструкції дизеля з властивостями оливи - один із найважливіших засобів досягнення високої експлуатаційної надійності дизелів.

Посилення адгезійної та каталітичної активності нерозчинних домішок в моторній оливі системи мащування двигунів з високим наддувом, а також погіршення роздільності мастильного середовища унеможливили задоволення вимог до ефективного очищення олії та тривалої необслуговуваної роботи очисників тільки за рахунок фільтрування або відцентрового очищення. Розробка принципово нових комбінованих систем та агрегатів очищення моторної оливи може вирішити протиріччя між тонкістю очисткою та надійним захистом вузлів тертя від великих частинок забруднень, повного очищення моторної оливи та терміном служби фільтруючого елемента.

**УДК 664.7:658**

## **КЛАСИФІКАЦІЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ**

**Ю. А. НОВИЦЬКИЙ**, інженер,  
**ТОВ «ВіДі - Скай»**, м. Київ,

**А. В. НОВИЦЬКИЙ**, к.т.н., доцент,

**З. В. РУЖИЛО**, к.т.н., доцент,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
E-mail: novickii\_yurka@ukr.net, Novytskyu@nubip.edu.ua, ruzhylo@nubip.edu.ua

Наукові дослідження і світова практика показують, що збільшення виробництва продукції тваринництва можливе за рахунок якісної підготовки кормів до згодовування згідно зоотехнічних вимог [1, 2]. Одним з найбільш трудомістких процесів при підготовці кормів для великої рогатої худоби є подрібнення. Провідне місце в якійсній годівлі тварин відводиться засобам для приготування і роздавання кормів (ЗПРК), які відрізняються конструкцією і принципом дії [2]. Залежно від виду складових кормів і вимог до подрібненого продукту визначаються типи машин і параметри їх робочих органів. Зростаюча вартість ЗПРК та розширення модельних рядів їх випуску для більшості заводів-виробників обумовлюють актуальність основних напрямків їх удосконалення, які включають підвищення їх ефективності та надійності, зниження матеріаломісткості та енергоємності.

В останні десятиліття зафіксовано понад 30 фірм, які спеціалізуються на виробництві ЗПРК, ефективно використовуються в тваринництві і мають визнання на міжнародному рівні. Як показує аналіз, зарубіжні та вітчизняні машинобудівні підприємства пропонують різні варіанти ЗПРК, які можна

класифікувати наступним чином: за типорозміром; видом і кількістю робочих органів; конструктивно-технологічними особливостями [3, 7].

Аналіз літературних джерел показує, що в європейських країнах виготовляється понад 170 подрібнювачів-змішувачів-роздавачів кормів з об'ємом бункера від 5 до 30 м<sup>3</sup>. Представлений широкий спектр зарубіжних ЗПРК вказує на той факт, що до теперішнього часу світова наука і практика не відпрацювала їх оптимальні варіанти. На протязі останніх десятиліть в країнах Європейського союзу створення ЗПРК для ферм ВРХ проводилось за трьома напрямками [3]: в Центральній Європі – вертикального типу змішування; в Ірландії - лопатевого типу для змішування вологих кормів, в Італії – горизонтального типу для змішування сухих кормів.

В останні роки в тваринництві можна спостерігати значне оновлення машин і обладнання, включаючи ЗПРК [4-6]. Разом з тим, оновлення машин та обладнання проходить не лише за рахунок надходження в експлуатацію сучасних зарубіжних та вітчизняних зразків засобів для приготування і роздавання кормів [3], але й за рахунок заміни машин з горизонтальними шнеками механізму подрібнення-змішування на відповідні засоби з вертикальними шнеками [4-6].

Попередніми дослідженнями встановлено [1, 2, 4], що надійність механізму подрібнення-змішування ЗПРК в значній мірі лімітується довговічністю робочих органів. Удосконалення існуючих та розробка нових конструктивних рішень робочих органів ЗПРК здійснюється на основі вивчення конструкції, умов експлуатації, характерних пошкоджень та способів відновлення.

Виходячи з вивчення нормативно-технічної документації, керівних матеріалів на використання та каталогів [7, 8], робочі органи типу «ніж» ЗПРК можна умовно класифікувати за наступними групами [9]:

- сегментного типу: з прямим ножом, з лівим зігнутих ножом; з правим зігнутих ножом;
- ніж зігнутий;
- ніж із зігнутих лезом лівим; ніж із зігнутих лезом правим;
- ніж із гладким круглим лезом і квадратним отвором; ніж із гладким круглим лезом і отвором;
- ніж із зубчатим круглим лезом (9-13 зубців);
- ніж із SEKO зірочкою I; ніж із SEKO зірочкою II; ніж із SEKO зірочкою III;
- ніж із квадратним гладким лезом і квадратним отвором; ніж із квадратним гладким лезом і круглим отвором;
- сегментні ножі із зубчатим лезом лівим; сегментні ножі із зубчатим лезом правим;
- ніж із полу круглим гладким лезом і квадратними отворами; ніж із полу круглим гладким лезом і круглими отворами;
- ніж із зубчатим лезом: з круглими отворами; квадратними отворами; овальними отворами;

- леза з вольфрамовим покриттям.

З огляду на конструктивне виконання ножів ЗПРК та особливості їх зносу встановлено, що для більшості з них, найбільш доцільним є можливість відновлення. Забезпечення надійності робочих органів ЗПРК дуже часто пов'язані з вирішенням наступних завдань [4, 9]: встановленням класу і групи; встановленням критеріїв граничного стану; обґрунтуванням граничних і допустимих при ремонті зносів; дослідженням ремонтного фонду; обґрунтуванням способу відновлення.

### Список використаних джерел

1. Zinoviy Ruzhylo, Andriy Novitskii, Dmytro Milko, Volodymyr Bulgakov, Ivan Beloev, Adolfs Rucins. Mathematical model for reliability assessment of device for preparation and distribution of animal feed as “Man-Machine”. Engineering for rural development. 25-27.05.2022 Jelgava, 2022. pp. 911-917.

2. Novitskiy, A. V. Metodichni pidhodi otsinki nadIynosti lyudini-operatora, yak skladovoyi sistem «lyudina–mashina–seredovische». *Visnik HNTUSG Im. Petra Vasilenka.–Harkiv, HNTUSG.–Vip*, 2013, 133: 243-248.

3. Pylypaka S. F., Klendii M. B., Trokhaniak V. I., Pastushenko A. S., Novitskiy A. V. Movement of a material particle on an inclined plane all the points of which describe circles in oscillatory motion in the same plane. Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. №1 (97) / 2020. Karaganda, 2020. pp. 122–131.

4. Новицький А. В., Ружило З. В. Визначення функції готовності систем «людина – машина» при зростанні інтенсивностей відмов. *Machinery & energetics. Journal of Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No. 2. P. 89–96.

5. 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.

6. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Технічна оцінка споживчих якостей сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 264 ( 2017). С. 293–303.

7. Новицький А. В. Моніторинг технічного стану ЗПРК за керівними матеріалами на їх експлуатацію. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки, Кропивницький. Україна. 2022. Вип. 5(36), ч. II. С. 73–85.

8. Новицький А. В., Харьковський І. С., Новицький Ю. А. Моніторинг технічного стану сільськогосподарської техніки за керівними матеріалами на її експлуатацію. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12, No 4. P. 85–93.

9. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Класифікація робочих органів типу «ніж» засобів для приготування і роздавання кормів. Науковий вісник



Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262 ( 2017). С. 287–296.

**УДК 631.316.022.4**

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПОСІВНОЇ ТЕХНІКИ**

**А. В. НОВИЦЬКИЙ**, к.т.н., доцент,

**М. В. ЮРЧУК, А. М. ЩЕКАЛЬОВА**, студенти

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: Novytskyy@nubip.edu.ua, nicolas14231327@gmail.com*

Сучасні сівалки та посівні машини можна віднести до складних багатофункціональних людино-машинних систем [1]. До основних параметрів оцінки ефективності функціонування людино-машинних систем можна віднести надійність і продуктивність. Підвищити ресурс сучасних посівних комплексів і зернових сівалок можна за рахунок використання сучасних технологій відновлення їх робочих органів, встановлення оптимальних значень параметрів і режимів технологічного процесу. Дискові сошники зернових сівалок характеризуються низькою довговічністю через інтенсивне зношування в абразивному ґрунтовому середовищі. Дослідженнями встановлено, що в результаті абразивного зносу дисків сошників зернових сівалок, останні мають напрацювання в 1,5 ... 2 рази менше від планованого [2]. Дискові сошники втрачають свою працездатність в тому випадку, коли відстань між ріжучими крайками дисків в місці, де вони сходяться на сошнику становлять понад 5 мм. Це відбувається за рахунок зменшення зовнішнього діаметра дисків, що в значній мірі знижує якість загортання насіння в ґрунт.

Практика використання сівалок підтверджує, що сошники з відстанню між ріжучими крайками дисків 3...4,5 мм укладають 95% насіння на глибину 30...50 мм, а зношені по зовнішньому діаметру до 320...330 мм – тільки 43%. Низький ресурс дисків свідчить про необхідність проведення заходів щодо підвищення довговічності посівної техніки.

Аналіз літературних джерел показує, що нерівномірне зношування лез призводить до втрати конструктивних параметрів дисків, необхідних для якісного виконання технологічного процесу посіву. Внаслідок їх затуплення збільшується тяговий опір сошників, що негативно впливає на енергоємність процесу, витрат паливно-мастильних матеріалів. Це вказує на необхідність в додатковому загострюванні або заміні зношених сошників.

Потребують вивчення закономірності процесу та характер зношування дискових сошників, технологій відновлення для різних умов ремонтно-обслуговуючої бази аграрних підприємств.

### **Список використаних джерел**

1. Новицький А. В. Інноваційність надійного функціонування операторів складних технічних систем «людина-машина» в рослинництві. Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2018. Вип. 282. С. 236–244.
2. Назар І. Б. Ремонт дисків сошників зернової сівалки відновленням їх різальної крайки. Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». 2003. №33. С. 196-200.

## ЗМІСТ

стор.

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

#### ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ МЕХАНОЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ ПРИПРАЦЮВАННЯМ

*Аулін В. В., Чернай А. Є., Гриньків А. В., Лисенко С. В.* 10

#### ОКРЕМІ ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧОГО ШАРУ ЧАВУННИХ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ

*Автухов А. К., Ковалевський Є. В., Стріляний М. О.* 13

#### ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКЦІЇ СІРКИ ТА ФОСФОРУ ПІД ЧАС ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ

*Рибалко І. М., Захаров А. В., Сайчук О. В.* 14

#### ЙМОВІРНІСНЕ ОБГРУНТОВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПАСУ ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА РАПТОВИМИ МЕХАНІЧНИМИ ВІДМОВАМИ

*Алфьоров О. І., Савченко В. Б.* 16

#### АБРАЗИВНІ ВЛАСТИВОСТІ СЕРЕДОВИЩА ҐРУНТУ

*Борак К. В., Руднік Д. І.* 18

#### АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ЛЕМЕШІВ ПЛУГІВ

*Василенко М. О., Буслаєв Д. О., Калінін О. Є., Кононогов Ю. А.* 21

#### ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЛАЗЕРНИМ ТЕРМОЗМІЦНЕННЯМ

*Мартиненко О. Д., Автухов А. К., Лисенко С. В.,  
Тимошенко М. Л., Новіков Р. В.* 24

#### КАПІТАЛІЗАЦІЯ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА ЇХ ІНВЕСТИЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

*Захарчук О. В.* 26

#### ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Герук С. М.* 29

УСТАНОВКА ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ  
ФЕРОПОРОШКОМ

*Руденко В. Г., Бучко І. О., Добранський С. С., Кіриєнко М. О.* 32

РОБОТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК АСПЕКТ ФОРМУВАННЯ  
ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ

*Мельник В. І., Ахмедов Р. Ф.* 34

ВПЛИВ СИРОВИННОЇ СКЛАДОВОЇ НА ФОРМУВАННЯ РИНКУ  
АВТОМОБІЛІВ (НА ПРИКЛАДІ КРЕМНІЄВОГО ДЕФІЦИТУ)

*Лісецький М., Балюк Б., Мельник В.* 35

МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ САМОСТІЙНОЇ  
НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТА ПРИ  
ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ «ВИЩА МАТЕМАТИКА»  
В РЕАЛІЯХ СЬОГОДЕННЯ

*Ружило М. Я.* 37

ДЕРЖАВНА ПІДТРИМКА АПК. СВІТОВИЙ ДОСВІД  
ТА УКРАЇНСЬКІ РЕАЛІЇ

*Іванов Б., Соснов В., Мельник В.* 40

НАДІЙНІСТЬ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

*Новицький А. В., Погорілий Я. В., Новицький Ю. А.* 43

ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗЕРНОВИХ  
КОРМОДРОБАРОК РОТОРНОГО ТИПУ

*Новицький А. В., Харьковський І. С., Бовкун Я. В.* 46

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ НАДІЙНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ  
СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ У ТВАРИННИЦТВІ

*Новицький А. В.* 48

АГРОФАРМАЦЕВТИЧНІ КЛАСТЕРИ. НОВІТНІ ПІДХОДИ У  
ФОРМУВАННІ ЯКІСНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

*Сагатович С., Грембецька М., Мельник В.* 51

АНАЛІЗ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА НАДІЙНОСТІ  
ІШПОНКОВИХ З'ЄДНАНЬ ДОТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Куликівський В. Л.* 54

|                                                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ЗАКОНОМІРНОСТІ АБРАЗИВНОГО РУЙНУВАННЯ<br>ДЕФОРМОВАНОЇ СТАЛІ<br><i>Дворук В. І., Бучко І. О., Кіриєнко М. О.</i>                                                                     | 57 |
| АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОДЕРЖАННЯ ТА НАДІЙНОСТІ<br>НЕРУХОМИХ ГЛАДКИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ З'ЄДНАНЬ<br>ДЕТАЛЕЙ МАШИН<br><i>Боровський В. М., Куликівський В. Л.</i>                                  | 59 |
| ЗЕРНОВА ЛОГІСТИКА В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА<br>ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ<br><i>Вишинецька О. В., Навроцький Я. Ф.</i>                                                                  | 61 |
| КОНСТРУКЦІЙНІ СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ<br>ДЕТАЛЕЙ МАШИН<br><i>Герук С. М.</i>                                                                                              | 64 |
| ВПЛИВ РЕЖИМІВ НАНЕСЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОГО МАТЕРІАЛУ<br>НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ СТАЛІ 30MNB5<br><i>Василенко М. О., Буслаєв Д. О., Калінін О. Є., Кононогов Ю. А.</i>                          | 67 |
| ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ РІДИННОГО СЕРЕДОВИЩА НА<br>ТВЕРДІСТЬ ЗМІЦНЕНОЇ ПОВЕРХНІ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ<br>ОБРОБЛЕННЯМ<br><i>Василенко М. О., Буслаєв Д. О., Калінін О. Є., Кононогов Ю. А.</i> | 68 |
| ОСОБЛИВОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИ<br>ВИКОРИСТАННІ МОДЕЛЕЙ ПОЄДНАННЯ ВИПАДКОВОГО<br>НАВАНТАЖЕННЯ ТА ДЕТЕРМІНОВАНОЇ НЕСУЧОЇ ЗДАТНІСТІ<br><i>Алфьоров О. І.</i>                 | 69 |
| СИСТЕМА ЗАХИСТУ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ<br>VPN-З'ЄДНАННЯ<br><i>Мальченко П. О., Іванов Г. О.</i>                                                                                | 71 |
| АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ КЛАСИФІКАЦІЇ КЛІЄНТІВ БАНКУ ПРИ<br>ОТРИМАННІ КРЕДИТУ<br><i>Мальченко П. О., Іванов Г. О.</i>                                                                         | 73 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕРМОДИFUЗІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ<br>ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ (НА ПРИКЛАДІ<br>ДИСКІВ ЛУЩИЛЬНИКА)<br><i>Тришевський О. І., Чернявський К. С.</i>        | 76 |



|                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ<br>АГРОІНЖЕНЕРІВ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ПРИРОДНИЧИХ<br>ДИСЦИПЛІН<br><i>Бондар М. М.</i>                                             | 77  |
| АНАЛІЗ МЕТОДУ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ ДЕТАЛЕЙ<br><i>Рибалко І. М., Тіхонів О. В., Білоконь С. С.</i>                                                              | 80  |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСА<br>ЗАДНЬОГО МОСТА ТРАКТОРА МТЗ-892<br><i>Макаренко І. М., Сиволапов В. А.</i>                                         | 83  |
| ЗНОШУВАННЯ ОБЕРТОВИХ РІЗЦІВ ДОРОЖНЬОЇ ФРЕЗИ<br><i>Рибалко І. М., Тіхонов О. В., Гобиш В. С.</i>                                                                     | 86  |
| ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ УСТАНОВ І ОРГАНІЗАЦІЙ,<br>ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТЕХНІКИ<br><i>Автухов А. К., Адаменко О. Г.</i>                                  | 88  |
| ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОТОЧНОГО<br>РЕМОНТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ<br>СЕРВІСНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ<br><i>Бантковський В. А., Дерябкіна Є. С.</i> | 89  |
| ОБҐРУНТУВАННЯ ПЛОЩІ КОНТАКТУ ЗАХОПЛЮВАЧА<br>ЗНІМАЧА З ВНУТРІШНІМ КІЛЬЦЕМ ПІДШИПНИКА<br><i>Рис В. І.</i>                                                             | 91  |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ<br>КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРІВ МТЗ ТЯГОВОГО КЛАСУ 14<br>КН<br><i>Оксімчук Б. М., Сиволапов В. А.</i>                    | 94  |
| КОЛІСНІ ГАЛЬМА ТРЕЛЮВАЛЬНИХ ТРАКТОРІВ ЛТ-171,<br>НЕСПРАВНОСТІ ТА МЕТОДИ ЇХ УСУНЕННЯ.<br><i>Попович К. А., Сиволапов В. А.</i>                                       | 96  |
| ОСНОВНІ ДЕФЕКТИ БЛОК-КАРТЕРА ДВИГУНА ЯМЗ-238 .<br><i>Прилуцький М. Ф., Сиволапов В. А.</i>                                                                          | 99  |
| ЗАХИСТ БЛОКУ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ ВІД КАВІТАЦІЇ<br><i>Стис В. О., Сиволапов В. А.</i>                                                                                 | 102 |

|                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ<br>РЕДУКТОРА ВАЛА ВІДБОРУ ПОТУЖНОСТІ ТРАКТОРІВ ХТЗ<br><i>Тамазян М. С., Сиволапов В. А.</i>                                                                                             | 104 |
| ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ<br>СИЛОВОГО АГРЕГАТУ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ЇХ<br>ПРИПРАЦЮВАННЯМ В МАСТИЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ З<br>ДОБАВКАМИ МОДИФІКАТОРІВ ТЕРТЯ<br><i>Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Лівіцький О. М.</i> | 107 |
| ЗЕМЕЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ<br><i>Бащук Л. В.</i>                                                                                                                                                                                        | 110 |
| ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ ПРОХОДІВ ЕЛЕКТРОДІНСТРУМЕНТОМ<br>ПРИ ЕЛЕКТРОІСРОВІЙ ОБРОБЦІ НА ЯКІСТЬ<br>НАНЕСЕНОГО ПОКРИТТЯ<br><i>Мартиненко О. Д., Лисенко С. В., Сіренко Є., Сіренко О.</i>                                                        | 111 |
| АНАЛІЗ ПРИЧИН ВІДМОВ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ<br><i>Шевченко В. В., Балюк Б. А., Ревенко Ю. І.</i>                                                                                                                                    | 113 |
| УМОВИ РОБОТИ ТА ПРИЧИНИ ВТРАТИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ<br>ІШПЦЕВИХ ДЕТАЛЕЙ<br><i>Тіщенко Ю. О., Ревенко Ю. І.</i>                                                                                                                              | 115 |
| АНАЛІЗ ПРИЧИН ЗНИЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ<br>НАДІНОСТІ СИСТЕМИ ПОДАЧІ ПАЛИВА<br><i>Карпенко С. С., Ревенко Ю. І.</i>                                                                                                                     | 117 |
| ПРИЧИНИ ВИХОДУ З ЛАДУ ТА МЕХАНІЗМ ЗНОШУВАННЯ<br>ІШПОНКОВИХ З'ЄДНАНЬ<br><i>Ювченко І. В., Ревенко Ю. І.</i>                                                                                                                            | 120 |
| САЛОННІ ФІЛЬТРИ WIX ДЛЯ САМОХІДНОЇ<br>СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ<br><i>Литвиненко В. В., Попик П. С.</i>                                                                                                                           | 122 |
| СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ<br>ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗПОДІЛЬНИКІВ<br><i>Новицький А. В., Щербак О. О., Бащук Р. В.</i>                                                                                                     | 125 |
| ПЕРСОНАЛ ПІДПРИЄМСТВА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ<br><i>Савицький О. В., Попик П. С.</i>                                                                                                                                                       | 127 |

|                                                                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПИЛЕНOSTІ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА<br><i>Мороз О. В., Попик П. С.</i>                                                                                                                         | 129 |
| СИСТЕМА ОЦІНКИ ТРУДОВИХ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВА<br>ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ<br><i>Яценко І. І., Попик П. С.</i>                                                                                                   | 131 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФІЛЬТРА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ<br>ОЛИВИ СИСТЕМИ МАЩЕННЯ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО<br>ЗГОРЯННЯ<br><i>Троц А. А., Бистрий О. М., Ружило З. В., Банний О. О., Попик П. С.</i>                     | 133 |
| ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ<br>СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН<br><i>Новицький А. В., Стоян О. В., Воцан В. Г.</i>                                                                                            | 137 |
| МЕТОДИКА КОНТРОЛЮ СПІВВІСНОСТІ ОТВОРІВ<br>ОПОР ПІД РОЗПОДІЛЬЧИЙ ВАЛ З ПОШКОДЖЕНИМИ<br>ТЕХНОЛОГІЧНИМИ БАЗАМИ<br><i>Банний О. О., Бистрий О. М., Йолдич О. О.</i>                                           | 139 |
| ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН<br><i>Бистрий О. М., Макаrchук О. В.</i>                                                                                                                       | 142 |
| <b>Секція 2 «Прикладна механіка»</b>                                                                                                                                                                      |     |
| ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РУХУ<br>АСИМЕТРИЧНОГО ПОСІВНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО<br>АГРЕГАТУ<br><i>Булгаков В. М., Надикто В. Т.</i>                                                             | 145 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ АРМОВАНОЇ<br>БЕТОННОЇ ПЛИТИ З ПОВЕРХНЕВОЮ ТРІЩИНОЮ<br><i>Куценко А. Г.</i>                                                                                                  | 146 |
| НАУКОВІ ПРОБЛЕМИ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ НА<br>СУЧАСНОМУ ЕТАПІ<br><i>Головач І. В.</i>                                                                                                                     | 148 |
| ЕФЕКТИ ПРОЯВИ ДІЛЯНОК ТЕКУЧОСТІ У ЛИСТОВИХ<br>АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВАХ З РІЗНИМ ВИХІДНИМ ФАЗОВИМ<br>СКЛАДОМ ЗА РАХУНОК РЕАЛІЗАЦІЇ УДАРНО-<br>КОЛИВАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ<br><i>Чаусов М. Г., Пилипенко А. П.</i> | 149 |

REVIEW OF DEVELOPMENT OF AN INSTRUMENTATION  
SYSTEM FOR MEASURING TRACTIVE PERFORMANCE OF  
TRACTOR

*Babalola A. A., Adisa A. F., Aderinlewo A. A., Adesodun J. K.* 150

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАЛЬНОГО РУХУ ОЧИСНИКА  
ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛІДНИХ КУЛЬТУР ВІД ЗАЛИШКІВ ГИЧКИ  
НА КОРЕНІ

*Будзанівський М. І.* 153

USING CFD SIMULATION IN POULTRY HOUSE WITH SIDE  
VENTILATION SYSTEM

*Trokhaniak V. I.* 156

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЕРНОВОГО  
МАТЕРІАЛУ МІЖ ГВИНТОВИМИ СЕКЦІЯМИ ТРАНСПОРТЕРА

*Троханяк О.М.* 159

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВІБРАЦІЙНОЇ  
СУШАРКИ ДЛЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

*Черниш О. М.* 161

ДО ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ УДАРУ ПІД ЧАС ПОДІЛУ  
КОРЕНЕВИЩ МІСКАНТУСУ НА ЧАСТИНИ ТА РИЗОМИ

*Присяжний В. Г. , Каспрович І. К.* 163

ОБГРУНТУВАННЯ МАСИ ОБРІЗНИКА ЗАЛИШКІВ ГИЧКИ  
КОРЕНЕПЛОДІВ

*Бойко В. А.* 165

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДРІБНЕННЯ ГИЧКИ  
КОРЕНЕПЛОДІВ РОТОРНИМ ГИЧКОРІЗОМ

*Кухар О. Г.* 168

ПОРІВНЯННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ  
ФРОНТАЛЬНОЇ ГИЧКОЗИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

*Ігнат'єв Є. І., Чибічик І. І.* 171

**Секція 3 «Надійність технологічних систем у рослинництві»**

BASIC CONCEPTUAL PROVISIONS OF PRODUCTION  
MANAGEMENT OF AGROENGINEERING

*Rogovskii I. L.* 175

|                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| МОДЕЛЬ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ ОДНОВИМІРНОГО<br>РУХУ НЕСТИСКУВАНИХ РІДКИХ СЕРЕДОВИЩ<br>ГІДРОСИСТЕМ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА<br><i>Задорожнюк Д. В.</i>                   | 177 |
| TENDENCIES OF PARK OF GRAIN HARVESTING COMBINERS<br><i>Ishchenko V. V.</i>                                                                                                | 180 |
| GRAIN LOSSES AT THRESHER AND GRAIN PURITY IN BUNKER<br>OF GRAIN HARVESTER<br><i>Velgas O. V.</i>                                                                          | 182 |
| EFFICIENCY OF GRAIN HARVESTER WITH CLASSIC<br>SCHEMETHRESHING-SEPARATION DEVICE AND WITH AXIAL-<br>ROTOR TYPE<br><i>Nadtochiy O. V.</i>                                   | 184 |
| SMART TECHNOLOGIES OF TECHNICAL CONTROL OF<br>MACHINE USE OF SELF-PROPELLED BEET HARVESTERS<br><i>Kobernik M. V.</i>                                                      | 188 |
| APPROACHES TO FORMATION OF PARK OF HIGHLY<br>PRODUCTIVE GRAIN HARVESTING COMBINERS<br><i>Kalinichenko D. Yu.</i>                                                          | 191 |
| SELF-PROPELLED SPRAYERS: DESIGN COMPARISON<br><i>Liubchenko I. S.</i>                                                                                                     | 194 |
| STORAGE OF GRAIN HARVESTERS UNDER CANOPY<br><i>Kuzmich I. M.</i>                                                                                                          | 197 |
| КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА<br>ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ<br>АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ<br><i>Анеляк М. М., Кузьмич А. Я.</i> | 200 |
| СТРУКТУРНІСТЬ ВІДЕОЕНДОСКОПІЇ ПАРАМЕТРІВ<br>ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ<br><i>Швидун О. В.</i>                                                             | 202 |
| ANALYTICAL PROVISIONS FOR DETERMINING THE<br>TECHNICAL READINESS OF GRAIN HARVESTERS<br><i>Mozharivsky D. M.</i>                                                          | 204 |



|                                                                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| СТРУКТУРНІСТЬ СЕЗОННИХ ВІДМОВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ<br>КОМБАЙНІВ<br><i>Шатров Р. Р.</i>                                                                                                                   | 206 |
| OPTIMIZATION METHODS OF PARALLEL COMPLEX SYSTEM<br>OF MACHINERY OF PLANTING<br><i>Sivak I. M.</i>                                                                                                   | 209 |
| GROUP COMMUNICATIONS OF THE SYSTEM FOR<br>RESTORATION OF WORKING CAPACITY OF GRAIN<br>HARVESTING COMBINERS<br><i>Nychay I. M.</i>                                                                   | 214 |
| СТРУКТУРНІСТЬ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ<br>STRIP-TILL<br><i>Сакунов Д. І.</i>                                                                                                                   | 217 |
| ADDITIVITY IN SYSTEM OF RESTORATION OF PERFORMANCE<br>OF GRAIN HARVESTING COMBINERS<br><i>Titova L. L.</i>                                                                                          | 221 |
| ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ<br>МАШИНОВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНОГО<br>ЗАХИСТУ РОСЛИН<br><i>Осадчий І. О.</i>                                                                               | 225 |
| ВИКОРИСТАННЯ АГРОДРОНІВ В СИСТЕМІ ТОЧНОГО<br>ЗЕМЛЕРОБСТВА<br><i>Васильковська К. В., Андрієнко І. А., Філончук А. С.</i>                                                                            | 228 |
| КОМБІНОВАНИЙ ҐРУНТООБРОБНИЙ АГРЕГАТ<br><i>Мартишко В. М., Ростовський А. В.</i>                                                                                                                     | 230 |
| ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РОТАЦІЙНОГО<br>ПРОТРУЮВАЧА ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ ДЛЯ ПОШАРОВОЇ<br>ОБРОБКИ НАСІННЯ<br><i>Ратушний В. В., Вітрух П. І., Косовець Ю. В., Маранда С. О.,<br/>Онищенко В. Б.</i>  | 232 |
| ДО ПИТАННЯ УТОЧНЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА<br>ВИКОРИСТАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ ШИРИНИ ЗАХВАТУ<br>АГРЕГАТУ<br><i>Деркач О. Д., Макаренко Д. О., Бондаренко О. О., Титаренко С. С.,<br/>Дворник О. В.</i> | 235 |

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ СТАБІЛЬНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ<br>ФРОНТАЛЬНОГО ПЛУГА БЕЗ ОПОРНОГО КОЛЕСА<br><i>Петров Г. А.</i>                                     | 238 |
| ДО ВИЗНАЧЕННЯ ФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНА<br><i>Васильковський М. О., Васильковський О. М.</i>                                                  | 239 |
| COMPARATIVE ANALYSIS OF MINERAL FERTILIZER<br>SPREADERS<br><i>Fursa O. O., Volina T. M.</i>                                                       | 241 |
| ОБГРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ НА<br>УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ<br><i>Теслюк В. В., Драганер Г. Ю.</i>                                          | 242 |
| ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЛУЩИЛЬНИХ МАШИН<br><i>Бокоч В. В., Воліна Т. М.</i>                                                                           | 244 |
| АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДЦЕНТРОВО-<br>ПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРАТОРА ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ<br><i>Петренко Д. І., Нетеса В. Є.</i>                           | 246 |
| ОБГРУНТУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО<br>АГРЕГАТУ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ КУЛЬТУР<br><i>Теслюк В. В., Гулянський В. В.</i>             | 249 |
| ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МІКОБІОПРЕПАРТІВ ДЛЯ<br>ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН<br><i>Теслюк В. В., Перетятко І. Ю.</i>                 | 250 |
| ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ<br>МОДУЛІВ ДО МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ<br>ТИПУ «АВТОТРАКТОР»<br><i>Мірний В. Ю., Погорілий С. П.</i> | 252 |
| КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОДАТКОВИХ РОБОЧИХ<br>ОРГАНІВ ЧИЗЕЛЬНИХ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧІВ<br><i>Лещенко С. М.</i>                                     | 254 |
| ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ<br>ПОВІТРЯНИХ КАНАЛІВ<br><i>Нестеренко О. В., Грузденко В. О.</i>                                   | 257 |

|                                                                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СЕПАРУВАННЯ<br>ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ<br><i>Теслюк В. В., Кініченко А. О.</i>                                                                                              | 259 |
| АКТУАЛЬНІСТЬ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ І ПАРАМЕТРІВ<br>ГРУНТООБРОБНОГО ОРГАНУ<br><i>Теслюк В. В., Санчук Б. Ю., Ікальчик М. І.</i>                                                                     | 260 |
| АНАЛІЗ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ<br>ГРУНТУ ПІД СІВБУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ<br><i>Теслюк В. В., Вечера О. М., Покидько М. М.</i>                                                                          | 261 |
| ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ<br>РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКОВИХ БОРІН З ҐРУНТОМ<br><i>Теслюк В. В., Швора В. О., Ікальчик М. І.</i>                                                     | 262 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РОТОРНОГО КАРТОПЛЕКОПАЧА<br><i>Теслюк В. В., Топоринський В. І., Ікальчик М. І.</i>                                                                                             | 263 |
| ТЕХНІЧНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОРІДЖУВАННЯ<br>ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ<br><i>Теслюк В. В., Мацюк К. І.</i>                                                                                                | 266 |
| АНАЛІЗ ГРИБНИХ МІКОБІОПРЕПАРАТІВ В ЗАХИСТІ РОСЛИН<br><i>Теслюк В. В., Ярощук Д. Г.</i>                                                                                                             | 268 |
| ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПОСІВУ ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ<br>ВИСІВНИХ АПАРАТІВ БУРЯКОВИХ СІВАЛОК<br><i>Гура М. М., Потик П. С.</i>                                                                            | 270 |
| ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ<br>СХЕМИ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО РОЗСІВАЛЬНОГО<br>РОБОЧОГО ОРГАНУ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ<br>МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ<br><i>Онищенко В. Б., Онищенко Б.В.</i> | 271 |
| <b>Секція 4 «Надійність технологічних систем у тваринництві»</b>                                                                                                                                   |     |
| СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ГАЛУЗІ РИБНИЦТВА В УКРАЇНІ<br><i>Уманський М. О., Братішко В. В.</i>                                                                                                           | 275 |

|                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ЕКОЛОГІЯ І СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО<br><i>Хмельовський В. С.</i>                                                                                                                                | 277 |
| ОБґРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА<br>ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СОЄВОГО ЗАМІННИКА<br>МОЛОКА<br><i>Соляник С. О., Потапова С. Є.</i>                                                           | 278 |
| ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СТРИГАЛЬНИХ МАШИНОК<br><i>Ребенко В. І.</i>                                                                                                                          | 281 |
| ЕКСПЕРИМЕНТЕЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ<br>ВАКУУМНОГО СУШІННЯ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ В КАЧАНАХ<br><i>Степаненко С. П., Швидя В. О.</i>                                                         | 283 |
| АНАЛІЗ СТРУКТУРИ МОЛОЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ІРЛАНДІЇ<br><i>Гончар О. М., Ачкевич О. М.</i>                                                                                                       | 286 |
| ПЕРЕВАГИ ПЕРЕПЕЛИНОГО ПОСЛІДУ У ВИГЛЯДІ ГРАНУЛ<br><i>Комар А. С.</i>                                                                                                                         | 287 |
| ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИХОДУ БІОГАЗУ ПРИ<br>МОНОДЕСТРУКЦІЇ ГНОЮ ВРХ МЕТАНОГЕНАМИ<br><i>Дворник Є. О., Поліщук В. М.</i>                                                               | 290 |
| ПРОДУКТИВНІСТЬ І СТАБІЛЬНІСТЬ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ<br>ВАКУУМНИХ НАСОСІВ Є ЗАПОРУКОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ<br>ВЕЛИЧИНИ РОБОЧОГО РОЗРІДЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ<br>ЛІНІЯХ<br><i>Автухов А. К., Колосар Д. О.</i> | 293 |
| ГЕНЕРАЦІЯ БІОГАЗУ ПРИ ПОСТУПОВОМУ ЗАВАНТАЖЕННІ<br>СУБСТРАТУ В БІОГАЗОВІ УСТАНОВКИ<br><i>Валієв Т. О., Поліщук В. М.</i>                                                                      | 294 |
| ДО ПИТАННЯ ФІЗІОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ПРИНЦИПІВ<br>МАШИННОГО ДОІННЯ<br><i>Ткач В. В.</i>                                                                                                         | 297 |
| МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ЛЕГКИХ<br>ДОМІШОК В ПНЕВМОСЕПАРУЮЧИХ КАНАЛАХ<br><i>Степаненко С. П., Котов Б. І.</i>                                                                       | 299 |

СТАЦІОНАРНИЙ ПОДРІБНЮВАЧ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ  
*Кузьменко В. Ф., Онищенко В. Б.* 302

УЗГОДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СХОВИЩ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ  
ЗЕРНА З ЗОНОЮ ОБСЛУГОВУВАННЯ  
*Кудринецький Р. Б., Днесь В. І., Крутич С. О., Крутич О. М.* 304

### **Секція 5 «Конструювання машин і обладнання»**

ВІДЦЕНТРОВИЙ РОЗПОДІЛЬНИК МАШИН ДЛЯ  
ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ  
ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ  
*Онищенко В. Б., Онищенко Б. В., Ратушний В. В.* 308

ГНУЧКИЙ ШНЕКОВИЙ КОНВЕЄР НА ПРОТРУЮВАЧІ  
НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР  
*Онищенко В. Б., Онищенко Б. В., Барановський В. М.* 310

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПНЕВМАТЧНОЇ ВИСІВНОЇ  
СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ  
МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ  
*Онищенко В. Б., Онищенко Б. В., Адамчук О. В.* 312

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ  
КОМБІНОВАНОГО ОЧИСНИКА ВОРОХУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ  
МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ  
*Барановський В. М., Онищенко В. Б., Онищенко Б. В.* 315

ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПРАЦЬ В ГАЛУЗІ  
ПЛАНУВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ ВАНТАЖУ, ЩО  
ПЕРЕМІЩУЄТЬСЯ БАШТОВИМ КРАНОМ  
*Великоіваненко Д. І., Ромасевич Ю. О.* 317

КОНСТРУКЦІЙНА СХЕМА РОБОЧОГО ОРГАНА  
КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ  
*Рихлівський П. А., Коновал О. О.* 319

ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ  
СЕГМЕНТІВ МЕХАНІЗМУ НАРІЗАННЯ ЖИВЦІВ ДЕРЕВНИХ  
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР  
*Борис А. М., Рихлівський П. А., Гузік І. М.* 321



|                                                                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ПУСКУ<br>ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА<br><i>Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Маліневський О. Д.</i>                                                                                         | 323 |
| ГІДРОСЛІДКУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ САДОВОЇ ФРЕЗИ<br><i>Олексієнко В. Ю., Мартишко В. М.</i>                                                                                                                                | 326 |
| КОМБІНОВАНИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН<br><i>Дейкун В. А., Жук Д. Г.</i>                                                                                                                                                        | 327 |
| МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ<br>СИСТЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ КРАНА<br>ПРОЛЬОТНОГО ТИПУ<br><i>Ромасевич Ю. О., Макарець В. В.</i>                                                            | 330 |
| ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ<br>ПОДІЛУ НАСІННЯ ЗА ГУСТИНОЮ<br><i>Волик Д. А.</i>                                                                                                                      | 332 |
| ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ<br>РОТАЦІЙНОГО ПРОТРУЮВАЧА ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ ДЛЯ<br>ПОШАРОВОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ<br><i>Ратушний В. В., Вітрух П. І., Косовець Ю. В., Маранда С. О.,<br/>Онищенко В. Б.</i> | 334 |
| РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО<br>ПІДРУЛЮВАННЯ НАВІСКИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО<br>АГРЕГАТА<br><i>Борис А. М., Савченко І. Ф., Рихлівський П. А., Каспрович І. К.,<br/>Усік О. І., Нечипоренко В. М.</i>              | 337 |
| ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖУ ШВИДКОХІДНИМИ<br>ГВИНТОВИМИ КОНВЕЄРАМИ З ПРОМІЖНИМИ ОПОРАМИ<br><i>Рогатинський Р. М., Дмитрів О. Р., Цапик Р. П.; Охнівський Р. І.</i>                                                      | 339 |
| СУЧАСНІ ВИДИ ХОТЕНДІВ ДЛЯ 3D ПРИНТЕРА<br><i>Шаленко В. О., Корнійчук Б. В., Маслюк А. А.</i>                                                                                                                        | 342 |
| РОЗРОБКА ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРИСТРОЮ ДЛЯ<br>ТРАНСПОРТУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ<br><i>Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Зарівний О. Ю.</i>                                                                          | 345 |
| АНАЛІЗ ПАТЕНТІВ СТОСОВНО ВДОСКОНАЛЕНЬ МЕХАНІЗМУ<br>ПОВОРОТУ БАШТОВОГО КРАНА<br><i>Ромасевич Ю. О., Губар Я. С.</i>                                                                                                  | 347 |

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ<br>УДОСКОНАЛЕНОГО ШНЕКОВОГО КОНВЕЄРА<br><i>Паньків В. Р.</i>                                   | 349 |
| АЛГОРИТМИ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ<br>ТРАНСПОРТНО-ОЧИСНИХ МОДУЛІВ<br>КОРЕНЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН<br><i>Паньків М. Р.</i>             | 353 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДООБРІЗЧИКА ГИЧКИ<br>КОРЕНЕПЛОДІВ<br><i>Теслюк В. В., Долюк В. М., Барановський В. М.</i>                       | 356 |
| ПРИВОД АКТИВНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ҐРУНТООБРОБНОЇ<br>СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МАШИНИ<br><i>Дем'янчук П. І., Попик П. С.</i>                 | 357 |
| <br><b>Секція 6 «Новітні матеріали і технології в<br/>сільськогосподарському машинобудуванні»</b>                                      |     |
| СИСТЕМАТИЗАЦІЯ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ<br>БІМЕТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА<br><i>Афтанділянци Є. Г.</i>                             | 361 |
| ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ БІМЕТАЛЕВИХ ПАР ДЛЯ РОБОТИ В<br>УМОВАХ АБРАЗИВНОГО ТА УДАРНО-АБРАЗИВНОГО<br>ЗНОШУВАННЯ<br><i>Афтанділянци Є. Г.</i> | 361 |
| УТВОРЕННЯ ОКСИДІВ НА МІЖФАЗНИХ ПОВЕРХНЯХ<br>ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ<br><i>Афтанділянци Є. Г.</i>                                      | 365 |
| ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ<br>СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО<br>ВИТОПЛЮЮТЬСЯ<br><i>Квасницька К. Г.</i>       | 369 |
| ФОРМА ПРУЖНОЇ ОСІ СПІРАЛЬНОЇ СТІЧКОВОЇ ПРУЖИНИ У<br>ВІЛЬНОМУ СТАНІ<br><i>Хропост В. І., Кресан Т. А.</i>                               | 371 |

|                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| УТВОРЕННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ НАНОЧАСТИНОК<br>МЕТАЛІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У РОСЛИНИЦТВІ<br><i>Лопатько К. Г., Винарчук К. В., Лопатько С. К.</i>            | 373 |
| ДО УТВОРЕННЯ ТОРСІВ, ЯК ОБВІДНИХ ПОВЕРХОНЬ ГРАНЕЙ<br>ТРИГРАННИКА ДАРБУ ПРИ ЙОГО РУСІ ПО КРИВІЙ НА<br>ПОВЕРХНІ<br><i>Несвідомін А. В., Пилипака С. Ф.</i> | 374 |
| СЕРЕДНЬОВУГЛЕЦЕВІ СТАЛІ ЛЕГОВАНІ БОРОМ, ВАНАДІЄМ,<br>ЦИРКОНІЄМ ТА ЇХ КОМПЛЕКСАМИ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ<br>СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ<br><i>Похиленко Г. М.</i>  | 376 |
| ВПЛИВ ЛЕГУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА СТРУКТУРУ І<br>МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛЕГОВАНИХ ЧАВУНІВ<br><i>Похиленко Г. М.</i>                                             | 378 |
| ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ МЕТАЛЕВОЇ ОСНОВИ<br>БІМЕТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ<br><i>Похиленко Г. М.</i>                                                                  | 379 |
| УМОВИ БЕЗПЕЧНОГО ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ З<br>НАНОЧАСТИНКАМИ ТА НАНОМАТЕРІАЛАМИ<br><i>Марчишина Є. І.</i>                                                       | 380 |
| БЕЗПЕЧНЕ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ У ЗАМКНУТИХ ПРОСТОРАХ<br><i>Марчишина Є. І.</i>                                                                                | 383 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ТА ШКІДЛИВИХ<br>ВИРОБНИЧИХ ЧИННИКІВ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ<br>ПРАЦІВНИКІВ МАШИНОБУДУВАННЯ<br><i>Марчишина Є. І.</i>                   | 386 |
| ELECTROMAGNETIC FIELDS AND THEIR IMPACT ON<br>WORKERS' HEALTH<br><i>Marchyshyna Ye. I.</i>                                                               | 388 |
| ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я<br>ПРАЦІВНИКІВ, ЩО СПРИЧИНЯЄТЬСЯ ФІЗИЧНИМИ<br>ФАКТОРАМИ НЕБЕЗПЕКИ<br><i>Марчишина Є. І.</i>                      | 391 |

|                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДЕРЕВООБРОБНОЇ ГАЛУЗІ<br><i>Семеновський О. Є., Михнян О. В.</i>                                                                           | 394 |
| ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ<br>РІЗАННЯ В ПРОЦЕСІ ДЕРЕВООБРОБКИ<br><i>Семеновський О. Є., Похиленко Г. М., Михнян О. В.</i>                    | 396 |
| УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ<br>ВИГОТОВЛЕННЯ ТОНКОЇ ТРУБНОЇ РЕШІТКИ ГРІЮЧОЇ<br>КАМЕРИ ВИПАРНОГО АПАРАТУ<br><i>Дерябкіна Є. С., Мисак П. І.</i> | 398 |
| СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В<br>СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ<br><i>Сисоліна І. П., Лузан П. Г.</i>                                              | 400 |
| ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНОЇ МІЦНОСТІ<br>Й СТАБІЛЬНОСТІ ТОЧКОВИХ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ<br><i>Рибалко І. М., Тіхонів О. В., Тітов Б. В.</i>               | 403 |
| ГВИНТОВИЙ ЦИЛІНДРОЇД. УТВОРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ<br><i>Куліш О. М., Воліна Т. М.</i>                                                                           | 405 |
| СПІРАЛІ У ПРИРОДІ ТА ТЕХНІЦІ<br><i>Хоружий Є. В., Воліна Т. М.</i>                                                                                            | 406 |
| APPLICATION OF BICYLINDROCONICAL MACHINE ELEMENTS<br><i>Kiryushko V. S., Volina T. M.</i>                                                                     | 408 |
| ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО РІВНЯ<br>ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ<br><i>Автухов А. К., Ковалевський Є. В., Толстєньов Д. В.</i>     | 409 |
| ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ЯКІСНИХ ФОРМУЮЧИХ<br>ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КУЛЬ<br><i>Автухов А. К., Колєсник В. В.</i>                                          | 411 |
| ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ<br>ФТОРОПЛАСТУ-4<br><i>Калюжний О. Б., Платков В. Я.</i>                                                       | 412 |

|                                                                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ<br>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РІЗАННЯ<br>ВИСОКОАБРАЗИВНИХ МАТЕРІАЛІВ АБРАЗИВНИМИ<br>АРМОВАНИМИ КРУГАМИ<br><i>Почка К. І., Абрашкевич Ю. Д., Пристайло М. О., Поліщук А. Г.</i> | 414 |
| ЗМІЦНЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ КАМАЗ ЛАЗЕРНОЮ<br>ОБРОБКОЮ<br><i>Мартиненко О. Д., Автухов А. К., Лисенко С. В., Тимошенко М. Л.,<br/>Новіков Р. В.</i>                                                    | 417 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ<br>ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛЕЙ<br><i>Баранова О. В., Полянський П. М.</i>                                                                                              | 420 |
| АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ СНАТ GPT<br>ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА ПРИКЛАДІ<br>КЛАСИЧНОЇ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ ГЕОМЕТРІЇ<br><i>Несвідомін В. М.</i>                                           | 423 |
| КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ В КЛАСИЧНІЙ<br>ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІЙ ГЕОМЕТРІЇ<br><i>Несвідомін А. В.</i>                                                                                                                | 426 |
| <br><b>Секція 7 «Надійність будівель, споруд і технічних систем у<br/>будівництві»</b>                                                                                                                        |     |
| ЗАСТОСУВАННЯМ ЕЛЕКТРОННОГО ТА АВТОМАТИЗОВАНОЇ<br>ТЕХНІКИ ПРИ ПРОЕКТУВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ<br><i>Бакуліна В. М., Гонтар О. В.</i>                                                                                | 429 |
| ECOLOGICAL TYPES OF FUEL FOR COMBINED FUEL BOILERS<br><i>Bakulina V. M., Ihnatenko I. Y.</i>                                                                                                                  | 431 |
| ВИДИ ПАЛИВА ДЛЯ КОТЕЛЕНЬ В УКРАЇНІ<br><i>Бакуліна В. М., Коломієць О. Ю.</i>                                                                                                                                  | 433 |
| USE OF GAS BOILERS IN APARTMENT BUILDINGS<br><i>Bakulina V. M., Baidak U. M.</i>                                                                                                                              | 435 |
| ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ПРИЛЕГЛИХ<br>ОБ'ЄКТІВ ІСНУЮЧОЇ ЗАБУДОВИ<br><i>Костира Н. О., Бакуліна В. М.</i>                                                                                             | 436 |



|                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО - ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ<br>ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ДІАФРАГМ ЖОРСТКОСТІ ВИСОТНОЇ<br>БУДІВЛІ<br><i>Бакулін Є. А., Токареєв Г. С.</i> | 439 |
| ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ<br>ЕЛЕКТРИЧНОЮ СИСТЕМОЮ<br><i>Бакуліна В. М., Лазарева О. В.</i>                                       | 442 |
| ДЕФЕКТИ ТА ПОШКОДЖЕННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ<br>ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ<br><i>Бакулін Є. А., Цуман А. В.</i>                                      | 445 |
| ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННИКІВ ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА КОРОЗІЮ<br>СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ<br><i>Бакулін Є. А., Маслига І. О.</i>                                    | 447 |
| WIND ENERGY DEVELOPMENT TRENDS IN UKRAINE<br><i>Bakulina V. M., Bohach D. V.</i>                                                              | 449 |
| STRENGTH CALCULATION OF A GLUED LAMINATED TIMBER<br>BEAM<br><i>Fesenko O. A., Bohach D. V.</i>                                                | 453 |
| КЛАСИФІКАЦІЯ І ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ<br>ПОКРІВЕЛЬНИХ ТА ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ<br><i>Фесенко О. А., Мануїлов Д. В.</i>                | 455 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ,<br>РОЗТАШОВАНОЇ БІЛЯ ЗАЛІЗНИЦІ<br><i>Мар'єнков М. Г., Чорний В. В.</i>                              | 458 |
| КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ МОДУЛЬНИХ БУДИНКІВ<br>ДЛЯ ВНУТРІШНЬО ПЕРЕМІЩЕНИХ ОСІБ<br><i>Фесенко О. А., Андрієвська М. А.</i>                    | 461 |
| ПРОГРЕСУЮЧЕ ОБВАЛЕННЯ БАГАТОПОПОВЕРХОВИХ<br>БУДІВЕЛЬ ВНАСЛІДОК ВИБУХОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ<br><i>Фесенко О. А., Шевчук А. О.</i>                    | 463 |
| ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПРОПОРЦІЙ<br>БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЖИТЛОВИХ<br>БУДІВЕЛЬ<br><i>Мартінов В. Л., Юрчик А. В.</i>              | 466 |

|                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ВПЛИВ ВОЕННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ НА<br>ЦІНОУТВОРЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ<br><i>Бакуліна В. М., Бочков М. С.</i>                                                  | 467 |
| ПРОЕКТУВАННЯ 25 ПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ З СИСТЕМОЮ<br>СЕЙСМІЧНОГО ЗАХИСТУ У М. ОДЕСА<br><i>Мар'єнков М. Г., Витвiticsький А. В.</i>                          | 469 |
| ДИНАМІЧНА ПАСПОРТИЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ ФАБРИКИ<br>«РОШЕН» У М. КИЇВ ПРИ ВПЛИВАХ НАЗЕМНОГО<br>ТРАНСПОРТУ<br><i>Мар'єнков М. Г., Пилипенко М. М.</i>             | 472 |
| ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ<br>ПРИДАТНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ МОСТУ<br><i>Бакулін Є. А., Олійник О. В.</i>                                   | 475 |
| ОСОБЛИВОСТІ ФОРМОУТВОРЕННЯ АРХІТЕКТУРИ МОСТІВ<br><i>Бакулін Є. А., Волошко Ю. С.</i>                                                                     | 477 |
| РОЗРАХУНОК ДВОСХИЛОЇ КЛЕСНОЇ БАЛКИ ПОКРИТТЯ<br><i>Фесенко О. А., Майстенко М. М.</i>                                                                     | 479 |
| RECONSTRUCTION OF UKRAINE AFTER THE WAR<br><i>Bakulina V. M., Momotiuk D. S.</i>                                                                         | 482 |
| ПРОБЛЕМАТИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ<br>ДЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ,<br>ПОСИЛЕНИХ У РОЗТЯГНУТІЙ ЗОНІ<br><i>Яковенко І. А., Мельничук І. М.</i> | 485 |
| НАПРЯМИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ<br>КАФЕДРИ БУДІВНИЦТВА НУБІП УКРАЇНИ<br><i>Яковенко І. А., Бакулін Є. А.</i>                                                 | 488 |
| ВПЛИВ РУЙНУВАНЬ ВІД БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА<br>ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РЕГІОНУ<br><i>Заболотько Д. О.</i>                                                    | 491 |
| ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННОГО ПЛАСТИКУ ДЛЯ 3D ДРУКУ<br><i>Шаленко В. О., Маслюк А. А.</i>                                                                      | 493 |
| ЛАЗЕРНИЙ 3D ДРУК МЕТАЛЕВИМИ ПОРОШКАМИ<br><i>Шаленко В. О., Корнійчук Б. В., Маслюк А. А.</i>                                                             | 495 |

**Секція 8 «Оцінка довговічності та моніторинг стану технічних систем»**

|                                                                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ АВТОПІЛОТІВ<br><i>Колеснік І. В., Костюк С. Ю., Колеснік Ю. І., Козлов Ю. Ю.</i>                                                               | 499 |
| ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ<br><i>Колеснік Ю. І., Костюк С. Ю., Козлов Ю. Ю.</i>                                                             | 501 |
| ЕРГОНОМІКА АВТОМОБІЛЬНОГО КРІСЛА<br><i>Колеснік Ю. І., Шевченко І. В., Козлов Ю. Ю.</i>                                                                                     | 504 |
| ОЦІНКА ГАЛЬМІВНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАКТОРІВ<br><i>Колеснік І. В., Мотузюк А. І., Козлов Ю. Ю.</i>                                                                                | 505 |
| ЕРГОНОМІЧНІ ПРИНЦИПИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ<br><i>Колеснік Ю. І., Калінін Є. І., Козлов Ю. Ю.</i>                                                   | 507 |
| ВПЛИВ ЯКОСТІ ПАЛИВА НА РОБОТОЗДАТНІСТЬ ДВИГУНА JOHN DEERE<br><i>Лемішко Д. С., Костюк С. Ю.</i>                                                                             | 510 |
| СТАНДАРТ TIER 4A НА ПРИКЛАДІ КОМПАНІЇ NEW HOLLAND<br><i>Лемішко Д. С.</i>                                                                                                   | 511 |
| РОЗРОБКА ЕКСПРЕС-МЕТОДУ ОЦІНКИ ЯКОСТІ АГРЕГАТИВ І ВУЗЛІВ ГАЛЬМІВНИХ ПРИСТРОЇВ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ<br><i>Колеснік І. В., Мотузюк А. І., Козлов Ю. Ю.</i> | 512 |
| ДВИГУНИ JOHN DEERE З ТЕХНОЛОГІЄЮ TIER 2<br><i>Лемішко Д. С., Костюк С. Ю.</i>                                                                                               | 515 |
| ЕЛЕКТРОТЯГИ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРАХ<br><i>Лемішко Д. С., Костюк С. Ю.</i>                                                                                         | 516 |
| СТАНДАРТ TIER 4A НА ПРИКЛАДІ КОМПАНІЇ NEW HOLLAND<br><i>Лемішко Д. С.</i>                                                                                                   | 518 |
| СИСТЕМА COMMON RAIL<br><i>Лемішко Д. С.</i>                                                                                                                                 | 520 |

|                                                                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОНАСИЩЕНИХ КОЛІСНИХ<br>ТРАКТОРІВ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ<br><i>Костюк С. Ю.</i>                                                                         | 521 |
| ПАЛИВНА СИСТЕМА COMMON RAIL<br><i>Костюк С. Ю.</i>                                                                                                                             | 522 |
| СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МАНЕВРОМ ПАРКУВАННЯ<br>МОБІЛЬНОГО РОБОТА<br><i>Калінін Є. І., Колеснік І. В., Колеснік Ю. І., Козлов Ю. Ю.</i>                                              | 525 |
| ПРИНЦИПИ ДИНАМІЧНОГО ГАСІННЯ МЕХАНІЧНИХ<br>КОЛИВАНЬ<br><i>Калінін Є. І., Колеснік І. В., Колеснік Ю. І., Козлов Ю. Ю.</i>                                                      | 529 |
| <br><b>Секція 9 «Надійність транспортних систем АПК»</b>                                                                                                                       |     |
| ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СЕРВІСНОГО<br>ОБСЛУГОВУВАННЯ В ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАНЬ<br><i>Загурський О. М.</i>                                                                           | 535 |
| ПИТАННЯ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОТРАСПОРТУ В УКРАЇНІ<br><i>Стецик О. О., Загурський О. М.</i>                                                                                           | 538 |
| ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ<br>КІЛЬКОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ АТП<br><i>Разманов С. В., Загурський О. М.</i>                                               | 540 |
| ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ<br>ТРАНСПОРТНО-ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯМ<br>ЛОГІСТИЧНИМИ ПОТОКАМИ<br><i>Аулін В. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Головатий А. О.</i> | 542 |
| ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЧИХ ЛОГІСТИЧНИХ<br>СИСТЕМ<br><i>Барановський В. М.</i>                                                                                             | 545 |
| ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ВИТРАТ ПРИ ВИКОНАННІ<br>АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ<br><i>Бондарєв С. І.</i>                                                                  | 548 |
| ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПРОДУКЦІЇ ПРИ<br>ВИКОРИСТАННІ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПАКУВАННЯ<br><i>Бондарєв С. І.</i>                                                                     | 550 |

|                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ПЛАНУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ РОБОТИ ЕКІПАЖІВ ВОДІЇВ НА<br>МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ<br><i>Бондарєв С. І.</i>               | 551 |
| ПРОБЛЕМИ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ПЕРЕВІЗНИКІВ<br>АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ<br><i>Бондарєв С. І.</i>                                     | 552 |
| ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ<br>ПАСАЖИРСЬКИХ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ<br><i>Бондарєв С. І.</i>                                    | 555 |
| НАДІЙНІСТЬ ТРАНСПОРТУВАННЯ НЕГАБАРИТНИХ<br>ВАНТАЖІВ<br><i>Васильєв Н., Дьомін О. А.</i>                                          | 559 |
| ОПТИМІЗАЦІЯ ДАНИХ ЩОДО ДТП ЗА УЧАСТІ ПІШОХОДІВ<br><i>Іонцев Я. О., Колосок І. О.</i>                                             | 560 |
| СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ<br>ВЕЛОТРАНСПОРТУ<br><i>Куліш О. Є., Колосок І. О.</i>                                       | 562 |
| ПОТРЕБИ У ЗМІНАХ ВЕЛОТРАНСПОРТУ<br><i>Максимчук В. Я., Колосок І. О.</i>                                                         | 564 |
| ПЕРЕШКОДИ ДО ЗБІЛЬШЕННЯ КІЛЬКОСТІ<br>ВЕЛОСИПЕДИСТІВ ТА ВЕЛОПОЇЗДОК<br><i>Чорний Д. А., Колосок І. О.</i>                         | 566 |
| ОКРЕМІ ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА БЕЗПЕКУ РУХУ<br>ВЕЛОТРАНСПОРТУ<br><i>Мовчан Н. Г., Колосок І. О.</i>                             | 567 |
| ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ<br>ДОРОЖНІМ РУХОМ<br><i>Харитоненко М. Ю., Колосок І. О.</i>                       | 569 |
| ГЛОБАЛЬНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕКОНОМІКИ У БІК<br>ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТУ<br><i>Кофанов О. Є., Кофанова О. В.</i> | 570 |
| ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ В<br>УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ<br><i>Тетеря О. С., Сліпуха Т. І.</i>                    | 573 |



ЛОГІСТИЧНІ АСПЕКТИ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИЦІЙНОГО  
ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ

*Хлань О. Р., Слінуха Т. І.*

575

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ТРАНСПОРТНОМУ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННІ

*Плахтій О., Мельник В.*

577

АНАЛІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ  
МОТОРНОЇ ОЛИВИ

*Тавлуй О. В., Ревенко Ю. І.*

579

КЛАСИФІКАЦІЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЗАСОБІВ  
ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ

*Новицький Ю. А., Новицький А. В., Ружило З. В.*

582

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПОСІВНОЇ ТЕХНІКИ

*Новицький А. В., Юрчук М.В., Щекальова А.М.*

585

ІНФОРМАЦІЙНЕ ВИДАННЯ

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,  
віцепрезидента УАСГН

КРАМАРОВА Володимира Савовича

(1906-1987)

(23-24 лютого 2023 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 7.04.2023. 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, 2023