

Міністерство  
освіти і науки  
України



Міністерство освіти і науки України

Національний університет біоресурсів і  
природокористування України  
Механіко-технологічний факультет

Представництво Польської академії наук в Києві  
Відділення в Любліні Польської академії наук  
Академія інженерних наук України  
Українська асоціація аграрних інженерів

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ  
II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ  
"Агроінженерія:  
сучасні проблеми та перспективи розвитку"  
(7–8 листопада 2019 року)  
присвячена  
90-й річниці з дня заснування  
механіко-технологічного факультету НУБіП України**



Київ – 2019

**ББК40.7**

**УДК 631.17+62-52-631.3**

Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції "Агроінженерія: сучасні проблеми та перспективи розвитку", присвячена 90-й річниці з дня заснування механіко-технологічного факультету НУБіП України (7-8 листопада 2019 року). Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2019. 269 с.

В збірнику представлені тези доповідей вчених, науковців, науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів і докторантів учасників II Міжнародної науково-практичної конференції "Агроінженерія: сучасні проблеми та перспективи розвитку", в яких розглядаються нинішній стан та шляхи розвитку агроінженерної галузі економіки України, надійності технічних систем, технологій і техніки інженерії, удосконалення та нові розробки технологічних процесів, технічних засобів.

#### **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:**

**Ніколаско С. М.** - д.п.н., проф., член-кор. НАПН, ректор Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП), **голова**.  
**Михайлович Я. М.** - к.т.н., проф., декан механіко-технологічного факультету НУБіП, **співголова**.  
**Адамчук В. В.** - д.т.н., проф., академік НААН, заслужений діяч науки і техніки України, директор ННЦ «ІМЕСТ».  
**Афтанділянц Є. Г.** - д.т.н., проф., НУБіП України.  
**Братішко В. В.** - д.т.н., с.н.с., НУБіП України.  
**Васильєва Н. К.** - д.е.н., проф., ДДАЕУ.  
**Войналович О. В.** - к.т.н., доц., НУБіП України.  
**Войтюк В. Д.** - д.т.н., проф., НУБіП України.  
**Войтюк Д. Г.** - к.т.н., проф., член-кор. НААН, НУБіП України, УАІУ.  
**Гудзь О. Є.** - д.е.н., проф., Державний університет телекомунікацій.  
**Захарчук О. В.** - д.е.н., с.н.с., ННЦ «ІАЕ».  
**Іванишин В. В.** - д.е.н., проф., ректор ПДАТУ.  
**Іщенко Т. Д.** - к.п.н., проф., директор ДУ «Науково-методичний центр ВФПО».  
**Калетнік Г. М.** - д.е.н., проф., академік НААН, президент ВНАУ.  
**Кобець А. С.** - д.н. з держ. упр., проф., заслужений працівник освіти України, ректор ДДАЕУ.  
**Козаченко Л. П.** - президент Української Аграрної Конфедерації.  
**Кравчук В. І.** - д.т.н., проф., член-кор. НААН, заслужений працівник сільського господарства України, директор ДНУ «УкрНДІПВТ імені Леоніда Погорілого».  
**Кюрчев В. М.** - д.т.н., проф., член-кор. НААН, заслужений працівник освіти України, ректор ТДАТУ.  
**Ловейкін В. С.** - д.т.н., проф., НУБіП України.  
**Лукач В. С.** - к.п.н., проф., заслужений працівник народної освіти України, директор ВП НУБіП «НАТБ».  
**Нанка О. В.** - к.т.н., проф., ректор ХНТУСГ імені Петра Василенка.  
**Отченашко В. В.** - д.с.г.н., проф., начальник НДЧ НУБіП.  
**Поліщук В. П.** - д.т.н., проф., НТУ.  
**Пугачов М. І.** - д.е.н., проф., член-кор. НААН, заступник директора ННЦ «ІАЕ».  
**Ружило З. В.** - к.т.н., доц., декан факультету конструювання та дизайну НУБіП.  
**Саченко В. І.** - к.т.н., перший віце-президент Українського союзу промисловців і підприємців України.  
**Струтинський В. Б.** - д.т.н., проф., віце-президент Академії інженерних наук України;  
**Теслюк В. В.** - д.с.г.н., проф., директор наукового парку НУБіП.  
**Черновол М. І.** - д.т.н., проф., член-кор. НААН, заслужений діяч науки і техніки України, ректор ЦУНТУ.  
**Шебанін В. С.** - д.т.н., проф., академік НААН, заслужений діяч науки і техніки України, ректор МНАУ.  
**Шпак В. Ф.** - к.е.н., почесний президент Асоціації аграрних інженерів України.  
**Роговський І. Л.** - к.т.н., с.н.с., директор НДІ техніки і технологій НУБіП, секретар.  
**Arvo Leola** - доктор інженерії, доцент, Естонський університет природничих наук.  
**Beloëv Hristo** - д.т.н., проф., аграрний університет в Русе (Болгарія).  
**Eugeniusz Krasowski** - д.т.н., проф., Польська академія наук відділ в Любліні.  
**Henryk Sobczuk** - д.т.н., проф., директор Представництва Польської академії наук в Києві.  
**Ivanovs Semjons** - д.т.н., проф., Латвійський аграрний університет.  
**Mamuka Benashvili** - к.т.н., доц., сільськогосподарський університет Грузії.  
**Popescu Simion** - д.т.н., проф., Трансільванський університет Брашова (Румунія).  
**Tkáč Zdenko** - д.т.н., проф., Словацький аграрний університет.  
**Vladimir Gorobeț** - к.т.н., доц., державний аграрний університет Молдови.  
**Zvicevičius Egidijus** - д-р., доц., університет Олександраса Стулгінскиса (Литва).

© НУБіП України, 2019.

## **КОНЦЕПЦІЯ АНАЛІЗУ ВІБРАЦІЇ СИНХРОННИХ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

*Михайлович Я. М.<sup>1</sup>, Рубець А. М.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*<sup>2</sup>Білоцерківський національний аграрний університет*

Широке використання різьбових з'єднань в сучасній техніці пролонгує актуальність питання розвитку методології забезпечення їх надійності. Серед досліджень направлених на підвищення технічного ресурсу різьбових з'єднань, дослідження щодо синхронних та не синхронних різьбових з'єднань відсутні.

Використання різьбового з'єднання з моменту його винайдення і по теперішній час неодмінно супроводжувалось науковою підтримкою. Таким чином досягались поставлені цілі з одного боку – максимум міцності, щільності, довговічності; а з іншого – мінімум затрат на виготовлення, під час використання і технічного обслуговування. На теперішній час є сотні наукових робіт, що підтверджують науково-технічний інтерес досліджень міцності, якості виготовлення та монтажу, матеріалів, стопоріння різьбових з'єднань; окремо з них можна виділити наступні.

Послаблення різьбового з'єднання консольно скріплених балок розглянуто в роботі [1].

Дослідження [2] показали, що найкращі антипослаблюючі характеристики має хімічний замок, потім самофіксувальна гайка і герметична гайка.

В дослідженні [3] використано два способи моделювання процесу ковзання з'єднання: 1-модель на основі дискретно-пружинного затиску з декількома жорсткими елементами; 2-модель на основі напруженого затиску з деформованими елементами.

В дослідженні [4] виявлено, що значний знос площі контакту різьби болта і гайки та торця гайки відбувається через повторні загвинчування.

Вплив параметрів вібрації на динамічні властивості різьбових з'єднань сівалки наведено в роботі [5]. Для обчислення локальних напружень у з'єднанні за допомогою математичних моделей використано експериментальні віброграми. З проведених досліджень випливає, що максимумами вібрацій, що діють на різьбові з'єднання сівалки, можуть міститися в околі височастотних резонансів різьбових з'єднань.

На основі аналізу вібраційного навантаження на опорних поверхнях кріпильних деталей запропоновано виокремити групу з'єднань [6]. Це дає поштовх розвитку альтернативних підходів до вирішення питання забезпечення необхідного наробітку різьбових з'єднань на відмову.

Літературний огляд показав значний інтерес сучасних науковців до різьбових з'єднань в якому чітко виділяються різні напрямки, підходи та методи, а наявне дослідження стане логічним продовженням того.

Об'єктом дослідження є вібрація різьбового з'єднання самохідного зернозбирального комбайна (рис. 1). Обробка результати досліджень проведено з використанням методів теоретичної механіки, математичного аналізу та статистичної обробки.

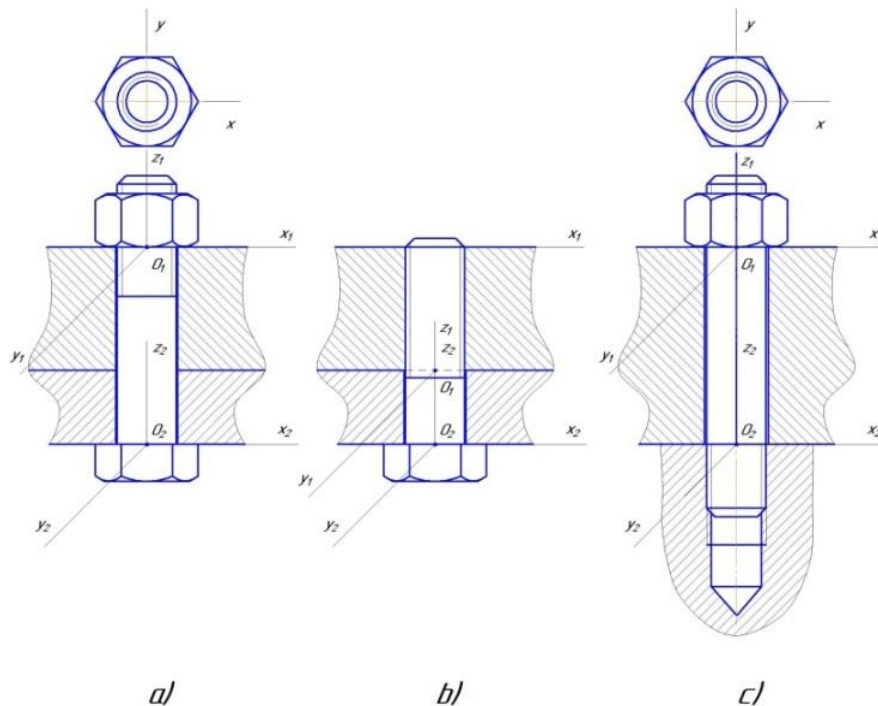


Рис. 1. Можливе розміщення координатних осей болтового (а), гвинтового (б) та шпилькового з'єднання.

Вібрація різьбового з'єднання зернозбирального комбайну є результатом динамічної дії рухомих мас робочих органів, технологічного матеріалу та впливу явища дисипації. На шляху розповсюдження вібрації від джерела до різьбового з'єднання є як пружні елементи так і дисипативні, що в свою міру впливає на результуюче вібраційне навантаження на різьбове з'єднання. В даному дослідженні вивчалась вібронавантаженість як результат взаємодії джерела вібрації та пружних і дисипативних характеристик середовища (конструктивні та неконструктивні елементи, роз'ємні та не роз'ємні з'єднання).

Частота дискредитації п'єзодатчика 600 1/с дозволяє в достатній мірі судити про результати досліджень як про достовірні дані для подальшої обробки (рис. 2). Аналіз кривої переміщення в явному вигляді (рис. 3) зведемо до наступного.

1. Відношення частот відносно осей X та Y обернена до відношення кількостей перетинів траєкторією з лінією, що паралельна відповідній осі  $N\omega_x(0,1c) = 21$   $N\omega_y(0,1c) = 9$ .

2. Розмах переміщень по осях X (-3,972...3,476) та Y (-2,832...1,38) свідчить про ексцентричність прямокутника вібрації\* по відношенню до системи координат XY. Сторони прямокутника дорівнюють сумах модулів розмахів вібрації, тобто:

$$A = X_{max} - X_{min} = 3,972 + 3,476 = 7,448$$

$$B = Y_{\max} - Y_{\min} = 2,832 + 1,38 = 4,212$$

3. Домінуюча купність спостерігається в 1 та 3 четверті координатних осей та «транзитність» траєкторії в 2-ій та більше в 4-ій четвертях.

4. Відношення сторін прямокутника вібрації

$$\frac{A}{B} = \frac{7,448}{4,212} = 1,768$$

свідчить про те, що розмах вібрації по осі ОХ більший на 76,8% ніж по осі ОУ, а отже і вібронавантаженість по осі ОХ буде вищою.

5. Траєкторія є незамкнутою і не має жодної осі симетрії; це слідує з того факту, що в кожному з напрямків Х та У відбувається додавання коливань.

6. Напрямок зростання множини точок з часом на траєкторії — проти годинникової стрілки (дивлячись з положення зору читача).

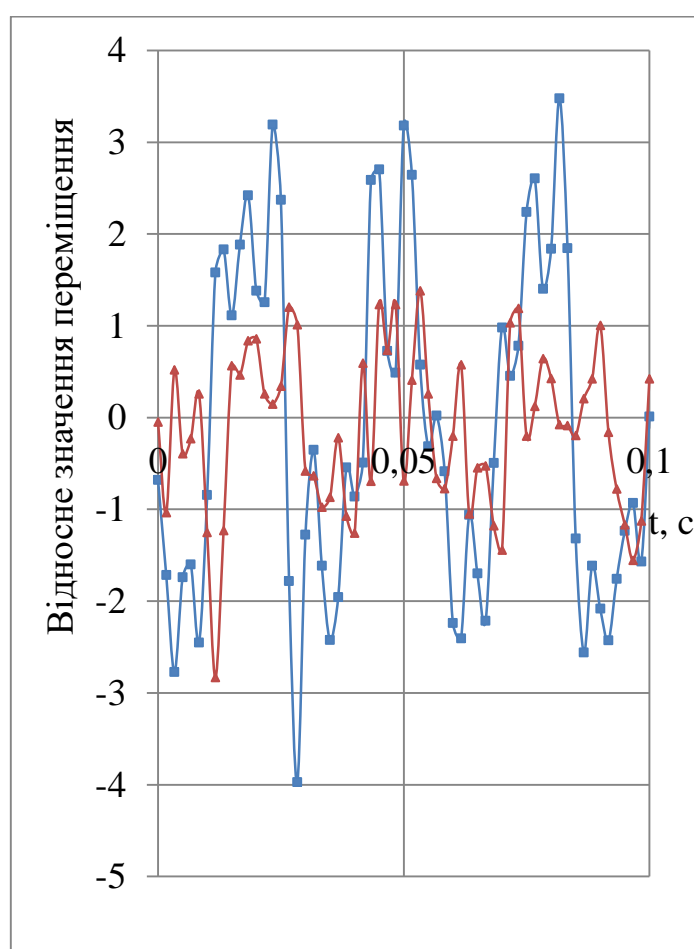


Рис. 2. Переміщення по осі X (■) та Y (▲) синхронного з'єднання\*

\*Примітка. В цьому випадку розглядається синхронне з'єднання з формулою вібронавантаження  $X_1 = X_2 \neq 0$ ;  $Y_1 = Y_2 \neq 0$ ;  $Z_1 = Z_2 = 0$ . Формула вібронавантаження – поняття, введене авторами вперше, є фізичною картиною співвідношень значень вібропереміщень в трьох взаємно перпендикулярних напрямках  $X Y Z$  для двох опорних поверхонь (індекс 1 та 2). Прямокутник вібрації – поняття введене авторами вперше – є умовним прямокутником, сторони якого проходять через максимальні та мінімальні значення координат і вміщує всю траєкторію  $Y(X)$  протягом заданого проміжку часу.

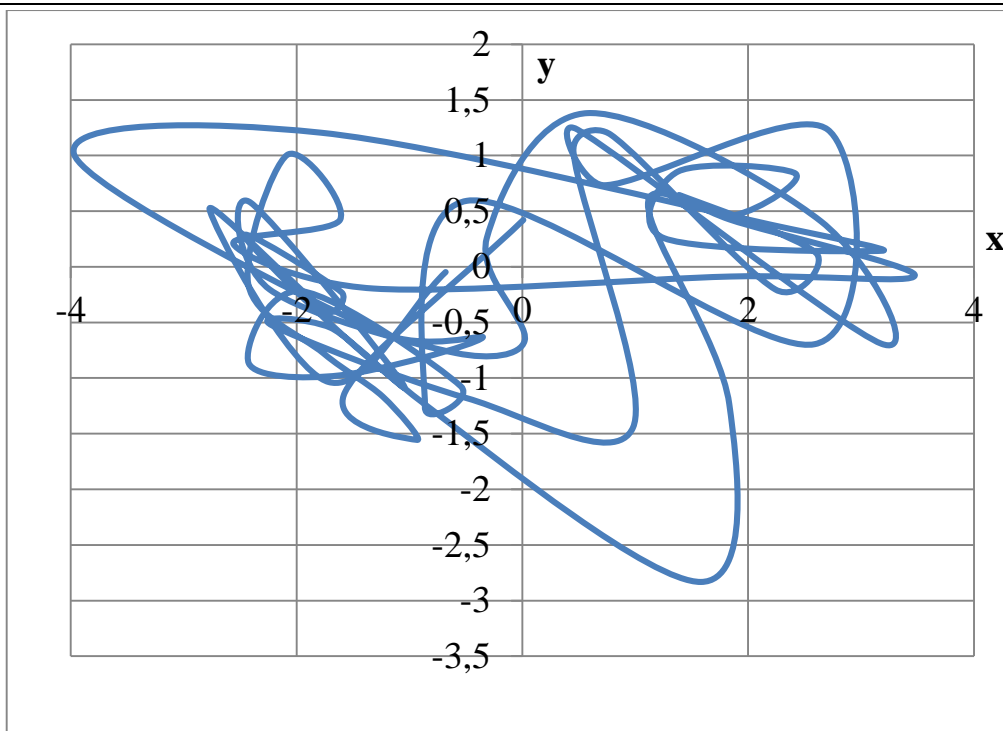


Рис. 3. Графік зміни відносної величини переміщення точки  $O_1$  та  $O_2$  в площині координатних осей  $XY$  для синхронного з'єднання на проміжку часу  $t = 0 \dots 0,1 \text{ с}$ .

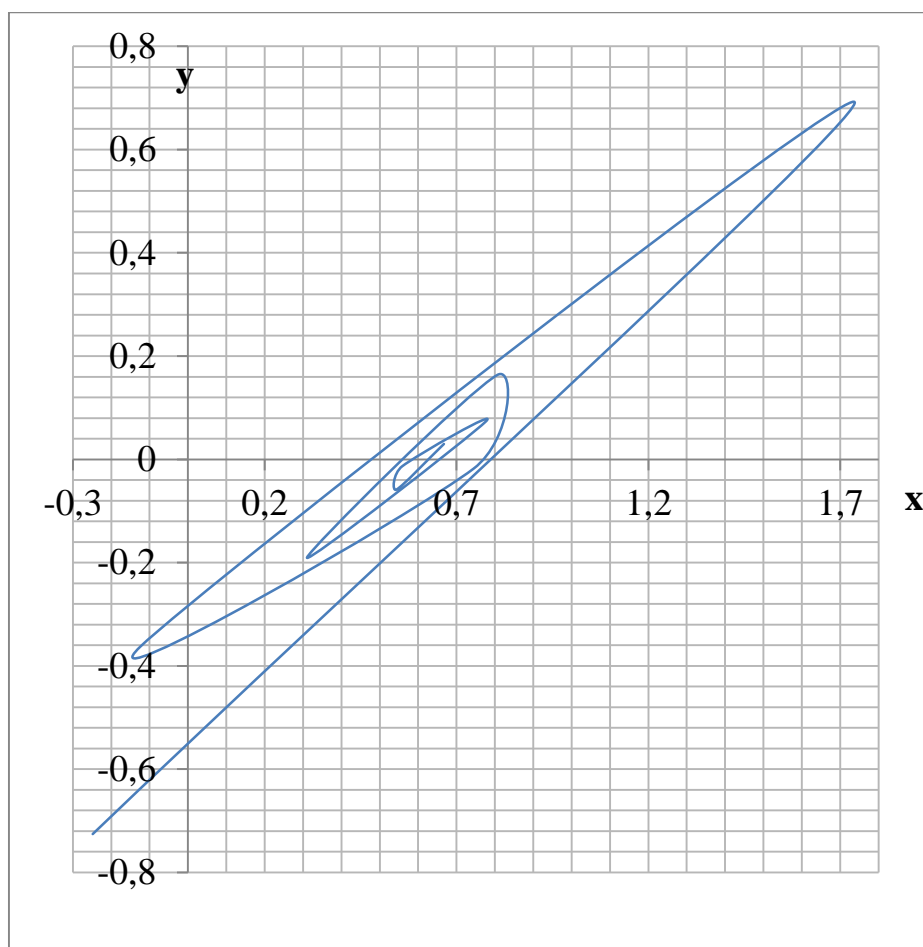


Рис. 4. Траєкторія зміни координати центра тяжіння прямокутника вібрації в проміжку часу  $0 \dots 1 \text{ с}$ .

**Висновок.** На основі аналізу вібрації запропоновано концепцію аналізу вібраційної навантаженості синхронних різьбових з'єднань сільськогосподарської техніки за пунктами: 1 – кількість частот відносно осей X та Y; 2 – розмах переміщень по осях X та Y; 3 – відношення сторін прямокутника вібрації; 4 – наявність та розміщення домінуючих купностей вібрації; 5 – замкнута чи не замкнута траєкторія, чи є вісь симетрії; 6 – напрямок зростання множини точок з часом на траєкторії.

#### Список літератури

1. *N. G. Pai, D. P. Hess.* (2003). Influence of fastener placement on vibration-induced loosening. *Journal of sound and vibration*. Vol. 268. 617–626.
2. *Anirban Bhattacharya, Avijit Sen, Santanu Das.* (2010). An investigation on the anti-loosening characteristics of threaded fasteners under vibratory conditions/ *Mechanism and Machine Theory*. Vol. 45. 1215–1225.
3. *John D. Reid, Nicholas R. Hiser.* (2005). Detailed modeling of bolted joints with slippage. *Finite Elements in Analysis and Design*. Vol. 41. 547–562.
4. *W. Eccles, I. Sherrington, R. D. Arnell.* (2010). Frictional changes during repeated tightening of zinc plated threaded fasteners. *Tribology International*. Vol. 43. 700–707.
5. *Б. Дивеев, В. Опалко, Г. Черчик.* Вібронавантаженість різьбових з'єднань у конструкції сівалки. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. Національний університет «Львівська політехніка». Вип. 50. 2016. С. 33–45.
6. *Михайлович Я. М., Рубець А. М.* Синхронні та несинхронні різьбові з'єднання сільськогосподарської техніки. Збірник тез доповідей XIX міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки". Київ. НУБіП України. 2018. С. 152–154.

УДК 629.78:338.43

## КОНЦЕПЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ В АГРОВИРОБНИЦТВІ

**Скидан О. В.<sup>1</sup>, Голуб Г. А.<sup>2</sup>, Кухарець С. М.<sup>1</sup>, Ярош Я. Д.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Житомирський національний агроекологічний університет

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів та природокористування України

Аграрне виробництво постійно зростає. Річний фінансовий обіг в агровиробництві становить більше 5 трлн. доларів. Близько 38% поверхні суші та до 70% прісної води використовується для ведення агровиробництва. На початку XXI століття в агровиробництві було зайнято близько мільярда людей або понад 1/3 наявної робочої сили (<https://en.wikipedia.org/wiki/Agriculture>). Інтенсивно зростає виробництво продовольства для людства. З'явився новий



напрямок – виробництво енергії із аграрної біомаси (Golub, G. A., Kukharets, S. M., Yarosh, Y. D., Kukharets, V. V., 2017. *Integrated use of bioenergy conversion technologies in agroecosystems. INMATEH – Agricultural Engineering, Vol. 51, No. 1, 93–100*;). Все вищезазначене вимагає підвищення продуктивності праці, економії різних видів ресурсів, скорочення витрат та зниження собівартості аграрнопродовольчої продукції, нарощування обсягів і підвищення ефективності виробництва (Білінська В., *Сучасні інноваційні технології в сільському господарстві: основна характеристика та перспективи впровадження. Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Economics, 2015; 7 (172): 74-80*). І все це необхідно виконувати із збереження екологічної стійкості агровиробництва, що, в першу чергу, виражається через збереження якості ґрунтів. (Golub G., Kukharets S., Yarosh Y., Zavadska O. *Structural models of agroecosystems and calculation of their energy autonomy. Engineering for rural development. 2019. Vol. 18. P. 1344-1350. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N073*).

Одним із факторів, що сприятиме підвищенню ефективності агровиробництва та збереженню його екологічної стійкості – це застосування космічних систем. На нашу думку застосування космічних систем можна концептуально розділити на дві групи: макрорівень та мікрорівень (рис. 1).



Рис. 1. Використання космічних технологій в аграрному виробництві.



На макрорівні данні отримані із штучних супутників землі дозволять виконати точне прогнозування факторів впливу навколишнього середовища на агровиробництво. Зокрема, супутникові дані дозволять отримати точні погодні умови та встановити точні дати для виконання відповідних технологічних операцій, наприклад: початку весняно-польових робіт, часу сівби, термінів збирання врожаю тощо. Точна інформація про прогноз погоди та час виконання основних технологічних операцій і використання технології точного прогнозування стихійних лих, зокрема, повеней та посухи дозволить спрогнозувати врожайність та виконати товарно-ринкове та страхове прогнозування. Ще одним важливим напрямом використання космічних систем на макрорівні – це моніторинг викидів парникових та інших небезпечних газів (рис. 2).

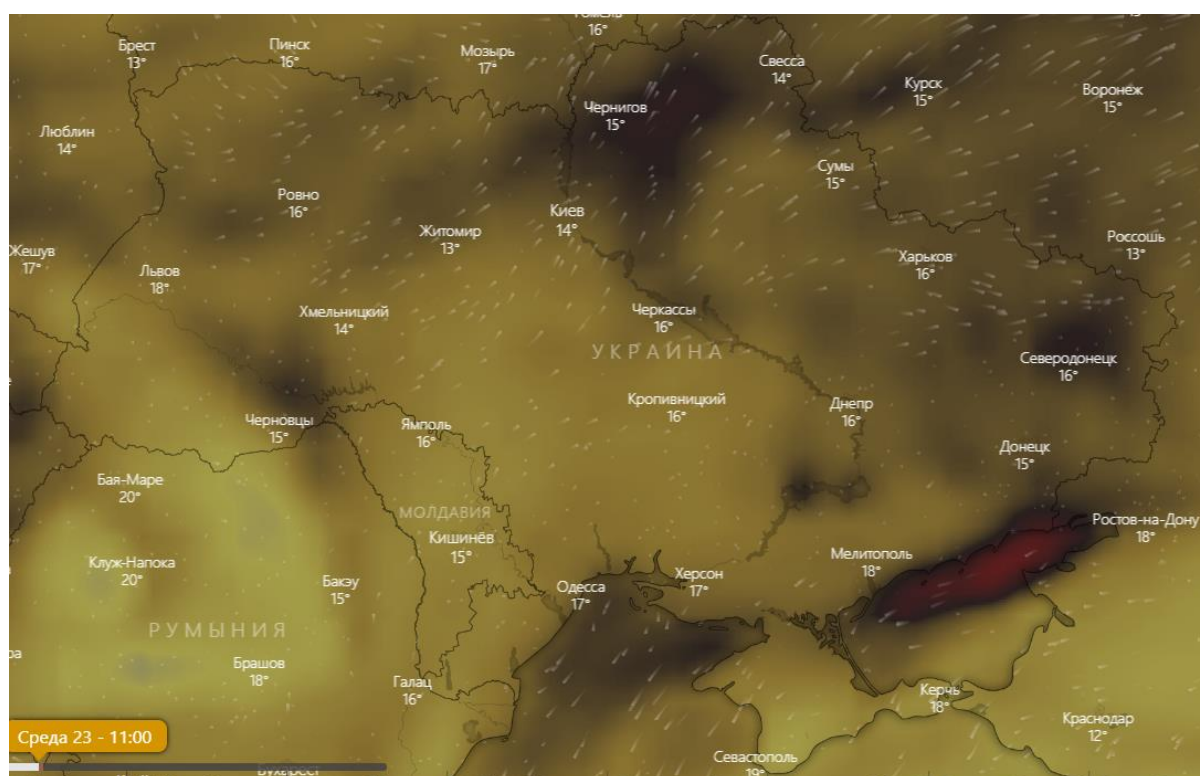


Рис. 2. Моніторинг концентрації СО над Україною.

На мікрорівні супутникові дані допоможуть вирішити ряд локальних проблем. Зокрема у рослинництві оптимізувати системи внесення добрив та зрошувальні системи. Це допоможе досягти максимальної ефективності удобрення та зрошування та зменшити витрати води та добрив. Полив сільськогосподарських культур не є рівномірним, деякі культури потребують більше води, інші менше. Данні отриманні із космічних систем можуть допомогти оптимізувати розподілення води, щоб запобігти надмірному чи недостатньому зрошенню. Це допоможе знизити використання води до 30%. Супутникові дані дозволяють визначити ділянки на полі куди необхідно внести більше добрив. Крім того технологія глобальних навігаційних супутникових систем дозволить легко виконувати орієнтування відповідної техніки на полях. Це сприятиме зменшенню витрат добрив та відповідно зменшить шкідливий

вплив на навколишнє середовище. Використовуючи супутникові знімки у поєднанні із даними отриманими від глобальних навігаційних супутникових систем можна визначити оптимальні маршрути руху техніки на поля та, відповідно, знизити витрати палива та робочого часу. Крім того, без таких даних неможливе застосування автономної роботи тракторів і комбайнів.

У тваринництві використання космічних технологій дозволить чітко контролювати стан тварин: температуру, рівень активності, поведінку та цикли сну тощо. Такий контроль дозволить виявити проблеми, що виникають як із окремою твариною так із групою тварин та допоможе оперативно вирішити ці проблеми. Це допоможе запобігти поширенню хвороб та уникнути втрат поголів'я. Крім того, технологія глобальних навігаційних супутникових систем допоможе позіціювати навіть кожну окрему тварину.

На даний час у світовому агровиробництві вже використовуються ряд технологій, що пов'язанні із космічними системами. Як приклад можна розглянути деякі із них.

Технологія SolumScire (<https://www.agricircle.com>) –дозволяє встановити динаміку вмісту поживних речовин на полях протягом поточного року. Знімок завантажується із супутника або безпілотної у форматі GeoTiff (рис. 3). На підставі даних отриманих в результаті аналізу знімка, поля розділяються на зони з ґрунтом, що має схожі характеристики.

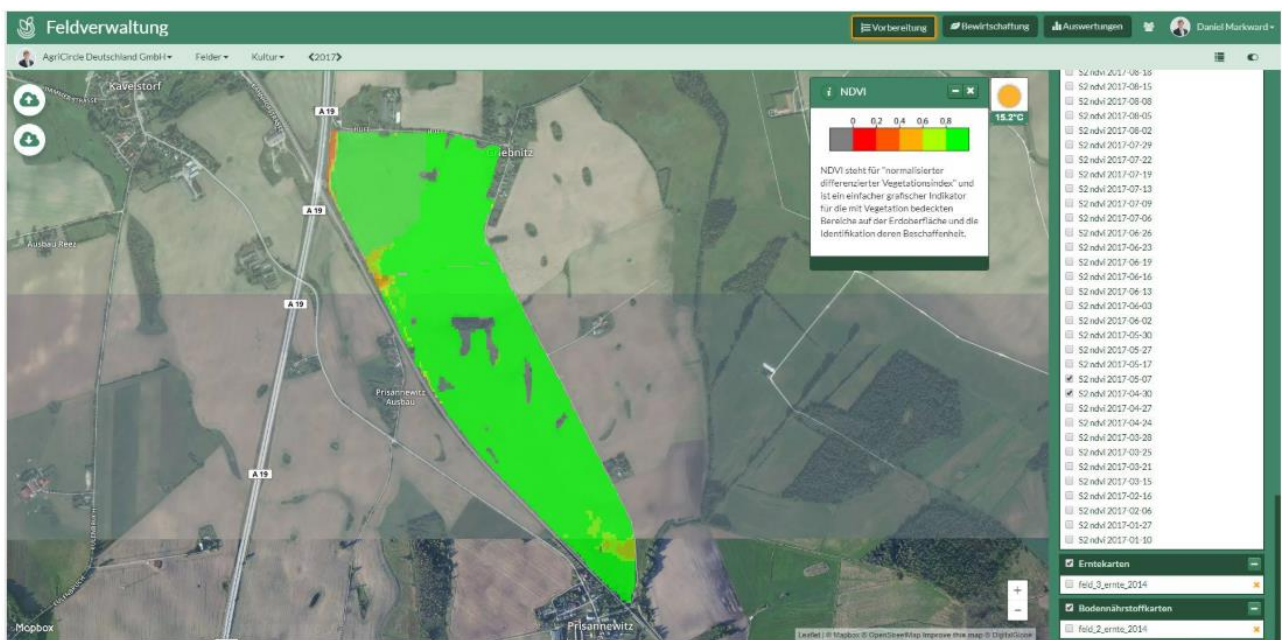


Рис. 3. Візуалізація вмісту поживних речовин за допомогою технології SolumScire (<https://www.agricircle.com/en/index>).

Ці ґрунтові зони дозволяють автоматично згенерувати точки відбору проб ґрунту та дозволяють виконати геореференцію зібраних даних. Зібрані проби аналізують лабораторними методами для уточнення супутникових даних. Потім загальна картина уточняється за допомогою безпілотних літальних апаратів. Наявність цієї інформації дозволяє встановити потрібну кількість поживних речовин, способи захисту врожаю, кількість використаного насіння та способи і



інтенсивність обробітку ґрунту у відповідних польових зонах. Також можливо по отриманих даних оптимізувати маршрути руху аграрної техніки (рис. 4).

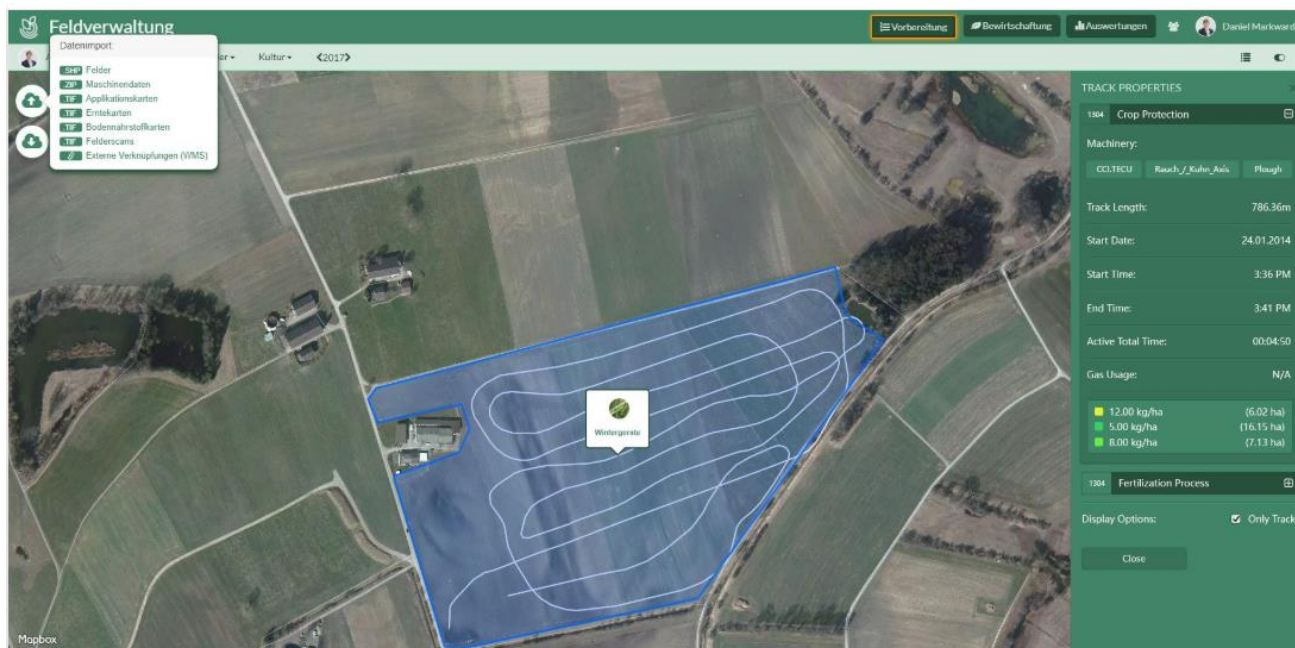


Рис. 4. Візуалізація руху техніки допомогою технології SolumScire (<https://www.agricircle.com/en/index>).

Технологія Grapelook (<https://gis.elsenburg.com/apps/cfm/>; <https://www.fruitlook.co.za>) сприяє оптимізації зрошувальних водних ресурсів та застосування добрив. Зокрема, допомагає зменшити витрати добрив та підвищує ефективність використання води на виноградниках у Південній Африці (рис. 5). Це відбувається завдяки використанню супутникових даних, супутникового зв'язку та супутникової навігації для моніторингу загального споживання воли та добрив.

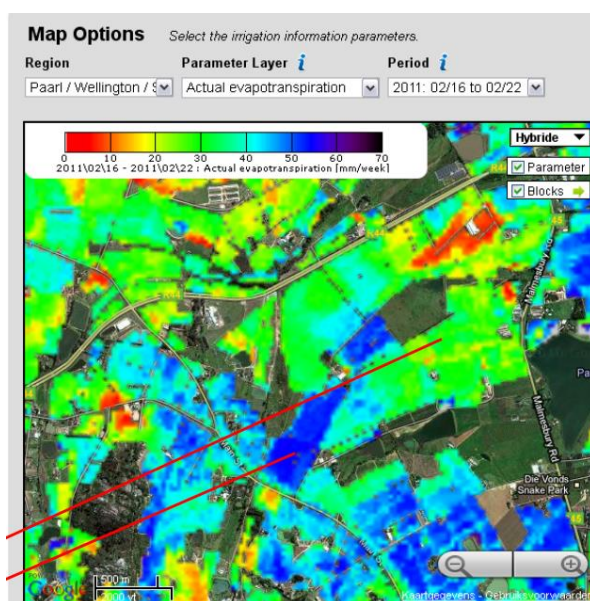


Рис. 5. Моніторинг наявності вологи за технологією Grapelook ([https://business.esa.int/sites/default/files/IAC-Grapelook\\_version1-0\\_ob.pdf](https://business.esa.int/sites/default/files/IAC-Grapelook_version1-0_ob.pdf)).

Технологія Greenspin Agri Planet (<https://www.greenspin.de/>) дозволяє на основі космічних даних у поєднанні із даними отриманими із безпілотних літальних апаратів виконувати прогнозування якості та урожайності агарних культур (рис. 6).



Рис. 6. Прогнозування урожайності за допомогою Greenspin ([https://www.ovh.co.uk/images/news/2355/mofato\\_at\\_work.png](https://www.ovh.co.uk/images/news/2355/mofato_at_work.png)).

Технології точного землеробства Agriloc (<http://www.agriloc.de>) дозволяють на основі супутникових даних (рис. 7) та використання інформації від глобальних навігаційних супутникових систем оптимізувати виробничі процеси зменшивши при цьому витрати та вплив на навколишнє середовище.

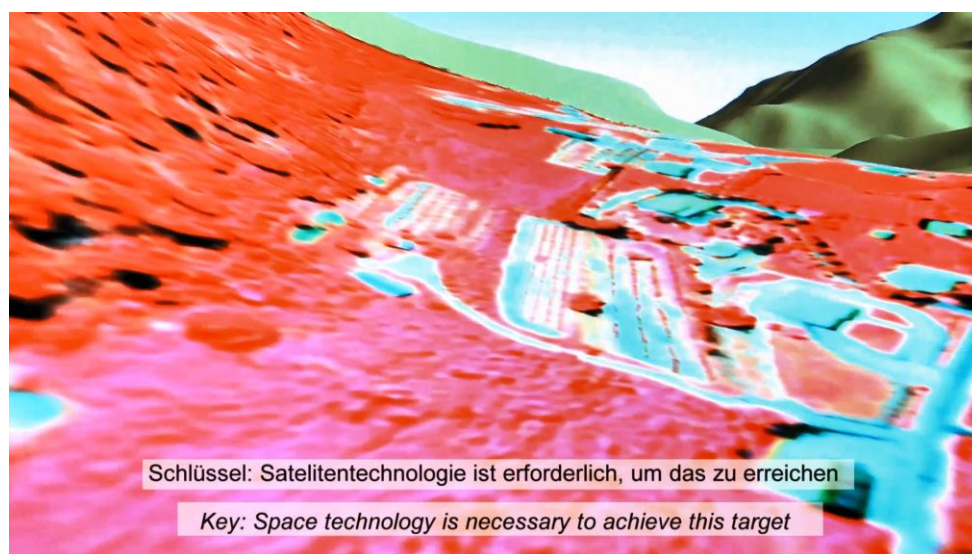


Рис. 7. Візуалізація поверхні поля за технологією Agriloc (<http://www.agriloc.de>).



Очевидно що використання космічних технологій в агровиробництві набуло широкого розповсюдження у всьому світі. Зважаючи, що Україна є вагомою фігурою на полі світового агровиробництва важливою є розробка і використання власних технологій використання космічних систем.

Зокрема на базі Житомирського національного агроєкологічного університету створено інноваційно-космічний кластер «Полісся» (рис. 8).



Рис. 8. Структура інноваційно-космічного кластеру «Полісся».

В склад кластеру входять системи прийому супутникових даних:

- пункт прийому інформації малої роздільної здатності в метровому діапазоні хвиль;
- пункт прийому інформації середньої роздільної здатності на базі антенної системи діаметром 2,5 м (рис. 9);
- пункт прийому інформації середньої роздільної здатності на базі командно-вимірювальної системи «Фазан» з діаметром дзеркала 5 м (рис. 10).

Пункт прийому інформації середньої роздільної здатності на базі антенної системи діаметром 2,5 м забезпечує супроводження космічних апаратів, які знаходяться на орбітах з висотою 600-800 км.

Планується використовувати для отримання інформації з КА ДЗЗ TERRA, AQUA, NOAA та ін. в L-діапазоні радіохвиль (1,7 ГГц) (рис. 11).

Отримана інформація дозволить уточнити регіональний прогноз погоди, провести моніторинг можливих стихійних явищ, спрогнозувати їх вплив на урожай та спланувати можливі запобіжні заходи.



Рис. 9. Пункт прийому інформації середньої роздільної здатності на базі антенної системи діаметром 2,5 м.



Рис. 10. Пункт прийому інформації середньої роздільної здатності на базі командно-вимірювальної системи «Фазан» з діаметром дзеркала 5 м.



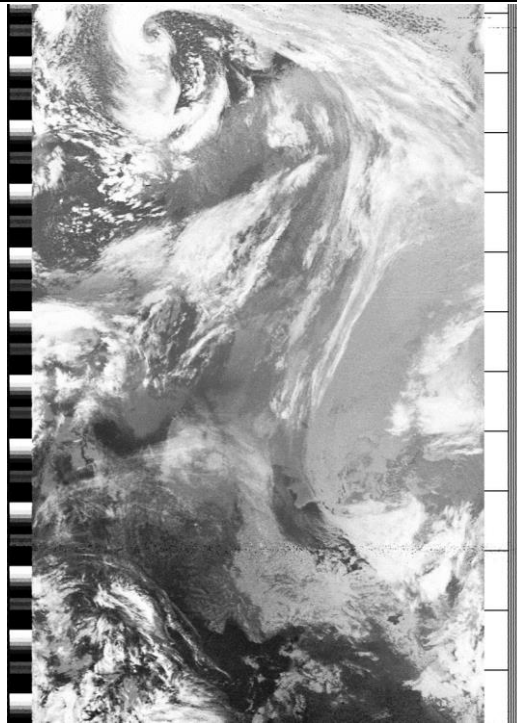


Рис. 11. Інформація отримана із космічного апарату NOAA – 19.

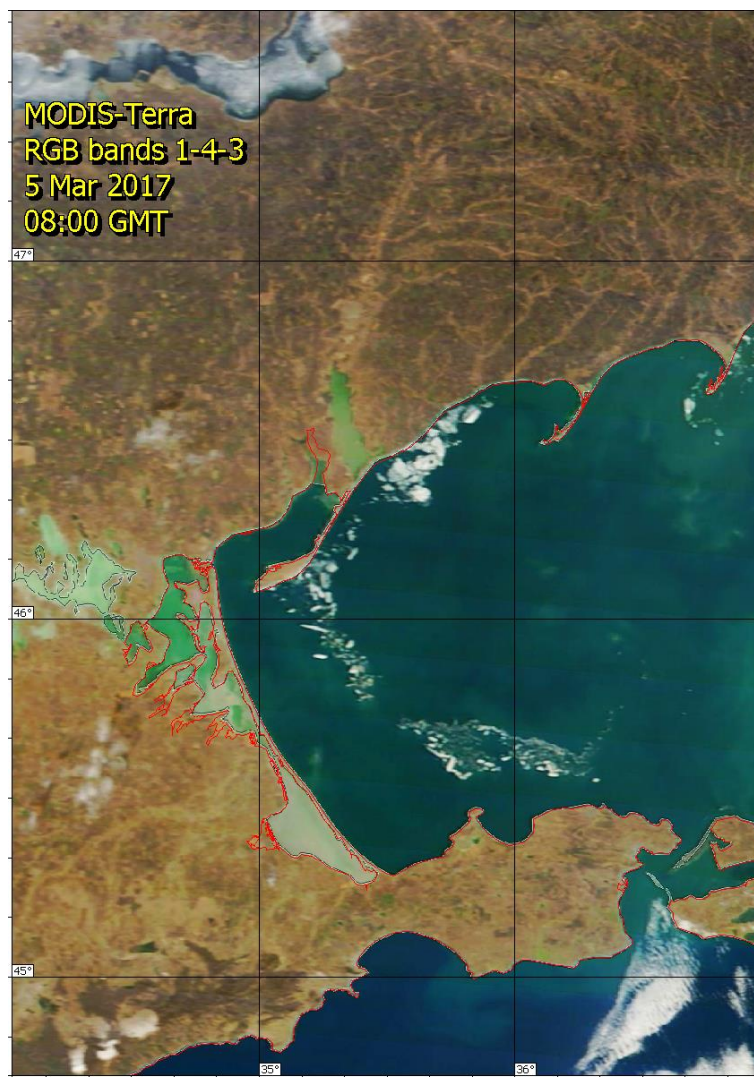


Рис. 12. Інформація отримана із космічного апарату MODIS-TERRA.



Пункт прийому інформації середньої роздільної здатності на базі командно-вимірювальної системи «Фазан» з діаметром дзеркала 5 м. забезпечує супроводження космічних апаратів, які знаходяться на орбітах з висотою 600-800 км. Планується використовувати для отримання інформації з КА ДЗЗ MODIS-TERRA, AQUA, NOAA та ін. в Х-діапазоні радіохвиль (8,2 ГГц) (рис. 12). Завдяки високому енергетичному потенціалу, після проведення модернізації, комплекс дозволить здійснювати прийом інформації з космічних апаратів з високим просторовим розрізненням (рис. 13).



Рис. 13. Космічний знімок із високим просторовим розрізненням оброблений за допомогою програмного комплексу ArcGis (<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?layers=8fc23ca40523448f9cf0b66e4a411003>).

Для ефективного використання космічних технологій в агровиробництві необхідно виконати ряд завдань. Зокрема, це:

- створення необхідної апаратно-технічної бази;
- створення, чи адаптація уже існуючого програмного забезпечення до умов аграрного виробництва та створення відповідних баз даних;
- налагодження системи обміну інформацією між науковими та інженерними інституціями;
- підготовка фахівців відповідної кваліфікації.

Всі ці завдання можливо вирішити в структурі інноваційно-космічного кластеру «Полісся», основними завданнями якого є:

1. Створення регіональних систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і забезпечення системного отримання даних ДЗЗ для задоволення регіональних потреб у сфері безпеки, агропромислового виробництва, земельних відносин, природокористування, розвитку територій, будівництва та інженерних досліджень, екологічного моніторингу, моніторингу надзвичайних ситуацій.

2. Створення регіональних систем інформаційного забезпечення і моніторингу для нової моделі управління регіоном на платформі геоінформаційної системи ArcGIS.

3. Організація проведення комплексних науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, створення та трансфер сучасних технологій використання космічної інформації відповідно до потреб держави у сферах інформаційної, екологічної та продовольчої безпеки; автоматизованої обробки інформації та інформаційно-аналітичної роботи; оперативного управління у сфері транспорту, енергетики тощо.

4. Інтегрування у державні, європейські та світові проекти (програми) у сфері космосу і космічних технологій, сприяння реалізації відповідних міжнародних і національних науково-освітніх, технологічних та культурних проектів.

УДК 631.147

## **НАУКОВА ШКОЛА “АГРОІНЖЕНЕРІЯ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ АВТОНОМНОСТІ АГРОЕКОСИСТЕМ”**

*Голуб Г. А.<sup>1</sup>, Кухарець С. М.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*<sup>2</sup>Житомирський національний агроекологічний університет*

Уже перші спільноти людей мали локальні екологічні проблеми, які порушували природний баланс. Можна згадати, як через кілька років трипільці спалювали свої поселення і переходили на інші місця, де природа не була спотворена їхнім перебуванням. Це опосередковано свідчить про те, що людина не є спорідненою для екосистеми Землі.

Збільшення чисельності населення та потреб у харчових продуктах, енергії та матеріальних ресурсах призводить до переходу від локальних екологічних проблем до глобальних (забруднення екосистеми відходами життєдіяльності; “парниковий” ефект, що призводить до танення льодовиків; зменшення ресурсів питної води; зменшення кількості лісів; зменшення біорізноманіття в природі; радіоактивне забруднення і т.д.).

Глобальною проблемою, що загрожує виживанню людства є те, що локальне забруднення навколишнього середовища невблаганно трансформується у повномасштабне забруднення, починаючи від ґрунтових вод і закінчуючи космічним простором. Прикладом може слугувати те, що в Україні відсутня джерельна вода не забруднена нітратами.

Саме перебування людини в екосистемі є проблемою. Лише в деяких племенах в Індонезії культивується бережливе ставлення до природи.





Для них природа понад усе. Але бережливе ставлення до природи не дало змоги їм розвинути свою цивілізацію у нашому розумінні.

Науковці, на нашу думку мають зосередитися на вирішенні наступних проблем: створення систем для освоєння людством інших планет; використання відновлюваних джерел енергії; впровадження систем органічного землеробства; забезпечення збереження та автоматизований контроль родючості ґрунтів; впровадження систем переробки та використання відходів життєдіяльності людей та тварин; забезпечення виробництва і споживання натуральних продуктів харчування; створення систем очистки природних та стічних вод; впровадження систем виробництва і застосування органічних добрив.

Суттєвий вклад у розробку технічних засобів для забезпечення виробництва органічної продукції та енергетичної автономності агроєкосистем, при виконанні своїх кваліфікаційних робіт внесли кандидати технічних наук Кепко О.І., Гайденко О.М., Марус О.А., Сидорчук О.В., Чуба В.В., Павленко М.Ю., Ярош Я.Д., Павленко С.І. та аспіранти Субота С.В. й Завадська О.А.

УДК 621.43.068.4

## **ЗОВНІШНІ ОЗНАКИ ПОГІРШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ**

*Бешун О. А.<sup>1</sup>, Докуніхін В. З.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

<sup>2</sup>*Інженерно-технологічний інститут Університету «Україна»*

Токсичність відпрацьованих газів (ВГ) дизелів закладена у самому принципі їх роботи. Робочий процес дизелів характеризується тим, що чим він ефективніший, тим більше він продукує оксидів азоту, умовами утворення яких є високі температури і тиски. При цьому концентрація у ВГ оксиду вуглецю і вуглеводів мінімальна. При зменшенні коефіцієнту корисної дії робочого процесу, що закономірно і неминуче під час експлуатації, утворення оксидів азоту зменшується, але зростають викиди  $CO$  і  $CH_x$ . Цим обумовлена складність забезпечення екологічної безпечності і максимальної економічності дизелів. Основні несправності дизелів, які підвищують димність ВГ: забрудненість повітроочисника, засміченість повітряного тракту, несправність турбокомпресора, негерметичність впускного тракту за турбокомпресором; зменшення тиску впорскування палива, погана якість його розпилювання, підтікання палива у форсунках через негерметичність прилягання голки до сідла; неправильний кут початку подачі палива паливним насосом високого тиску (ПНВТ), порушення регулювання ПНВТ, знос кулачкового валу ПНВТ; неправильно відрегульований коректор регулятора ПНВТ, завищена циклова

подача палива; знос деталей циліндро-поршневої групи, порушення рухомості поршневих кілець; негерметичність клапанів газорозподільного механізму (ГРМ) внаслідок зносу і нагару; неправильні теплові зазори в клапанах ГРМ; заїдання клапанів у направляючих втулках, руйнування клапанних пружин; застосування палива з низьким цетановим числом; потрапляння в паливо води; надмірне навантаження дизеля.

Зовнішні ознаки погіршення показників економічної безпечності дизелів: чорний дим при повному навантаженні двигуна. Кількість сажі у ВГ може досягти 1 % від витраченого палива. Причина – засмічений повітроочисник. Можлива перевірка – короткочасне від'єднання повітроочисника. Чорний дим на всіх режимах роботи дизеля: несправні форсунки (зниження тиску впорскування, незадовільне розпилювання палива, підтікання палива тощо). Для пошуку несправної форсунки по чергово припиняють подачу палива до форсунок шляхом ослаблення накидної гайки кріплення паливопроводів до насоса або до форсунок. При відключенні справної форсунки дизель працює з перебоями, знижується частота обертання колінчатого вала. Відключення несправної форсунки на роботу дизеля не впливає. Чорний дим і жорстка робота дизеля можливі також при помилковому встановленні дуже раннього кута початку подачі палива ПНВТ. Слід відмітити, що зір людини починає помічати димність ВГ дизелів при показах димомірів тільки біля 30 % димності.

Білий, блакитнуватий дим ВГ: неповне згоряння палива внаслідок його поганого розпилювання або внаслідок недостатньої робочої температури двигуна. Білий дим: порушення кута впорскування палива в циліндри; виникає також при потраплянні води в паливо, або в камеру згоряння при порушенні прокладок головок циліндрів. Несправний циліндр на прогрітому дизелі знаходять по черговим припиненням подачі палива до форсунок. Пошук несправності можна прискорити, якщо визначити форсунку, яка холодніше інших (погано згоряє паливо внаслідок несправності форсунки або негерметичності камери згоряння). Якщо форсунка має вищу температуру ніж інші, це свідчить про те, що зависла голка розпилювача, гази прориваються в форсунку і перегрівають її. Білий дим можливий також внаслідок занадто пізньої подачі палива. При білому димі у ВГ суттєво збільшується концентрація вуглеводнів. Тому робота непрогрітого двигуна при максимальній потужності категорично заборонена, що небезпечно також внаслідок аварійної витрати моторної оливи на угар. Синій дим ВГ особливо токсичний. Він обумовлений підвищенням вигорянням моторної оливи в камерах згоряння внаслідок зносу деталей циліндро-поршневої групи. Дизель не втрачає потужність внаслідок згоряння оливи. При синьому димі особливо небезпечно збільшується концентрація бенз(а)пірена, альдегідів і оксидів сірки.

## **ТЕХНОЛОГІЇ, ЯКІ ДОЗВОЛЯЮТЬ ВИКОНАТИ ВИМОГИ ДІЮЧИХ МІЖНАРОДНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СТАНДАРТІВ В ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ ПОЗАШЛЯХОВИХ МАШИН**

**Бешун О. А.**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Очевидно, що актуальність пошуку шляхів вирішення одних з найгостріших глобальних проблем – економії енергетичних ресурсів та зменшення навантаження на довкілля буде лише посилюватись з часом. Через введення на законодавчому рівні жорстких норм токсичності і димності ВГ (відпрацьованих газів) автотракторних і комбайнових двигунів та жорстку конкуренцію практично всі двигунобудівні компанії та всі провідні виробники тракторів і інших мобільних машин поступово модернізують свою продукцію з метою дотримання вимог екологічних стандартів Stage (Tier).

Основні технології, системи і агрегати для зниження викидів шкідливих речовин з ВГ дизелів наступні: EGR (Exhaust Gas Recirculation) – рециркуляція (перепуск) ВГ; SCR (Selective Catalyst Reduction) – селективна (вибіркова) каталітична нейтралізація ВГ (відновлення із застосуванням реагенту – сечовини); DOC (Diesel Oxidation Catalyst) – каталітичний окислювальний нейтралізатор; DPF (Diesel Particulate Filter) – сажевий фільтр (сажовловлювач); VGT (Variable Geometry Turbine) – турбокомпресор зі змінною геометрією; HPCR (High-Pressure Common Rail) – акумуляторна система паливоподачі з підвищеним тиском впорскування палива (від 120 (перше покоління) до 220 (четверте покоління) МПа); ULSD (Ultra-Low Sulfur Diesel) – дизельне паливо з наднизьким вмістом сірки; застосування проміжного охолодження повітря за рахунок інтеркулера (радіатора типу «повітря-повітря»); вдосконалення процесу згоряння за рахунок розроблення ефективніших камер згоряння; використання спеціальної моторної оливи; нові ущільнення клапанів та ін. Виконаємо аналіз дизелів, що відповідають такому високому рівню екологічності. Всі твердження про переваги і якості двигунів приводяться з матеріалів компаній-виробників.

Компанія *Perkins Engines Co. Ltd* (Великобританія) створила свій перший дизельний двигун Perkins 400F класу Stage IIb (Tier 4 Final). Пропонуються 3- і 4-циліндрові моделі двигуна з робочим об'ємом 1,5 і 2,2 л, з турбонаддувом та без нього, потужністю 25...45,5 кВт. В цих двигунах використовується технологія EGR і сажевий фільтр з пасивною регенерацією. При необхідності можлива організація активної регенерації. Двигуни призначені для малогабаритної спецтехніки.

Компанія *Cummins Inc.* (Великобританія) створила 9-літровий двигун останнього покоління QSL9 потужністю 298 кВт, який також відповідає нормам Stage IV (Tier 4 Final). В ньому використовується технологія EGR з

охолодженням, а в конструкцію двигуна вбудований компактний мідно-цеолітовий нейтралізатор системи SCR (CCC-SCR), який не потребує примусової регенерації. Двигун обладнаний турбокомпресором зі змінною геометрією і системою впорскування палива надвисокого тиску XPI.

Фінська компанія *Agco Sisu Power* (входить в американську AGCO Corp.) розпочала серійний випуск двигунів потужністю понад 130 кВт, які також відповідають нормам Stage IIb (Tier 4 Interim). Розроблена компанією технологія e3 SCR не потребує технічного обслуговування. Відповідність екологічним нормам досягається без застосування технології EGR, сажевого фільтра (DPF) та турбіни зі змінною геометрією (VGT).

Японська корпорація *Kubota Corporation* вже випускає декілька серій (10 моделей) безнаддувних дизельних 1, 2 і 3-циліндрових двигунів потужністю від 5,15 до 18,5 кВт з рідинним охолодженням, які також відповідають нормам Tier 4 Final. Завдяки використанню в конструкції двигунів процесу E-TVCS (Three Vortex Combustion Sysytem – «згоряння з трьома завихреннями») з непрямым впорскуванням (IDI), при якому в камері згоряння суміш добре змішується за рахунок формування трьох вихорів, обробки ВГ в системі випуску не вимагається.

Компанія *FPT Industrial*, яка спеціалізується на дослідженнях, розробленні, виробництві та продажу двигунів та іншого обладнання, завершила розробку дизеля для сільськогосподарської техніки C13 з двоступінчатим турбонаддувом і розпочала його виробництво. Двигун потужністю до 485 кВт обладнаний системою Common Rail нового покоління, з тиском впорскування 2200 бар, системою SCR і відповідає нормам Stage IIb (Tier 4 Interim).

В двигунах компанії *Volvo Construction Equipment* (VCE), які відповідають нормам Stage IIb (Tier 4 Interim), застосовується технологія V-ACT (Volvo-Advanced Combustion Technology – «вдосконалена технологія процесу згоряння палива»), в якій використаний цілий каскад інновацій: впорскування палива при надвисокому тиску зі змінними параметрами, система EGR підвищеної ефективності з охолодженням, точне управління роботою турбокомпресора, нова електронна система управління двигуном EMS і сажевий фільтр з пристроєм регенерації при температурі 700 °C. Система регенерації Volvo на відміну від систем інших виробників може діяти під час роботи машини.

Німецька двигунобудівна компанія *MTU Friedrichshafen GmbH*, яка входить до складу Tognum AG, однією з перших представила на виставках зразки своїх нових дизелів з вдосконаленим процесом згоряння палива, що відповідають вимогам стандартів Stage IV (Tier 4 Final). Вони обладнані системами EGR і SCR та сажевим фільтром DPF. Ці двигуни були створені на базі технологій компанії Daimler спеціально для позашляхової будівельної, промислової і сільськогосподарської техніки.

Компанія *MAN Truck & Bus AG* (Німеччина) представила 6-циліндровий рядний дизель D0836 потужністю 250 кВт, який відповідає нормам Stage IV (Tier 4 Final). В його конструкцію входять агрегат двохступінчатого наддуву з проміжним охолодженням повітря, системи Common Rail, EGR з охолодженням і SCR з сажевим фільтром.



Компанія *John Deere Power Systems* запустила у виробництво серію двигунів для позашляхової техніки PowerTech, які відповідають екологічному стандарту Tier 4i (Interim) (Stage IIb). Системи паливоподачі з електронним управлінням забезпечують цим двигунам високий ККД. Переваги цих систем паливоподачі наступні: високий тиск впорскування, система зміни кута випередження впорскування палива, точне управління процесом впорскування палива, вдосконалений холодний пуск, обмін даними з іншими системами машини, і, звичайно ж, відповідність сучасним екологічним стандартам.

Компанія *Fendt* впроваджує в своїх тракторах Fendt Vario SCR-технологію для забезпечення високого рівня екологічності а також зниження витрати палива. Так, перехід від норм Stage IIIa до норм Stage IIb для тракторів Fendt Vario супроводжується додатковим зниженням витрати палива на 14 %. Всі двигуни *Caterpillar Inc.* в діапазоні від 8,2 до 328 кВт відповідають нормам Stage IIb (Tier 4 Interim). Особливістю їх є відмова від використання технології SCR. Нейтралізація токсичних компонентів ВГ досягається за рахунок застосування технології ACERT. Ця технологія розроблена компанією Caterpillar і являє собою поєднання вдосконалених турбонаддуву, паливоподачі і електронного управління. В системі випуску двигунів встановлюються нейтралізатор DOC і сажевий фільтр DPF з вдосконаленою системою пасивної або активної (залежно від моделі двигуна) регенерації CRS.

Компанія *Deutz AG* представила широкий спектр двигунів сімейства TCD потужністю від 28 до 520 кВт, які відповідають нормам Stage IIb (Tier 4 Interim). Всі ці двигуни випускаються серійно і обладнуються фірмовою системою з електронним управлінням Deutz Common Rail (DCR) з тиском впорскування 1600, 1800 або 2000 бар. Деякі з них обладнуються турбонаддувом (іноді, з проміжним охолодженням повітря з перепускним клапаном і електронним управлінням). Фірмова комплексна модульна система зниження токсичності DVERT (Deutz Variable Emission Reduction Technologies) містить такі компоненти, як системи EGR з охолодженням, SCR, нейтралізатор DOC, сажевий фільтр з окислювальним нейтралізатором PIC, традиційний сажевий фільтр DPF, системи регенерації фільтрів сажі шляхом дозованого впуску повітря або подачі палива по командах системи управління.

Співробітникам компанії *JCB* (Великобританія) спільно з дослідницькою компанією Ricardo за рахунок значних фінансові вкладень вдалося вдосконалити процес згоряння в дизельному двигуні JCB Ecotach T4, який відповідає нормам Stage IIb (Tier 4 Interim) без оброблення ВГ в системі випуску. Розроблений ними процес згоряння Twin Vortex Combustion System («з подвійним завихренням»), передбачає застосування нової конструкції камери згоряння і нової геометрії сопла форсунки. Використовується система рециркуляції ВГ EGR з охолодженням. Двигун оснащений турбокомпресором зі змінною геометрією, системою Common Rail і електронним управлінням зі зворотним зв'язком, створеним спільно з компанією Delphi.

## МАХОВИКОВІ НАКОПИЧУВАЧІ ЕНЕРГІЇ АВТОМОБІЛІВ

Докуніхін В. З.<sup>1</sup>, Бешун О. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інженерно-технологічний інститут Університету «Україна»

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

Використання маховикових накопичувачів енергії дозволяє суттєво підвищити економічність автомобілів завдяки акумулюванню енергії, яка може бути використана в необхідний момент, особливо під час руху транспорту у міських умовах з частими зупинками і рушаннями з місця. При наявності маховикового накопичувача енергії двигун завжди може працювати в оптимальному режимі. Інша перевага маховикового накопичувача полягає в тому, що більша частина поступальної енергії автомобіля при гальмуванні не виділяється у вигляді тепла у гальмівних механізмах, а може бути ним акумульована. Економічність такого автомобіля можливо покращити більше ніж на 50 %.

Маховиковий накопичувач енергії на автомобілі ефективний тільки в поєднанні з безступінчатою трансмісією (див. рис. 1).

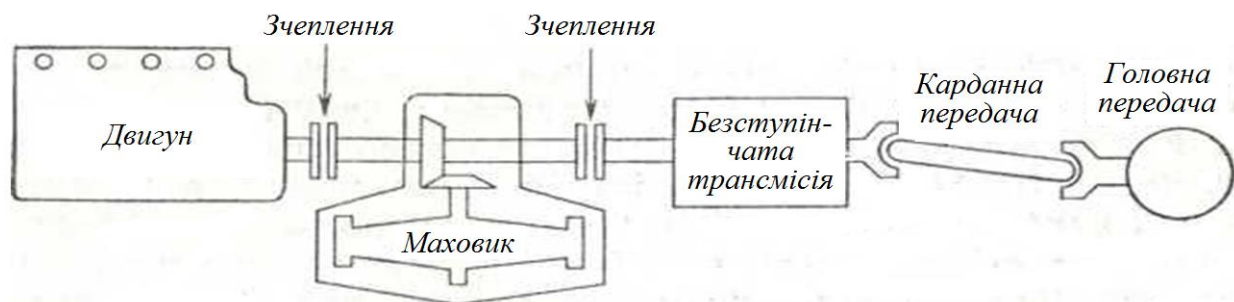


Рис. 1. Конструктивна схема шасі автомобіля з маховиковим накопичувачем енергії і безступінчатою трансмісією.

Швидкість обертання маховика не регулюється, тому при будь-якому її значенні необхідно забезпечити її узгодження зі швидкістю руху автомобіля. Наприклад, при розгоні автомобіля, коли енергія відбирається від маховика, то швидкість автомобіля збільшується, а швидкість маховика зменшується. Безступінчата трансмісія повинна безперервно забезпечувати узгодження цих швидкостей. Крім того, якщо маховик використовується для акумулювання енергії гальмування, то безступінчата трансмісія повинна забезпечувати передачу енергії з частими зупинками і рушаннями з місця, для чого енергія для руху автомобіля береться від маховика, а двигун вмикається час від часу для підтримання мінімальної частоти обертання колінчатого валу на режимі холостого ходу. При цьому, коли двигун увімкнений, він може працювати в оптимальному режимі, оскільки єдиним навантаженням для нього є маховик, а не автомобіль.

Була розроблена велика кількість різних конструкцій безступінчатих трансмісій і багато з них були реалізовані. Але число принципово різних рішень не є таким великим. Усі конструкції безступінчастих трансмісій прийнято поділяти на п'ять основних типів: 1) гідрооб'ємні; 2) фрикційні; 3) з муфтою вільного ходу; 4) багатоступінчаті з фрикційною муфтою; 5) електричні.

Гідрооб'ємна трансмісія звичайно складається з насоса, з'єднаного трубопроводами з гідромоторами. Напір рідини, створений насосом, за допомогою гідромотора перетворюється в механічну енергію. Цей процес є оборотним в тому сенсі, що енергія може передаватися в будь-якому напрямі. Такі трансмісії застосовуються на практиці, але вони мають велику масу і громіздкі. Принцип дії фрикційних безступінчатих передач побудований на передачі енергії внаслідок тертя між двома механічними частинами. Але в таких трансмісіях передача енергії може здійснюватися тільки в одному напрямі. Багатоступінчата коробка передач з фрикційною муфтою – це звичайна механічна коробка передач, в якій використовується фрикційна муфта для отримання проміжних значень передавального числа. Електрична трансмісія складається з генератора і електродвигунів. Двигун приводить у дію генератор, струм якого подається до електродвигунів, які обертають колеса автомобіля. У такій системі нема необхідності в узгодженні швидкостей обертання генератора і електродвигуна. Електродвигун може працювати як генератор і навпаки.

УДК 631.372

## **ВПЛИВ ТИСКУ В КАМЕРІ ПНЕВМАТИЧНОГО КОЛЕСА НА БУКСУВАННЯ**

***Голуб Г. А., Чуба В. В.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Більшість дослідників розглядають явище буксування як відношення різниці лінійної та дійсної швидкості колеса до лінійної або відношення різниці можливого та пройденого шляху до можливого:

Як показує практика деформоване колесо за один оберт проходить шлях менший ніж колесо без деформацій. Це свідчить про зменшення дійсного радіуса обертання колеса у випадку деформування. Визначення дійсного радіуса обертання деформованого колеса здійснювалося виходячи із припущення існування буксування деформованого колеса відносно вільного недеформованого стану.

Вплив тиску в пневматичній камері колеса на показники буксування визначався за допомогою експериментального визначення зміни дійсного радіуса кочення коліс трактора при зміні тиску в шинах та при переміщенні по

горизонтальному бетонованому майданчику. При визначенні дійсного радіусу кочення встановлювався необхідний тиск в шині та здійснювалося перекочування на відстань 10 повних обертів колеса. Під час перекочування фіксували шлях пройдений колесом за один оберт та загальний пройдений шлях. Після виконання 10 обертів, виконувалося усереднення шляху, що проходить колесо за один оберт. По середньому шляху пройденому за один оберт колеса визначався дійсний радіус кочення колеса. Достовірність отриманих теоретично та експериментально дійсних радіусів кочення виконано за допомогою порівняння ковзання колеса відносно початкового радіуса колеса.

При проведенні експериментальних досліджень визначення початкового та дійсного радіуса кочення приводних коліс використовувався трактор John Deere серії 7130. Даний трактор був обладнаний передніми GoodYear Super Traction Radial 14.9 R24 та задніми FireStone Radial 800 460/85 R38 шинами. Початкова довжина кола визначалася середньому значенні розміру шини на ділянці від центру та краю протектора визначали при заданому тиску в шині для піднятого колеса (при відсутності навантаження).

Виконані дослідження показали збільшення дійсного радіуса кочення та зменшення буксування колеса при збільшенні тиску повітря в шині. Так, наприклад, для заднього колеса трактора John Deere 7130 при збільшенні тиску від 0,6 до 2,6 атм спостерігається збільшення радіуса кочення на 21 мм та зменшення коефіцієнту буксування від 1,94 до 0,83%. Для переднього колеса при зміні тиску від 1 до 2 атм спостерігається збільшення радіуса кочення на 7 мм та зменшення коефіцієнта буксування коліс від 1,76 до 1,12 %.

УДК 631.372

## **ДО ВИЗНАЧЕННЯ РАДІУСУ КОЧЕННЯ ПНЕВМАТИЧНИХ КОЛІС**

***Чуба В. В., Меланченко Я. О.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

У більшості досліджень, що стосувалися руху колісних рушіїв, які виконані в середині минулого століття, приймався статичний радіус кочення колеса. Проте такий підхід справедливий тільки для коліс, що не піддаються деформації. Сучасні дослідження механіки взаємодії привідного колеса та опорної поверхні направлені на удосконалення технічних засобів та систем керування оптимальними режимами руху самохідних машин. Подібні системи вимагають виконання точних вимірювань та отримання мінімальних похибок під час розрахунків. Радіус кочення колеса є важливим параметром, оскільки він визначає показники взаємодії колеса із опорною поверхнею при перетворенні потужності двигуна в тягову силу. На сьогодні відсутній єдиний підхід до

визначення дійсного радіусу кочення пневматичних коліс під час руху самохідних машин.

Сучасні дослідники виділяють три радіуси кочення колеса, а саме: кінематичний радіус, який виникає в результаті існування буксування колеса; кінетичний радіус, який обчислюється із співвідношенням крутного моменту та приведеної сили опору переміщення колеса та геометричний радіус – як відстань між центром колеса і нижньою частиною шини. Проте при використанні зазначених радіусів відмічається неспівпадіння отриманих результатів, що свідчить про відсутність взаємозалежності зазначених радіусів.

При русі колісних тракторів, автомобілів та інших самохідних машин відбувається деформація шин коліс завдяки дії приведенного вертикального навантаження та дії крутного моменту підведеного до колеса. Із-за деформації шин коліс, фактичний шлях, що проходить колесо є меншим, ніж пройшло б це колесо при відсутності деформації шини. Оскільки початковий дійсний радіус кочення задає прикладене вертикальне навантаження, то за початковий радіус слід приймати стан колеса коли деформація протектора викликана власною вагою колеса. Розглядаючи колесо у вільному стані помітно, що радіус поперечного перерізу величина непостійна. Радіус колеса у вільному стані зменшується від центру протектору до зовнішнього краю. Характер деформації протектора задає жорсткість каркасу пневматичної шини та внутрішній тиск в шині.

Виконаний аналіз існуючих публікацій вказує на відсутність єдиного підходу у визначення дійсного радіусу кочення пневматичного колеса. Аналіз взаємодії колеса із опорною поверхнею вказує на необхідність зв'язати в залежності для визначення радіусу колеса вертикальне навантаження, характеристики пневматичної шини та прикладені до колеса крутні моменти.

УДК 539.3:4

## **НОВИЙ СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ВТОМНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ СУЧАСНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА РАХУНОК ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ**

***Чаусов М. Г., Пилипенко А. П.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

В останні роки отримані нові експериментальні дані про особливості механічної поведінки пластичних матеріалів при імпульсному введенні енергії (так звані динамічні незрівноважені процеси (ДНП)).

При ДНП за рахунок імпульсного введення енергії в матеріал спостерігається нестійкість раніше створеної структури і наступна самоорганізація матеріалу у вигляді дисипативної структури, пов'язаної на

різних масштабних рівнях. Зміна вихідної структури матеріалу призводить до змін вихідних механічних властивостей матеріалу, в тому числі, пластичної деформації, ударної в'язкості і тріщиностійкості при повторному навантаженні [1].

Для виготовлення сучасних відповідальних конструкцій, в тому числі і в техніці агропромислового виробництва, широко застосовують листові алюмінієві сплави. Протягом експлуатації вони піддаються складним видам навантаження, зокрема, циклічним. Тому проблема підвищення втомної довговічності алюмінієвих сплавів є дуже актуальною.

На теперішній час розроблено багато нових технологічних методів підвищення втомної довговічності матеріалів шляхом поліпшення їх вихідних фізико-механічних властивостей, зокрема, їх поверхневих шарів за рахунок впливу різних енергетичних полів – лазерних, електромагнітних, ультразвукових та ін. Ускладнення методів модифікування поверхонь, з одного боку, забезпечує зростання втомної довговічності матеріалів, а з іншого боку – потребує використання складного технологічного обладнання та суттєвого збільшення грошових затрат.

Розроблення і апробація нового ефективного способу підвищення втомної довговічності сучасних матеріалів з використанням імпульсного введення силової енергії в матеріали при ударно-коливальному навантаженні (УКН) дозволяє технологічно простіше та дешевше добитися позитивного впливу на фізико-механічні властивості матеріалів, і, відповідно, на підвищення їх втомної довговічності, порівняно з відомими способами. Особливо важливим є те, що цей процес є швидкісним і керованим, його параметри регулюються зміною інтенсивності імпульсного введення енергії в матеріал, а також той факт, що ця процедура реалізується за кімнатної температури.

В даній роботі подані нові експериментальні дані з впливу змін структурного і механічного стану листового промислового алюмінієвого сплаву 2024-T3 товщиною 3 мм при УКН на зміну в широкому діапазоні його втомної довговічності при орієнтовних частотах випробувань 110 Гц.

Всі дослідження з імпульсного введення силової енергії в алюмінієвий сплав 2024-T3 за рахунок УКН були проведені на модернізованій випробувальній машині ZD 100Pu. Основна ідея запропонованої методики полягає у високошвидкісному розтязі матеріалу з накладенням на нього коливального процесу з високою частотою (кілька кілогерц), яка відповідає власній частоті випробувальної машини.

Відповідні дослідження з оцінки втомної довговічності сплаву проведені на резонансній випробувальній машині RUMUL TESTRONIC 50kN при кімнатній температурі. Режим випробувань зразків із алюмінієвого сплаву після імпульсного введення енергії для оцінки його втомної довговічності були аналогічні випробуванням зразків у вихідному стані: режим навантаження м'який; коефіцієнт асиметрії циклу  $R=0,1$ ; орієнтовна частота навантаження 110 Гц, максимальні динамічні навантаження  $F$ , відповідно, 13,2 кН; 12 кН; 11,1 кН; 10,2 кН.

Інтенсивність імпульсного введення енергії в сплав контролювалась проскакуванням динамічної деформації  $\varepsilon_{\text{імп}}$  за рахунок УКН. Вибір  $\varepsilon_{\text{імп}}$  у якості параметра, якій характеризує інтенсивність імпульсного введення енергії в сплав, значно спрощує процедуру випробувань. Так як режими УКН можна створювати на гідравлічних випробувальних машинах різної жорсткості, зникає необхідність у складних розрахунках з передачі конкретного силового впливу безпосередньо на зразок залежно від сумарного імпульсу на механічну систему. Крім того, з використанням такої процедури дуже просто оцінити вплив інтенсивності імпульсного введення енергії на втомну довговічність матеріалів при заданому режимі змінного навантаження, що і буде показано в подальшому.

Режими імпульсного введення енергії в сплав за параметром  $\varepsilon_{\text{імп}}$  в даній роботі були наступні  $\varepsilon_{\text{імп}} = 2 \dots 10\%$ . Це пояснюється тим, що при малих значеннях  $\varepsilon_{\text{імп}}$  дисипативна структура ще не встигає сформуватися при реалізації ДНП в сплаві, а при значеннях  $\varepsilon_{\text{імп}}$  більше 10% практично вичерпується запас пластичності на висхідній ділянці діаграми деформації сплаву.

Аналіз отриманих результатів механічних випробувань показав, що при вибраних, дуже небезпечних режимах змінного навантаження, можна добитися позитивних змін в підвищенні втомної довговічності сплаву за рахунок попереднього імпульсного введення енергії.

На рис. 1, для прикладу, подані експериментальні дані зі зміни кількості циклів до руйнування сплаву при зміні інтенсивності імпульсного введення силової енергії за параметром  $\varepsilon_{\text{імп}}$  при конкретному режимі змінного навантаження. Тут при  $\varepsilon_{\text{імп}} = 0$  подані дані випробувань на втому по трьом зразкам сплаву в вихідному стані.

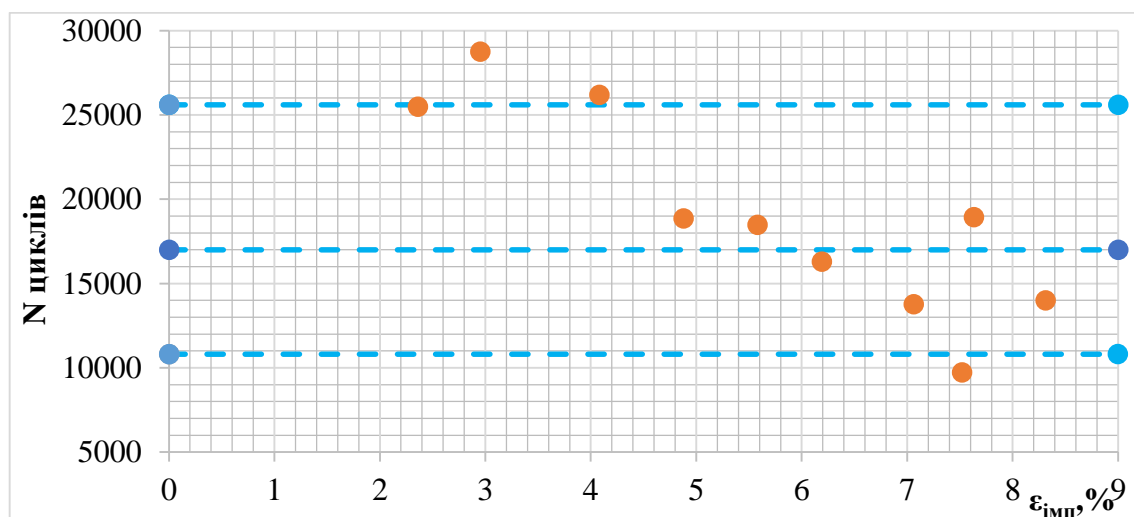


Рис. 1. Зміна кількості циклів до руйнування сплаву 2024-Т3 в залежності від інтенсивності імпульсного введення силової енергії за параметром  $\varepsilon_{\text{імп}}$  (максимальне динамічне навантаження  $F = 12$  кН).

Встановлено, що кількість циклів до руйнування сплаву 2024-Т3 після заданого попереднього технологічного режиму обробки у діапазоні  $\varepsilon_{\text{імп}} = 2,36\% \dots 4,08\%$  зростає, в середньому на 33,6% (див. рис. 1). Причому, що теж дуже важливо, розкид експериментальних даних кількості циклів до



руйнування сплаву після попереднього імпульсного деформування у даному діапазоні  $\varepsilon_{\text{імп}}$  становить всього 11,3 %, водночас, в вихідному стані, цей розкид значно більший, близько 57,8 %. Тобто поверхневі шари сплаву після УКН стають одноріднішими, що має принципове значення при зародженні поверхневих втомних тріщин.

Одержані результати можуть бути враховані під час реалізації технологічних операцій з підвищення втомної довговічності сучасних матеріалів за рахунок попереднього ударно-коливального навантаження.

#### Список літератури

1. Чаусов М. Г., Марущак П. О., Пилипенко А. П., Березін В. Б. Особливості деформування і руйнування пластичних матеріалів при ударно-коливальному навантаженні: монографія. Тернопіль: ТЗОВ «Термо-граф». 2018. 288 с.

УДК 631.348

## ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ШТАНГОВОГО ОБПРИСКУВАЧА

*Бабій А. В.*

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

Швидкий темп розвитку виробництва сільськогосподарської продукції в Україні вимагає від сьогодення високопродуктивних технологічних машин. Провідне місце тут займають машини для хімічного захисту рослин – штангові обприскувачі. Оскільки посівні площі багатократно обробляються хімічними робочими препаратами, то дані машини повинні володіти високою продуктивністю та бути надійними при експлуатації. Ці показники не можна розмежовувати, бо вони тісно взаємопов'язані [1].

За аналізом залежності продуктивності обприскувача, шляхами її підвищення є: збільшення робочої ширини захвату машини, підвищення робочої швидкості руху агрегату, наближення коефіцієнта використання часу роботи обприскувача до одиниці.

Що стосується збільшення робочої ширини захвату машини, то тут потрібно враховувати не просто конструктивну ширину захвату штанги, а її розрахункову ширину, яку можна представити у вигляді залежності

$$B_{pp} = b(n - 1) - 2H \left[ \tan \left( \frac{\alpha}{2} \right) \right] [1 - 2k_n^{-1}], \quad (1)$$

де  $b$  – відстань між розпилювачами, м;  $n$  – кількість розпилювачів на штанзі;  $H$  – відстань від розпилюючого пристрою до об'єкту обробки, м;  $\alpha$  – кут розпилу робочої рідини, град;  $k_n$  – кратність перекриттів факелів розпилу.

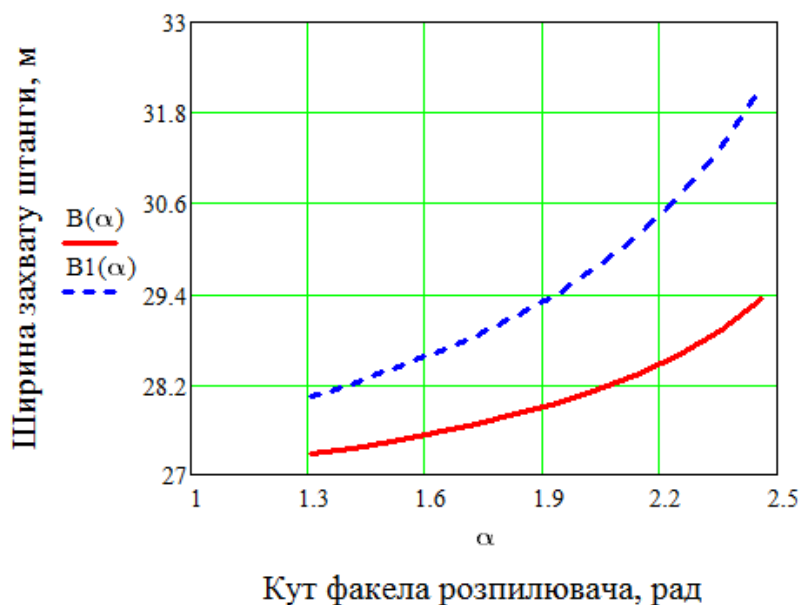


Рис. 1. Графічне представлення зміни ширини захвату штанги від кута факела розпилювача та відстані до об'єкту обробки.

Рис. 1 характеризує двадцятисемиметрову штангу обприскувача, де кут розпилю розпилювачів варіювався від  $75^{\circ}$  до  $145^{\circ}$ : суцільна лінія відповідає відстані до об'єкту обробки 0,5 м, пунктирна – 1 м. Різниця ширини захвату, наприклад для розпилювачів з кутом розпилю робочої рідини  $110^{\circ}$ , складає 1,43 м. А це означає, що для дотримання чіткої норми винесення хімічного препарату, коливання штанги повинні бути мінімізовані.

Крім того, ширина захвату штанги пов'язана з маневреністю машини, збільшенням ваги та виникаючими при цьому динамічними перевантаженнями, міцністю такої конструкції та ресурсом її роботи тощо.

Робочу швидкість агрегату  $v_p$  можна представити у вигляді функції багатьох аргументів

$$v_p = f(N, D, T, \dots), \quad (2)$$

де  $N$  – потужність двигуна енергозасобу на оптимальному режимі;  $D$  – параметр, що обмежує максимальну швидкість за критерієм виникнення допустимих напружень в елементах конструкції обприскувача при дії динамічних сил;  $T$  – технологічний параметр для обмеження робочої швидкості агрегату.

За аналізом параметра  $T$  робоча швидкість може бути обмеженою: продуктивністю насосної установки обприскувача для забезпечення заданої норми виливу робочого препарату; утворенням вихрових потоків позаду штанги, що зносять дрібнодисперсні частинки робочого препарату від об'єкту обробки; властивостями речовин бакової суміші тощо.

Параметри  $D, T$  не є функціональними залежностями, їх визначають при проведенні локальних досліджень. А от визначення робочої швидкості  $v_p = f(N)$  піддається раціональному аналізу [2]. Тут встановлюється здатність двигуна енергозасобу транспортувати робочу машину. Ватро зауважити, що параметри  $D$  і  $T$  функції швидкості (2) мають обмежувальний характер. Робоча

швидкість не може перевищувати деякого значення в залежності від вказаних параметрів  $N, D, T, \dots$ , виходячи з того, який критерій буде задоволений першим.

Що стосується коефіцієнта використання часу при роботі обприскувача  $\tau_c$ , то міркування аналогічні. В роботі показано залежності, які визначають даний коефіцієнт.

#### Висновки

При визначенні робочої ширини захвату обприскувача основними критеріями є: маневреність машини, збільшення коливань штанги, що погіршує технологічний процес обприскування, виникнення динамічних сил в каркасах секцій штанг, які впливають на ресурс їх роботи та збільшення ваги машини в цілому.

При аналізі робочої швидкості агрегату, було розглянуто основні параметри, від яких вона залежить: потужність двигуна енергозасобу – визначає максимально допустиму вагу агрегатованої технологічної машини куди входить вибір об'єму бака обприскувача, причому максимальна вага обприскувача є обмеженою допустимим питомим тиском коліс на ґрунт; виникнення допустимих напружень в елементах конструкції обприскувача при дії динамічних сил, що впливають на міцність та довговічність конструкції; технологічний параметр тощо.

Подальший розвиток наведеного аналізу параметрів обприскувача знаходиться в площині побудови оптимізаційної задачі, де після задоволення всіх обмежень вибирається оптимальний параметр.

#### Список літератури

1. Рибак Т., Бабій А., Попович П., Ріпецький Є. Пошукове конструювання на сучасному розвитку експериментальних засобів та аналітичних досягнень – концептуальна триєдина модель. Вісник ТНТУ. Спецвипуск, частина 2, Тернопіль. 2011. С. 164–172.

2. Кутьков Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. Москва. Колос, 2004. 504 с.

УДК 631.361.022

## УМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ МОЛОТИЛЬНИХ СИСТЕМ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

*Смолінський С. В., Шуба Р. С.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Основним технічним засобом, який використовується у світі при збиранні зернових культур, є зернозбиральний комбайн. При збиранні врожаю зернозбиральним комбайном послідовно відбувається зрізування хлібостою,

обмолот шляхом виділення зерна із колоса або волоті та очищення зерна від домішок і видалення вільного зерна із соломи.

Ефективне збирання врожаю зернових культур забезпечується застосуванням самохідних бункерних зернозбиральних комбайнів провідних фірм-виробників NEW HOLLAND, FENDT, JOHN DEERE, CLAAS, MESSEY FERGUESON, SAMPO та інші.

Серед основних технологічних елементів зернозбиральних комбайнів, які істотно впливають на якість виконання процесу та ефективність функціонування комбайна є молотильні системи. Основною характеристикою молотильної системи зернозбирального комбайна є його пропускна здатність. Так, пропускна здатність до 1,5 кг/с характерна для молотильних систем селекційних комбайнів, 1,5...3,0 кг/с – для селекційно-насінневих, 3,0...5,0 кг/с – насінневих, 5,0...6,0 кг/с – зернових середньої продуктивності, до 8,0 кг/с – зернові підвищеної продуктивності, 8,0...10,0 кг/с – універсальні підвищеної продуктивності, 10,0...12,0 кг/с – універсальні високої продуктивності і більше 12 кг/с – універсальні супервисокої продуктивності.

В цілому, процес роботи молотильної системи полягає у виділенні зерна із колоса або волоті (безпосередньо обмолот) та просіювання обмолоченого зерна через масу в зоні обмолоту і деки. Тому доцільно виділити серед молотильних систем молотильні апарати і молотильно-сепарувальні пристрої.

Відомо, що в залежності від конструктивного виконання, молотильні системи бувають барабанными, роторними і комбінованими або гібридними молотильно-сепарувальними пристроями. У барабанных молотильних апаратах процес обмолоту відбувається внаслідок ударної дії елементів барабану на масу і витирання при пропусканні в зазорі між барабаном і підбарабанням. Роторні МСП працюють за принципом витирання зерна із колоса чи волоті, що знижує пошкодження зерна.

Барабанні можуть мати одно-, дво- і багатобарабанну конструкцію, а самі барабани містять біла або штифти, що забезпечує різну дію на хлібну масу. Підбарабання (дека) барабанных молотильних систем бувають пасивними або активними (у тому ж числі і вібраційними). Дослідження багатьох вчених підтверджують більш високий ступінь виділення зерна при мінімальному пошкодженні у багатобарабанных системах внаслідок менш агресивної дії на масу. Хоча одночасно при цьому зростатиме металомісткість і енергозатрати на виконання процесу.

Роторні МСП в залежності від напрямку руху технологічного матеріалу бувають аксіальними, тангенціальними і із складним рухом. В цілому, пропускна здатність роторних МСП більша за барабанні молотильні системи, але одночасно з цим більшими є і затрати потужності на їх привод. Такі молотильні системи добре працюють при високій врожайності і на схилах, хоча внаслідок застосування інерційних роторів існує потреба в роботі на великих площах і з довгими гонами для забезпечення необхідного режиму обертання ротора. Крім того, роторні МСП бувають одно- або двороторними, що впливає на пропускну здатність і продуктивність комбайна в цілому.

Незалежно від типу молотильної системи умова ефективної роботи зернозбирального комбайна із урахуванням пропускної здатності молотильної системи можна представити

$$Q < q, \quad (1)$$

де  $Q$  – подача хлібної маси від жатної частини в молотильну систему,  $q$  – пропускна здатність молотильної системи. Пропускна здатність комбайна визначається в залежності від умов експлуатації.

Вираз для визначення подачі хлібної маси в молотарку можна записати у вигляді

$$Q_1 = 10^{-3} B K_B(t) V(t) [U_I(x, y) + K_H(H) U_{II}(x, y)] \quad (2)$$

де  $B$  – ширина захвату жатки,  $V$  – поступальна швидкість зернозбирального комбайна,  $U_I$  – врожайність зерна,  $U_{II}$  – врожайність соломи,  $K_B$  – коефіцієнт використання ширини захвату жатки,  $K_H(H)$  – коефіцієнт впливу висоти зрізу стеблостою на подачу стеблової частини в молотильну систему.

Одним із шляхів забезпечення оптимального завантаження молотильної системи комбайна при збиранні зернових культур є попередній моніторинг хлібостою з можливістю прогнозування врожайності зерна і соломи та в залежності від умов роботи обґрунтування необхідної ширини захвату жатки та оптимальні значення висоти зрізу хлібостою і швидкості руху комбайну для відповідних ділянок поля.

УДК 631.358.44/45

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

*Смолінський С. В., Олійник В. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Для механізованого збирання картоплі в залежності від способів і технологій використовуються картоплекопачі, копачі-навантажувачі та картоплезбиральні машини відомих фірм-виробників: GRIMME, ROPA, AVR та інші, які дозволяють забезпечити ефективне механізоване збирання за будь-яких умов. При цьому, послідовно відбувається видалення бадилля, підкопування бульбоносного шару ґрунту, просіювання дрібного ґрунту та видалення грудок і інших крупних домішок. Але картоплезбиральні машини є досить енергонасичені, оскільки в процесі збирання на їх робочі поверхні подається значна маса вороху. Одним із шляхів зниження енергетичних затрат при застосуванні картоплезбиральних машин є їх обладнання підкопувальними робочими органами, які забезпечуватимуть максимальне руйнування пласта та

мінімальний вміст ґрунтових домішок у воросі, що подаватиметься на поверхню сепаруючих робочих органів.

На основі проведеного аналізу підкопувальних робочих органів та відомих технічних рішень пропонується в схемі картоплезбиральних машин (насамперед, картоплезбиральних комбайнів, можливо – картоплекопачів) використовувати дисковий копач (рис. 1), який складається з двох дисків, що кріпляться до рами збиральної машини. Диски виконані з вирізами по периферії, які забезпечуватимуть просіювання ґрунту, а внаслідок відповідного їх встановлення забезпечуватиметься руйнування пласта. При потребі (особливо при роботі на важких ґрунтах та в умовах підвищеної вологості) можна забезпечити їх привод від ВВП трактора.

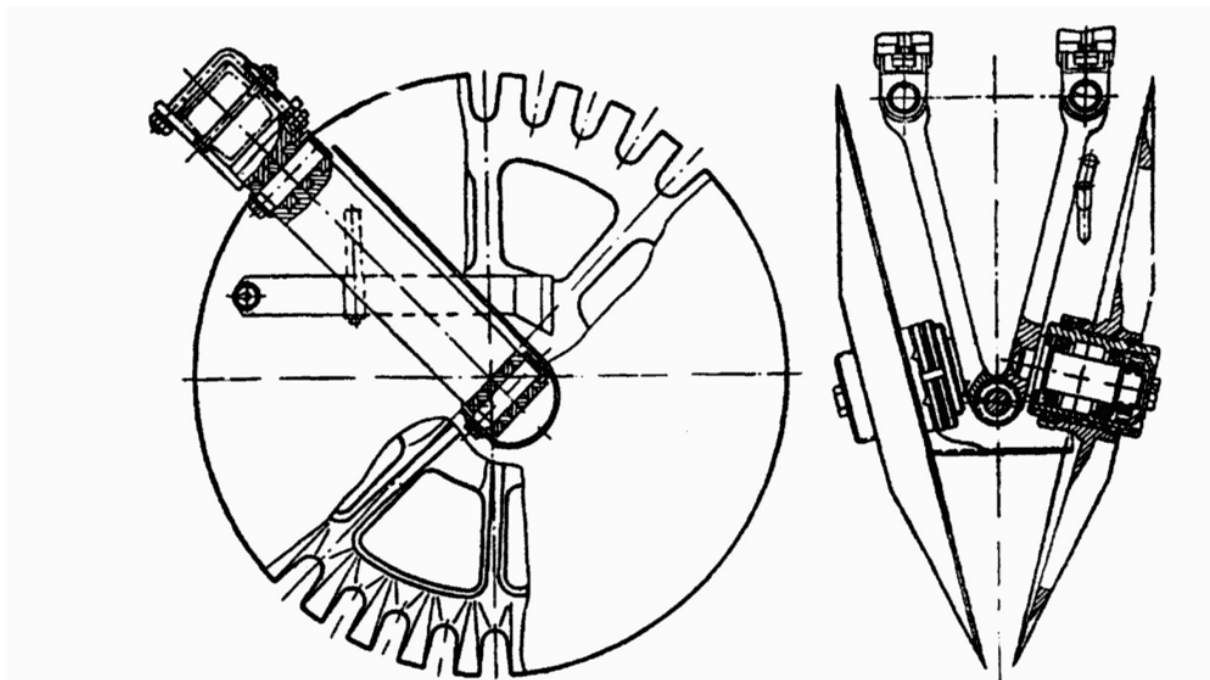


Рис. 1. Дисковий копач.

Застосування дискового копача дозволить забезпечити зниження тягового опору картоплезбиральних машини та підвищити продуктивність і ефективність їх роботи, підвищити якісні показники роботи внаслідок підвищення інтенсивності руйнування грудок та зниження пошкодження бульб. Крім того, картоплезбиральна машина, що обладнується застосуванні дисковим копачем, може бути використана також і при збиранні інших коренебульбоплодів (столових буряків, цибулі, моркви, тощо).

#### Список літератури

1. *Петров Г. Д.* Картофелеуборочные машины. Москва. Машиностроение, 2014. 320 с.
2. *Герасимов С. А., Марченко Н. М.* Разработка универсальных копачей для уборки картофеля и корнеплодов. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. №1. 1966. С. 15–19.

УДК 631.362

## ПЕРСПЕКТИВНА КОНСТРУКЦІЯ КАРТОПЛЕСОРТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

*Смолінський С. В., Степаненко О. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

До основних операцій післязбиральної обробки врожаю картоплі належать відокремлення домішок від бульб і сортування на розмірно-масові фракції. В конструкції сучасних машин для сортування картоплі в якості сортувальних робочих органів використовуються роликові, вальцеві, транспортерні та грохотні сортувальні поверхні. Найбільш ефективно ці сортувальні робочі органи працюють при відсутності ґрунтових домішок та при формі бульб близьких до круглої.

На основі аналізу розміру та форми бульб, які подаються на сортування, встановлено, що лише 25...30% можуть максимально відповідати зазначеним умовам.

Для підвищення ефективності процесу сортування бульб картоплі пропонується використовувати вдосконалену схему калібратора плодів дискового типу. При цьому одношарова подача бульб на сортувальну робочу поверхню досягатиметься шляхом застосування обмежувача над завантажувальним транспортером, а більш ефективне проходження бульб неправильної форми через зазор встановленням підпружиненого обмежувача.

Сортувалка бульб картоплі (рис. 1) складається із завантажувального транспортера 1, над поверхнею якого в зоні скидання плодів на сортувальну поверхню встановлено обмежувач 2, який забезпечуватиме одношарову подачу бульб по транспортеру 1 на дискову сортувальну поверхню, сортувальної робочої поверхні у вигляді інерційного дискового ротора 3, який проводиться в обертальний рух від приводної установки, обмежувача 4 та вивантажувальних транспортерів фракцій 5 або ємкостей для різних фракцій.

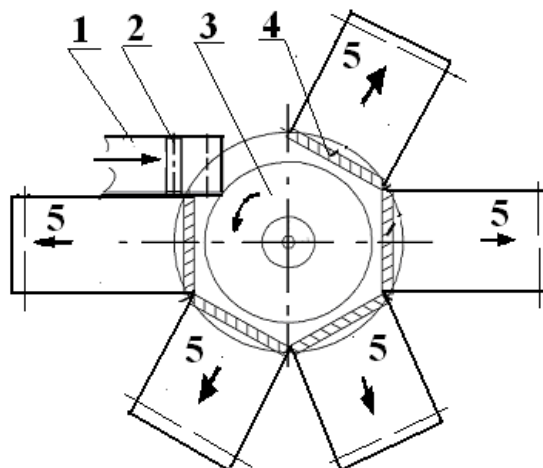


Рис. 1. Схема сортувалки бульб картоплі.



Калібрувальний зазор утворюється між поверхнею дискового ротора і обмежувача, який кріпиться до рами через натискну підпружинену штангу. Оскільки калібрувальний зазор має змінну величину, а обмежувач – підпружинене кріплення, то це забезпечуватиме точне сортування бульб навіть при змінній їх формі.

УДК 635.21:631.332.7

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ КАРТОПЛЕСАДЖАЛКИ

*Смолінський С. В., Муренець Д. І.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Садіння картоплі – одна з відповідальних і важливих операцій у технології її вирощування, оскільки від якості її виконання істотно залежить і врожайність.

Для виконання точного садіння картоплі використовуються картоплесадильні машини відомих фірм-виробників техніки Grimme, Crammer, Nassia і т.д. Картоплесадильні машини мають основні елементи: сошники, садильний апарат та загортачі.

Сучасні картоплесаджалки обладнуються ложково-пасовим або ложково-ланцюговим садильним апаратом із чашкоподібною ложечкою. Також відомий досвід обладнання картоплесаджалок тросовим апаратом без ложечок. Але внаслідок конструктивних особливостей для більшості садильних апаратів характерними є пошкодження паростків і можливе згружування бульб в зоні захоплення ложечками.

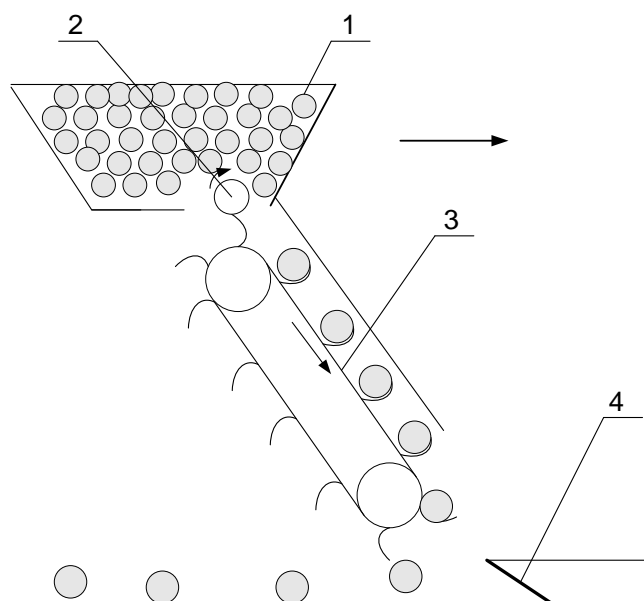


Рис. 1. Схема картоплесаджалки.

На основі аналізу сучасних машин для садіння картоплі та технічних рішень для підвищення точності садіння картоплі пропонується застосовувати удосконалену схему картоплесаджалки (рис. 1), що складається із бункера для садильного матеріалу 1, в нижній частині якого знаходиться валець 2, стрічки або ланцюга з ложечками 3 та сошника 4.

Характерною особливістю цієї схеми картоплесаджалки слід вважати зменшення переміщення бульб в садильному апараті без випадання із ложечки (знижуватиметься рівень пошкодження паростків) та застосування вальця 2, що забезпечуватиме інтенсифікацію надходження бульб із бункера до ложечок садильного апарата.

УДК 631.355.3

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КАЧАНОВІДРИВНИХ ПРИСТРОЇВ КУКУРУДЗЯНИХ ЖАТОК

*Смолінський С. В., Риженко М. М.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Для збирання кукурудзи на зерно використовуються універсальні самохідні зернозбиральні комбайни, які обладнані приставкою (жаткою) для збирання кукурудзи на зерно, або спеціальними кукурудзозбиральними комбайнами. Одним із найбільш відповідальних робочих органів цих машин слід вважати качановідривні пристрої, які забезпечують ефективне відокремлення качана кукурудзи від стебла.

Але внаслідок характерних особливостей деяких сортів і гібридів кукурудзи, що вирощуються в аграрному секторі України і інших країн, процес відривання качанів відбувається не завжди ефективно і якісно. Крім того, вплив на якість процесу відривання качанів має їх розміщення на стеблі.

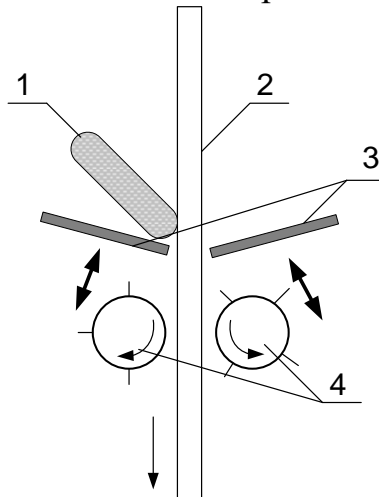


Рис. 1. Схема взаємодії качановідривного пристрою з качаном кукурудзи.

Більшість машин для збирання кукурудзи на зерно обладнуються качановідривними пристроями (рис. 1), що складаються із відривних пластин 3 і захоплювальних вальців 4. Стебло проходить між пластинами 3 і захоплюється та протягується вниз вальцями 4. Внаслідок того, що величина зазору між пластинами менша за діаметр качана, але більша за діаметр стебла, стебло вільно проходить між пластинами, а качан відривається від стебла. В цьому випадку, дію пластин на качан можна вважати пасивною.

Для підвищення ефективності роботи качановідривного пристрою пропонується надати пластинам 3 вібраційної дії. Це призведе до зниження енергозатрат при відокремленні качана від стебла і дозволить більш якісно виконувати процес збирання незалежно від умов роботи та сортових особливостей кукурудзи.

УДК 631.331

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ПРОТРУЮВАЧА НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР З ВРАХУВАННЯМ ВІБРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ БУНКЕРА**

***Вечера О. М.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

У різних виробництвах поширені операції вантаження-розвантаження сипких зернистих матеріалів в технологічні і транспортуючі пристрої. Невід'ємною частиною устаткування для таких операцій є різного роду бункери та жолоби, що встановлюються в місцях сполучення основного, транспортуючого і допоміжного устаткування. Окрім цього бункери застосовуються для зберігання різних матеріалів, а також для їх об'ємного і вагового дискретного дозування.

Сипкі матеріали дуже різноманітні по своєму гранулометричному складу, щільності, вологості і іншим фізико-механічним властивостям і по здатності витікання з бункерів. При роботі з вологими, липкими, такими, що злежуються матеріалами дуже часті випадки порушення та нестабільність роботи бункерів, що полягають в утворенні зведень над випускним отвором бункера, внаслідок чого витікання матеріалу частково або повністю припиняється. Іншою причиною порушення нормальної роботи бункерів є утворення пасивних зон, коли витікання матеріалу відбувається тільки із зони, розташованої над випускним отвором (трубоутворювання), що істотно зменшує продуктивність, стабільність і корисну ємність бункера. Тож підвищення ефективності та забезпечення безперебійної роботи бункерів є важливою задачею.

Для вирішення цієї проблеми найбільш перспективним методом є вібраційний. Принцип вібраційної інтенсифікації заснований на ослабленні

структурних зв'язків між частинками сипучого матеріалу та на збільшенні їх відносної рухливості, на силовому руйнуванні зводу, що утворюється над випускним отвором.

Метою досліджень є здобуття якісної оцінки впливу вібрацій бункерів на динаміку зернистого матеріалу, тобто вивчення впливу вібрацій на закони виділення і розподілу тиску в бункерах. У основу цієї оцінки покладений ефект зниження кутів тертя при вібраціях бункерів. Вказана якісна оцінка, очевидно, не може повністю замінити точного кількісного дослідження впливу вібрацій на динаміку зернистого матеріалу.

Кількісне дослідження повинне враховувати всі характеристики коливального руху, що здійснюється бункером (поступальні коливання в горизонтальному, вертикальному або похилому напрямках; поступальні коливання по кругових або еліптичних траєкторіях і т.п.; повороти бункера відносно нерухомої або миттєвої осі обертання і тому подібне). Дослідженню впливу поступальних вертикальних коливань на закони виділення присвячені робота [1] і ін. Відповідно до викладеного, можна вважати, що із зростанням інтенсивності (частоти і максимального прискорення) вібрацій ефективні кути тертя знижуються, і в граничному випадку можна уявити собі їх повне зникнення. Це приведе до відповідної зміни коефіцієнтів опору та нормального тиску, що впливає на рівномірність подачі насіння.

Розрахунок і проектування вібраційного обладнання, що забезпечує високу продуктивність, вимагають поглибленого вивчення фізичних закономірностей впливу вібрації на хід технологічного процесу. Результати розрахунків, показують, що при частотах 250-350 Гц швидкість витікання матеріалу при вібрації більше, ніж з нерухомого бункера. Однак зі зменшенням частоти і зростанням амплітуди коливань графік зміни коефіцієнта заповнення в часі набуває ступінчастий характер. Пояснюється це переходом матеріалу в стан віброкиплячого шару, при якому він починає періодично відриватися від дна судини. В цей час витікання матеріалу не відбувається, отже і коефіцієнт не змінюється, а його графік має ступінчастий вигляд. Наявність таких режимів дозволяє здійснювати ще й дискретну подачу матеріалу з вібробункера.

В протруювачах інерційно-фрикційного типу, які поєднують дозування, розподілення і обробку насіння рідкими пестицидами одним робочим органом, продуктивність дозатора визначають ті ж фактори, що й в інших проточних дозаторів з активними розподільниками, та ще й параметри бокової конічної поверхні робочого органу [2, 3]. Узгодження дії усіх цих факторів з обов'язковим врахуванням характеристик насіння, що дозується і обробляється, забезпечує надійну роботу протруювача в цілому, яка, очевидно, можлива у випадку, коли насіння з достатньою швидкістю буде рухатися вверх по твірній конічного робочого органу.

В подальшому для більш якісного проектування та розрахунку продуктивності була поставлена задача створити модель сипучого матеріалу в умовах вібраційного впливу побудована з використанням гіпотези суцільності і рівнянь механіки суцільного середовища, яка дозволить досліджувати процеси течії при різних законах вібрації, визначати значення щільності, швидкості і

напруги в кожній точці розрахункової області, розрахувати максимальну швидкість висипання, а отже й продуктивність конічного бункера з конічним розподільником (дозатором) в середині бункера, який використовується в модифікованих конструкціях протруювачів типу ПНУ-4, ПНУ-10 та розрахувати оптимальні параметри бункера відповідно продуктивності робочого органу - камери протруювання для отримання максимальної продуктивності та мінімальної нерівномірності протруювання насіння з врахуванням вібраційних коливань протруювача.

#### Список літератури

1. *Барабанская Г. Ф.* О влиянии вибраций на истечение сыпучих материалов из бункера при виброускорениях, не превышающих ускорения силы тяжести. Механика сплошных сред в сельхозмашиностроении. Сборник РИСХМ. Ростов н/Д. 2013. С. 86-92.

2. *Тимошенко С. П., Вечера О. М., Тимошенко С. І.* Спосіб обробки насіння рідкими препаратами. Патент № 96498 А01С 1/08, 2006/01, п.10/11/2011, Бюл. №21.

3. *Тимошенко С. П., Михайленко М. А.* Разработать рабочие органы протравливателей семян и обосновать их оптимальные параметры. Раздел №2 Отчета по теме №4 НИР УНИИМЭСХ, Глеваха, 2008, 77 с.

УДК 633.63.631.53.01

## **ОСОБЛИВОСТІ ХАРКІВСЬКОЇ ЕНЕРГООЩАДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ І ЗБИРАННЯ МАТОЧНИХ БУРЯКІВ НА БАЗІ ІНТЕГРАЛЬНОГО ТРАКТОРА ХТЗ-121**

***Волоха М. П., Балан В. М.***

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*

Упродовж 1997-2000 рр. у ДГ «Пархомівське» Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків проводилась апробація енергоощадної технології вирощування цукрових, а на протязі 2003-2005рр. – маточних буряків при використанні машино-тракторного комплексу С-МТК-45. До складу його входять: трактор ХТЗ-120/121 класу 3т, дискові борони (БДВ), ярусний плуг ПЯ-3-35 або ПНЯ-4-40, культиватори загального призначення АРВ-8, 1-01 і АРВ-8, 1-02, а для обробітку міжрядь КОЗР-8,1-01 і КОЗР-8,1-02. Сівбу проводили 18-ти рядною сівалка ССТ-12В, а обприскування - ОП-2000. Комплекс також включає навісно-причепні, гичко та коренезбиральні машини (НГМ-2,7; ПКМ-2,7), що дає можливість раціонально використовувати інтегральний трактор ХТЗ-121 впродовж всього вегетаційного періоду. (Пащенко, Корнієнко, Федоряка, 2001).

Комплекс забезпечує вирощування цукрових, кормових, маточних буряків на площі 160-220га. Крім того додатково його використовують при вирощуванні круп'яних культур і сої.

У процесі апробації комплексу проведено значне удосконалення окремих складових технологій вирощування маточних буряків, а саме:

- зяблевий обробіток ґрунту завершують створенням гребеневої поверхні (висота валків 8-10см) з метою кращого снігозатримання та поліпшення агрофізичних властивостей (ХТЗ-121 в агрегаті з КОЗР-8,1-02), а також додатковим внесенням РКД;

- весною ґрунт з такою поверхнею сприяє повільному сніготаненню і суттєвому вологонакопиченню та набуває оптимальних фізичних властивостей раніше на 2-3 дні порівняно зі звичайною технологією. Це дає можливість проводити весняно-польові роботи комбінованим комплексом (ХТЗ-121+АРВ-8,1-02+ССТ-18В), який за один прохід здійснює підготовку ґрунту і посів одночасно. На передню навісну трактора навішують культиватор АРВ-8,1-02, а на задню сівалку ССТ-18В, при цьому серійні шини трактора ХТЗ-121 розміром 16,9×38 установлюють на колію 2950мм з допомогою спеціальних вставок, виготовлених також на ХТЗ, а сошники сівалки ССТ-188 розставляють на рамі так, щоб за колесами трактора ширина міжрядь становила 70см замість 45.

Перестановкою маркера ширину стикових міжрядь також збільшують до 70 см. Таким чином між колесами трактора розміщуються 6 рядків буряків.

УДК 631.356.2

## **ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ УДАРНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОРЕНЕПЛОДІВ З ПРУТКАМИ СКРЕБКОВИХ ПОЛОТЕН ТРАНСПОРТЕРІВ**

***Гевко Р. Б., Баліцький І. Б.***

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

З метою підвищення якісних показників виконання технологічного процесу коренезбиральними машинами, а саме покращення очищення вороху коренеплодів від домішок ґрунту та рослинних решток, а також зниження ступеня пошкодження їх тіла при механізованому збиранні пропонується ступінь агресивності сепаруючих робочих органів зменшувати по мірі віддалення їх від копачів. При цьому процес очищення коренеплодів варто здійснювати на всьому шляху їх переміщення до зони вивантаження [1].

Одним з варіантів ощадливої сепарації коренеплодів на прутково-скребкових транспортерах є застосування колового повертання групи скребоків, що спричиняє викидання коренеплодів на ребристу пруткову поверхню полотна [2, 3]. В процесі ударної взаємодії буряків з прутками відбувається їх додаткове доочищення, а відділені домішки просипаються в просторі між прутками на



зібране поле.

В іншому випадку коренеплоди скребками полотна переміщуються та одночасно перекочуються по направляючій похилій прутковій решітці в зону їх вивантаження у бункер, що також сприяє додатковому доочищенню коренеплодів [1, 4].

Методика встановлення ступеня пошкодження коренеплодів при їх взаємодії з жорсткими очисними робочими наведена в роботі [5].

Динамічна взаємодія коренеплодів з прутками полотен коренезбиральних машин суттєво відрізняється від їх взаємодії з шнековими та роторними сепаруючими робочими органами. З однієї сторони прутки є пружними елементами і деформуються в процесі співудару з коренеплодами, що є позитивним з точки зору травмування тіла буряків, а з іншої сторони площа їх контактної взаємодії є меншою в порівнянні з площею контакту поверхонь шнекових та роторних очисників, а це спричинятиме підвищені пошкодження коренеплодів.

Для здійснення оцінки можливих пошкоджень проведено динамічний розрахунок ударної взаємодії коренеплоду з пружними прутками полотна транспортера, кінці якого закріплені на пружних опорах.

Прогин балки в точці удару  $x = a$  позначимо  $u$ , зміщення тіла – через  $s$ , а місцеве пружне стиснення в точці контакту – через  $\delta$ . Відповідно  $s = \delta + u$ . Для розв'язку задачі, згідно теорії поперечного удару [6], можна використати метод розчленування, що полягає в роздільному розгляді руху прутка та коренеплоду під дією контактної сили  $P(t) = k \cdot \delta^{3/2}$ , в якому вихідними є рівняння руху тіла та балки [7]

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} = -P(t); \quad EI \frac{d^4 y}{dx^4} + \rho \cdot F \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} = P(t) \cdot f(x - a),$$

де  $E$  – модуль пружності прутка;  $I$  – момент інерції січення прутка;  $\rho$  – густина матеріалу прутка;  $F$  – площа поперечного січення прутка;  $f(x - a)$  – функція розподілу в точці удару.

Розв'язок рівнянь із використанням даної теорії є досить складним і не може бути покладеним в основу інженерної методики розрахунку ударної взаємодії коренеплоду з прутком. Аналіз зміни контактних сил, проведений в роботах [6, 7], дозволяє встановити, що піки їх максимумів в залежності від вихідних параметрів виникають як у початковий момент контакту, коли прогин прутка є незначним, так і в момент, коли прогин близький до максимального, а тіло коренеплоду різко сповільнює свій рух.

При значній масі прутка більш характерний перший випадок, а при малій масі та жорсткості прутка контактні напруження у другій фазі удару можуть бути домінуючими.

В такому випадку для визначення зусилля при ударі можна використати умову рівності кінетичної енергії, роботи сил удару та потенціальної енергії деформації системи, а також методи оцінки динамічного зміщення за відомим статичним прогином від аналогічно прикладеної сили.

### Список літератури

1. Р.Б. Гевко, І.Г. Ткаченко, С.В. Синій, В.М. Булгаков, Р.М. Рогатинський, О.Б. Павелчак. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки. Луцьк: ЛДТУ, 1999. 168 с.
2. І.Г. Ткаченко, Ю.Б. Гладько, Р.Б. Гевко, О.Б. Павелчак. Обґрунтування параметрів транспортера-сепаратора. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. Вип. 7. Луцьк: ЛДТУ. 2000. С. 260–266.
3. Hevko R., Brukhanskyi R., Flonts I., Synii S., Klendii O. (2018). Advances in methods of cleaning root crops. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II. Transilvania University Press Brasov, Romania. Vol. 11(60). № 1. 127–138.
4. Hevko R.B., Tkachenko R. I., Synii S.V., Flonts I.V. (2016). Development of design and investigation of operation processes of small-scale root crop and potato harvesters. INMATEH: Agricultural engineering. Bucharest, Romania. Vol. 49, no. 2. 53–60.
5. В.М. Булгаков, О.М. Павелчак, Р.Б. Гевко, І.Г. Ткаченко. Методика оцінки ступеня пошкодження коренеплодів коренезбиральною машиною. Збірник наукових праць Національного аграрного університету. Механізація сільськогосподарського виробництва. Вип. 7. Київ: НАУ. 2000. С. 7–12.
6. Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. Москва. Машиностроение, 1985. 472 с.
7. Вибрация в технике. Справочник. В 6-и томах. Под ред. Э.Э. Лавенделла. Москва. Машиностроение, 1989. 420 с.

УДК 631.315

## СУЧАСНІ ЗЕРНООЧИСНІ МАШИНИ

*Доценко М. І., Мартишко В. М.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Основне завдання очистки зернового матеріалу полягає у відділенні від потоку вороху всіх домішок та щуплого, битого і пошкодженого зерна основної культури. За умови якісного очищення підвищуються поживні і смакові властивості продовольчого і фуражного зерна. Очищене насіннєве зерно сортують і калібрують для одержання насінного матеріалу, однакового за розмірами (товщиною, шириною і товщиною), вагою або іншими ознаками.

Білоруська компанія «Зерно ВУ Очистка» для попереднього очищення зерна пропонує сепаратор СВП-70. Під час виконання технологічного процесу зерновий ворох надходить у приймальну камеру, в якій рівномірно розподіляється по ширині сепаратора і подається на решітну систему очищення, яка відділяє від потоку зерна великі домішки: соломку, колоски тощо.

Для первинної очистки зерна фірма Kongskilde пропонує барабанні сепаратори зернових культур KDC4000 і KDC8000. Зерноочисні машини серії KDC обладнані обертовими барабанами, внаслідок чого не виникає вібрація, властива механізмам зі зворотно-поступальним рухом решіт. Перфоровані барабани виготовлені з листової сталі на обладнанні з комп'ютерним керуванням, що забезпечує високу точність і однорідність отворів. Використання індивідуальних перфорованих металевих решіт для різних зернових культур дозволяє очищати максимально вологе зерно без відчутної втрати потужності сепаратора.

Український виробник ТОВ «НВФ «Аеромех» пропонує модельний ряд пневматичних зерноочисних сепараторів САД продуктивністю від 4 до 150 т/год., які можуть застосовувати під час попереднього та первинного очищення і калібрування зерна.

Пневматичні зерносепаратори САД складаються із бункера-живильника, регулятора подачі зерна, віброжолоба, вентилятора високого тиску, струйного генератора, камери сепарації, циклону, жолобів та патрубків-насіннепроводів для різних фракцій зерна, бункера повернення, електричної системи з електродвигунами для різних та ящика керування.

*Решітні сепаратори.* Підприємство ТОВ «НВФ «Аеромех» виготовляє також решітний сепаратор попереднього очищення моделі СПО, призначений для відділення великих домішок. Він може використовуватись як окрема машина або працювати в комплексі з пневматичним зерносепаратором САД.

Принцип роботи решітного сепаратора базується на зворотно-поступальних рухах сита як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямках. Для більш рівномірного і стабільного проходу зерна над ситом рухаються скребки, які розподіляють зерно по ширині сита і не дозволяють йому зійти у відходи. Слідом за скребком розташована щітка, яка змитає великі домішки, що не прийшли крізь сито.

*Пневмостоли.* Машини з очищення зерна представлені на ринку України багатьма фірмами: «ТОР», «Агросепмаш», «Сад», «Алмаз» тощо.

Фірма PETKUS виготовляє пневматичні столи серій G та KD, котрі служать для сортування сировини, залежно від питомої ваги частинок, і застосовуються для обробки насіннєвого матеріалу злакових культур, кукурудзи, дрібного насіння, бобових і олійних культур, насіння трав.

Пневматичні столи складаються з аспіраційної системи та вібростола з сітчастою повітропроникною площиною. Зерновий матеріал безперервно подається на робочу сітчасту поверхню вібростола так, щоб поверхня була повністю покрита шаром матеріалу. Через отвори площини стола подається рівномірний потік повітря у вертикальному напрямку. Під дією повітряного потоку зерновий матеріал, який знаходиться на столі, розшаровується на декілька горизонті з різними питомими масами зернин. В результаті коливального руху стола важчі зернини переміщуються до розташованих вище виходів, а легкі частинки — до нижче розташованих виходів. Для досягнення точного розподілу різних матеріалів забезпечена можливість плавного налаштування подачі матеріалу, нахилу поверхні і частоти коливань стола.

Білоруська компанія «Зерно ВУ Очистка» для попереднього очищення зерна пропонує сепаратор СВП-70. Під час виконання технологічного процесу зерновий ворох надходить у приймальну камеру, в якій рівномірно розподіляється по ширині сепаратора і подається на решітну систему очищення, яка відділяє від потоку зерна великі домішки: соломку, колоски тощо. Зерновий матеріал, який просипався через сито на піддон, переміщується у канал аспіраційної камери і самопливом у пневмоканал аспірації. Висхідний потік повітря виносить легкі домішки (легке колосся, насіння бур'янів, недоброякісне насіння тощо) в камеру осідання.

Застосування різних типів механічних, пневматичних та комбінованих зерносортувальних машин дозволяє добротно розділити зерно за його розмірами, масою, парусністю тощо. Проте такі машини не здатні відібрати від зернового матеріалу зернини, пошкоджені грибок та іншими хворобами. Пошкоджені хворобами зернини зазвичай відрізняються від здорових за кольором. Для відділення хворих зернин зарубіжні фірми пропонують фотосепаратори, також їх називають фотоелектронні сепаратори, або оптичні сортувальники.

Фотосепаратор зерна здатний провести розділення зернової суміші за кольором, структурою, формою і розмірами. Вони можуть відділяти від зерна чужорідні і подрібнені частини та недостиглі, підгнилі, зіпсовані зерна, домішки насіння бур'янів тощо. За інформацією виробників техніки, фотосепаратор здійснює ідеальне очищення зерна від дрібного сміття, видаляє зерна з грибок, комах та інші домішки з ефективністю 99,9–100%. На сьогодні фотосепаратори представлені різними моделями під торговими марками багатьох компаній світу. Попри те, що в конструкції фотоелектронних сепараторів застосовуються сучасні інноваційні технології у галузі фотоелектроніки, пневмомеханіки, оптики тощо, в цілому ж фотосепаратор є досить простий в експлуатації, компактний та універсальний, що дозволяє сортувати великий спектр різноманітних продуктів.

УДК 631.35

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАВМУВАННЯ НАСІННЯ В ПРОЦЕСІ ОБМОЛОТУ**

***Кухарчук П. В., Мартишко В. М.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Одним з найбільших фінансово при-вабливих видів діяльності сучасного сільгоспвиробника є виробництво та реалізації насіння. Щорічно у нашій державі на посів зернових та технічних культур витрачається понад 3,5 млн. тон насіння, що складає 8-10 відсотків валового збору зерна.

Низька якість вітчизняного посівного матеріалу обумовлена значним травмуванням насіння при збиранні та його первинній обробці, що впливає на

його схожість. За таких умов норма висіву іноді збільшується на 20-25 відсотків у порівнянні з європейськими країнами. Використання в якості посівного матеріалу травмованого насіння призводить до втрат врожаю з розрахунку на один гектар: 0,5 т жита, 0,3 т ярого ячменю, 0,2 т пшениці ярої, 0,6 т вівса, 0,8 т кукурудзи. При цьому кожні 10% травмованих насінин, як майбутнього посівного матеріалу, знижують врожайність у середньому на 0,1 т 1 га [2, 3].

Високий ступінь травмування насіння при його збиранні та первинній обробці є однією з причин, які перешкоджають його просуванню на європейські та світові ринки.

Отримання чистого зерна від комбайна, яке не потребує додаткового очищення – це одна із вимог до сучасних комбайнів. Чистота бункерного зерна повинна бути не менше 98 %, а дроблене зерно не більше 1 %. Тому значна увага в нових комбайнах приділяється удосконаленню як самих систем очистки зерна, так і засобів контролю і оптимізації налаштувань для отримання заданої чистоти зерна. Проте питанням травмування насіння при його збиранні та первинній обробці, а також оцінці його посівних властивостей недостатньо приділено уваги.

Підвищення ефективності технологічних процесів виробництва зернових культур завдяки дослідженню травмування насіння комбайнами з різними технологічними схемами обмолоту за умов їх використання на збиранні зернових на насіння. Частка зерен з макротравмування (дроблене, сплюснене і здавлене з пошкодженням зародком або відокремленою частиною зернини) складає близько 3-5%. Кількість же зерен з мікротравмуваннями (пошкоджена оболонка, приховані внутрішні дефекти – подряпини, вм'ятини, тріщини, тощо) досягає рівня 50-80 % і більше.

Травмування зерна за обмолочування, сепарації і транспортування визначається згідно з ДСТУ 4138-2002. “Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості” і залежить від багатьох чинників.

До них відносять:

1) фізико-механічні властивості технологічного матеріалу, який обробляється молотаркою, що визначаються вологістю зерна і не зернової частини, співвідношенням маси зерна і соломи, формою і будовою зернівки, сортовими особливостями та іншими властивостями;

2) фактори, що пов'язані з конструкцією зернозбиральних машин та обладнання для післязбиральної обробки зерна (типи та параметри робочих органів, їх компоновка);

3) технологічні регулювання і режим роботи основних механізмів комбайна, особливо молотильно-сепаруючого пристрою (частота обертання барабана, молотильні зазори, подача);

4) технічний стан деталей (знос бичів, планок, шнеків, скребків тощо).

На ступінь травмування зерна за обмолоту впливають видові, сортові особливості, врожайність культури. Зі збільшенням вологості кількість дробленого зерна знижується, а розплющеного і мікропошкодженого зростає. На травмування впливають розміри, будова зерен, напрямок подачі колосся в молотильний апарат тощо.

При виборі оптимальних параметрів роботи молотильного апарату, за умови мінімуму втрат насіння, при мінімальному його травмуванні, слід віддавати перевагу зменшенню зазорів між барабаном та декою перед збільшенням частоти обертання барабана. Встановлено, що недовантаження молотарки комбайна на 30-40 % веде до підвищення рівня мікропошкоджень насіння на 2-5 %.

Робота комбайна із штучно перевантаженим бункером призводить до збільшення рівня травмування насіння на 5-10 %, а в окремих випадках до 40%, порівняно з незаповненим.

За результатами проведених досліджень встановлено: у молотильному апараті аксіально-роторного типу збільшення частоти обертання ротора від  $520 \text{ хв}^{-1}$  до  $810 \text{ хв}^{-1}$  призводить до відповідного зростання травмування насіння від 25-30 % до 45-50 %; у молотильному апараті барабанно-декового типу збільшення частоти обертання барабану від  $700\text{-}760 \text{ хв}^{-1}$  до  $820 \text{ хв}^{-1}$  призводить до відповідного зростання травмування насіння від 37-38 % до 41-44 %.

Недовантаження молотарки комбайна на 30-40 % веде до зростання рівня травмування насіння на 2-5 %.

З метою зменшення рівня травмування та пошкодження насіння при його збиранні доцільно передбачити розроблення вітчизняного насіннєво-селекційного зернозбирального комбайна.

УДК 631.356.2

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ ПНЕВМО-ШНЕКОВИМ ТРАНСПОРТЕРОМ**

*Троханяк О. М.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Для проведення експериментальних досліджень розроблена установка пневмо-механічного транспортера з підживленням транспортного потоку струменем повітря [1-3], яка зображена на рис. 1. Для визначення реальних силових параметрів процесу транспортування сипких матеріалів при експериментальних дослідженнях використовували частотний перетворювач «Altivar-71» з програмним забезпеченням Power Suite v.2.5.0. Система Altivar 71 приєднана до мережі та до комп'ютера [4, 5]. При встановленні необхідної частоти обертання за допомогою комп'ютера через систему Altivar 71 відбувається передача команди на електродвигун і він починає обертати вал шнекового живильника зі встановленими параметрами [6, 7].

Змінюючи ті чи інші параметри можна встановити вплив на значення крутного моменту  $T$  та потужності двигуна  $N$  в залежності від частоти обертання робочого органу  $n$  при його перевантаженні, та відповідно початку зворотного

відведення шліцьового валу з гвинтовим живильником для подачі повітря із пневмосистеми. Також отримані дані є вихідними для вибору жорсткості пружини.

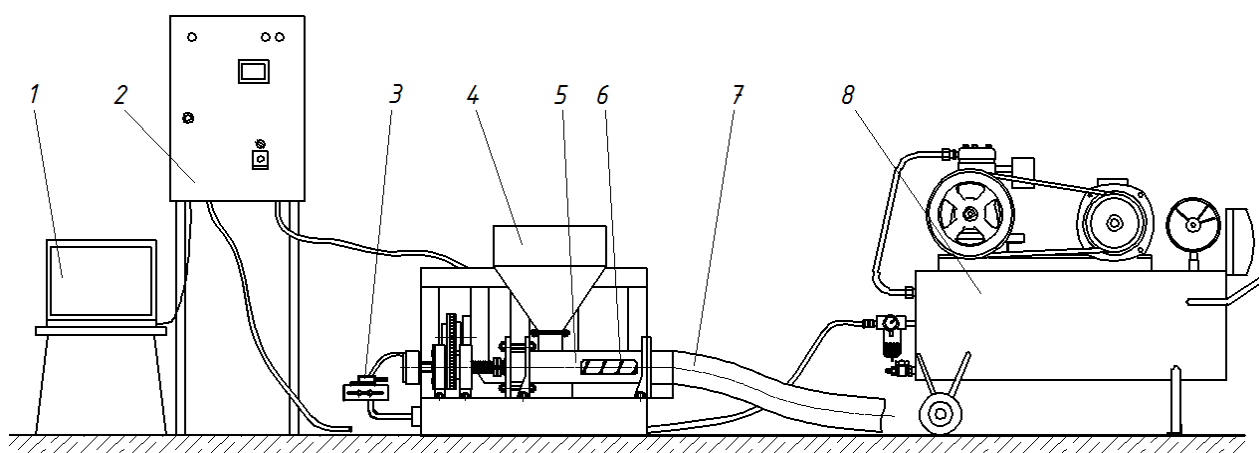


Рис. 1. Схема установки пневмо-шнекового транспортера з підживленням потоку матеріалу струменями повітря: 1 – компютер; 2 – «Altivar-71»; 3 – пневморозподільник; 4 – бункер; 5 – корпус живильника; 6 – шнековий живильник; 7 – гнучкий транспортний рукав; 8 – компресор.

За результатами експериментальних досліджень побудовані графічні залежності зусилля переміщення вантажу від тиску повітря (рис. 2) та зусилля переміщення різних сипких матеріалів від їх об'єму при сталому тиску подачі повітря  $P = 0,6$  МПа (рис. 3).

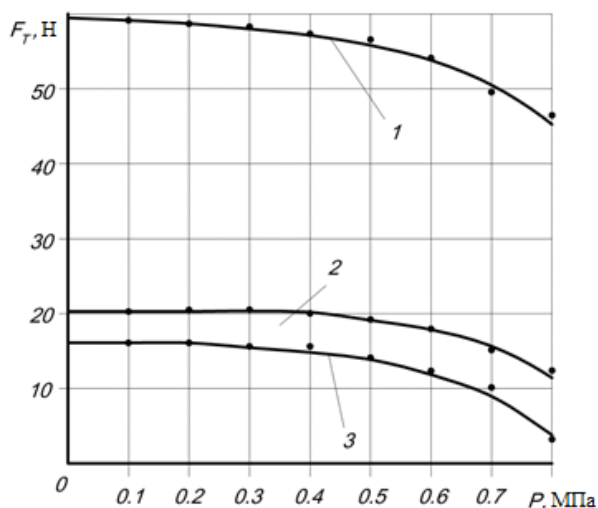


Рис. 2. Графічні залежності зусилля переміщення вантажу від тиску повітря: 1 – пшениця; 2 – тирса; 3 – висівки

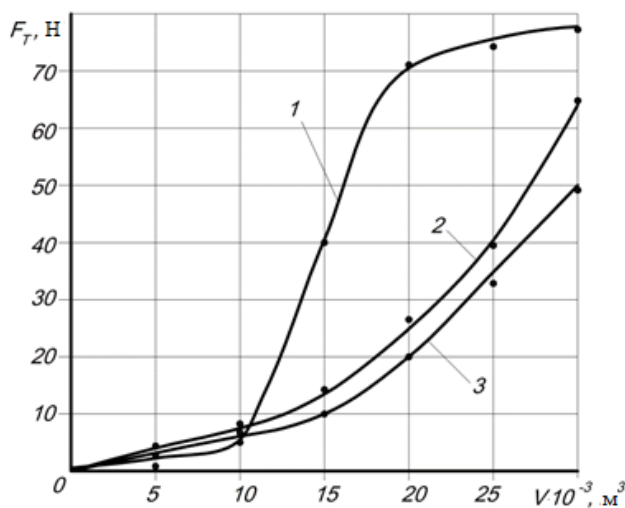


Рис. 3. Графічні залежності зусилля переміщення матеріалу на одному погонному метрі  $F_T$  від об'єму  $V$  сипкого матеріалу: 1 – пшениця; 2 – тирса; 3 – висівки.



Із графіків встановлено, що зусилля, яке витрачається на процес транспортування сипких матеріалів зменшується при зростанні тиску повітря в пневмосистемі. Конвеєра.

#### Список літератури

1. Baranovsky V.M., Hevko R.B., Dzyura V.O., Klendii O.M., Klendii M.B., Romanovsky R.M. (2018). Justification of rational parameters of a pneumoconveyor screw feeder. INMATEH: Agricultural engineering, vol. 54, no. 1, pp.15-24. Bucharest/Romania.
2. Hevko R.B., Dzyura V.O., Romanovsky R.M. (2014). Mathematical model of the pneumatic-screw conveyor screw mechanism operation. INMATEH: Agricultural engineering, vol. 44, no. 3, pp. 103-110, Bucharest/Romania.
3. Hevko R.B., Strishenets O.M., Lyashuk O.L., Tkachenko I.G.; Klendii O.M., Dzyura V.O. (2018). Development of a pneumatic screw conveyor design and substantiation of its parameters. INMATEH: Agricultural engineering, vol. 54, no. 1, pp.153-160, Bucharest/Romania.
4. Hevko R.B., Klendiy M.B., Klendii O.M. (2016). Investigation of a transfer branch of a flexible screw conveyer. INMATEH: Agricultural Engineering, vol. 48, no. 1, pp.29-34, Bucharest/Romania.
5. Гевко Р.Б. Підвищення технологічного рівня процесів завантаження та перевантаження матеріалів у гвинтових конвеєрах: монографія. Тернопіль: Осадца Ю.В., 2018. 180 с.
6. Hevko R.B., Klendiy O.M. (2014). The investigation of the process of a screw conveyer safety device actuation. INMATEH: Agricultural Engineering, vol. 42, no. 1, pp.55-60, Bucharest/Romania.
7. Р.Б. Гевко, Ю.Б. Гладько, М.І. Шинкарик, О.М. Клендій. Динамічний розрахунок запобіжного пристрою шнекового транспортера. Вісник Інженерної академії України. Київ, № 3-4. 2014. С. 46-52.

УДК 657:005:631

## **ВПЛИВ ГАЛУЗЕВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НА ОБЛІКОВО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ЕКОНОМІЧНИМ ПОТЕНЦІАЛОМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ**

*Дзюба Т. І.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Важливою потребою аграрного бізнесу сьогодення є розвиток інформаційних технологій як у виробничих, так і адміністративних процесах на сільськогосподарських підприємствах. Підвищення ролі інформаційних технологій та інформаційного забезпечення покликане забезпечувати оптимальну адаптацію до динамічних змін середовища господарювання.

Складовою цього процесу є всебічне удосконалення обліково-аналітичного забезпечення аграрних підприємств.

Аграрні підприємства мають таку характерну особливість, як сезонний характер виробництва, зокрема у вирощуванні зернових та виробництві молока. Такий поділ утворює нерівномірний розподіл витрат та несистематичне отримання доходів, а також постійні зміни у кількості працівників і, відповідно, у розмірі фонду оплати їхньої праці та нарахувань на такий фонд. Усі ці особливості додають більше операцій та більше ділянок для перевірки формування витрат чи фінансових результатів.

Характерним для сільськогосподарського виробництва є формування собівартості виробленої продукції та ціни її реалізації вже після фактичного збору врожаю, що спричиняє складності у складанні середньострокових та довгострокових планів, тобто негативно впливає на точність розрахунку та оцінки економічного потенціалу підприємства майбутніх періодів.

Із збиранням врожаю на великих та віддалених полях пов'язана наступна особливість – наявність оперативного обліку при збиранні та первинній оцінці врожаю та контроль під час та після транспортування продукції у місця її постійного зберігання чи реалізації.

Тобто облікове забезпечення на полі та контрольні операції на елеваторах також збільшують навантаження на обліково-аналітичний апарат сільськогосподарського підприємства (табл. 1).

Таблиця 1.

Вплив галузевих особливостей на складові обліково-аналітичне забезпечення компонент економічного потенціалу сільськогосподарських підприємств.

Галузева особливість	Облікове забезпечення	Аналітичне забезпечення
Географічне розміщення виробничих потужностей	Ускладнений оперативний збір первинних даних	Складність виконання аналізу ефективності віддалених ділянок
Високий ступінь диференціації кінцевого продукту	Насичений процес бюджетування, обліку витрат та формування собівартості одиниці продукції	Неоптимальний аналіз структури виробництва, рентабельність окремого виду продукції
Залежність від природного середовища	Ускладняється планування обліку витрат на утримання біологічних активів та обрахунок маржинального доходу підприємства в кінці виробничого циклу.	Ускладнення визначення рівня економічного потенціалу та точки оптимальної економічної потужності в конкретний період часу.

Продовження табл. 1

Галузева особливість	Облікове забезпечення	Аналітичне забезпечення
Сезонний характер виробництва	Нерівномірний розподіл витрат та несистематичне отримання доходів	Більше операцій та більше ділянок для аналізу формування витрат чи фінансових результатів
Формування собівартості виробленої продукції та їх ціни реалізації постфактум	Складності у складанні середньострокових та довгострокових планів	Понижена точність розрахунку та оцінки економічного потенціалу підприємства майбутніх періодів
Оперативний облік при збиранні та первинній оцінці врожаю та контроль під час та після транспортування продукції у місця її постійного зберігання чи реалізації.	Облікове забезпечення на полі збільшують навантаження на працівників, що не спеціалізуються на обліку	Контрольно-аналітичні операції на елеваторах підвищують навантаження працівників обліково-аналітичний апарат сільськогосподарського підприємства

Джерело: авторська розробка.

Підсумовуючи проведену систематизацію галузевих особливостей підприємств сільськогосподарського виробництва, було визначено чинники впливу цих особливостей на процес обліково-аналітичного забезпечення та обґрунтовано напрямки посилення організації обліково-аналітичного забезпечення управління економічним потенціалом сільськогосподарського підприємства.

Базуючись на різних концептуальних підходах до визначення та осмислення обліково-аналітичного забезпечення економічного потенціалу сільськогосподарського підприємства, визначимо властивості досліджуваної системи. Так, обліково-аналітичне забезпечення є частиною єдиного інформаційного середовища, в якому функціонує підприємство, що складається з облікового забезпечення, аналітичного забезпечення та спеціального інформаційного забезпечення. Обліково-аналітичне забезпечення в якості складової інформаційного забезпечення управління підприємством, допомагає вирішувати управлінські задачі, надаючи відповідальним особам комплекс інформації щодо перебігу господарських процесів та результати контактів із учасниками та партнерами з зовнішнього середовища [3, с. 64].

#### Список літератури

1. Дзюба Т. І. (2017). Сутність і концептуальні засади формування економічної потужності в системі показників бухгалтерського обліку

підприємства. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка, (27), 256–262.

2. Мороз Ю. Ю. (2012). Формування економічного потенціалу підприємства в системі показників бухгалтерського обліку. Вісник Житомирського національного агроекологічного університету, 2(2), 314-322. Вилучено з [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau\\_2012\\_2%282%29\\_\\_35](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2012_2%282%29__35).

3. Мельник Т. М. (2015). Формування інформаційних ресурсів управлінського обліку для контролювання фінансових результатів підприємства. Молодий вчений. № 8 (23). С. 63–68.

УДК 657:005:631

## **ОСНОВНИЙ КАПІТАЛ, ЯК ОСНОВА РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

*Захарчук О. В.*

*Національний науковий центр «Інститут аграрної економіки»*

Сучасний етап розвитку передових країн світу характеризується високотехнологічним аграрним виробництвом при достатньо високому рівні його забезпечення основними виробничими засобами. Своєчасне оновлення основних технічних засобів, обладнання, сільськогосподарських машин гарантує стійкий економічний розвиток АПК. Достатнє, що відповідає сучасним вимогам техніко-технологічне забезпечення сільського господарства сприяє зростанню фінансово-економічних показників та рівню конкурентоспроможності вітчизняних аграріїв. Проте в Україні залишається невирішеною проблема техніко-технологічного оновлення сільськогосподарського виробництва з цілого ряду суб'єктивних та об'єктивних причин, які потребують виявлення і пошуку шляхів їх усунення.

На сьогодні залишається високою питома енергоємність та металомісткість виробництва сільськогосподарської продукції у порівнянні з провідними країнами світу; недостатньо систематизовані пропозиції щодо невідкладних заходів державної підтримки впровадження пріоритетних технологій та технічних засобів; відсутня стратегія стимулювання інвестицій у розвиток вітчизняного машинобудування для агропромислового комплексу; потребують наукового обґрунтування механізми підтримки створення та функціонування технологічних і техніко-сервісних обслуговуючих кооперативів; не обґрунтовані економічно стійкі джерела фінансової підтримки техніко-технологічного оновлення сільськогосподарського виробництва; потребують подальшого розвитку форми і механізми державного сприяння

техніко-технологічному оновленню та інноваційному розвитку агропромислового виробництва.

Вирішальну роль у розвитку та прибутковості аграрного сектору економіки відіграють наявність й органічна єдність капіталу – земельних ресурсів, засобів і предметів праці, робочої сили та підприємництва. Значимим обов'язковим елементом сільськогосподарського виробництва є основні виробничі засоби. Від їх якісного стану та структурного складу, рівня капіталооснащеності угідь і капіталоозброєності праці залежить результативність господарської діяльності, розвиток сільського підприємства та сільськогосподарської галузі в цілому. Нині кількісні та якісні параметри основних виробничих засобів сільськогосподарських підприємств України не сприяють високим конкурентним позиціям вітчизняних аграріїв, перш за все середніх та малих форм господарювання на селі.

У досліджених середньостатистичних господарствах Німеччини з подібною до України виробничою спеціалізацією та концентрацією виробництва на 1 га сільськогосподарських угідь припадає в 9,4 раза більше машин та обладнання ніж в середньому по Україні. Рівень транспортного забезпечення німецьких господарств також вище – у 10,4 раза [10].

Фактична оснащеність сільського господарства України в розрахунку на одиницю площі значно відстає по цьому показнику від ряду інших країн. Так, станом на 1 січня 2018 року вартість основних засобів на 1 га сільськогосподарських угідь в Україні була менша порівняно з аналогічним показником у Польщі – 20,1 рази, у Великобританії – 25,2 рази, в Чехії – 25,6 рази, в Угорщині – 31,7, Франції – 33,5 рази та в Німеччині – 88,4 рази.

За останні 5 років вартість основних засобів сільського господарства, мисливства та надання пов'язаних із ними послуг зросла більш як в 2,4 рази із 167,3 до 399,5 млрд. грн. При цьому необхідно також відмітити, що основою зростання крім інвестицій, були інфляційні процеси. За цей період часу значно зросли ціни на промислову продукцію, будівельно-монтажні роботи, що зв'язано з курсом гривні, який впав більш ніж втричі.

Якщо ж порівнювати вартість основних виробничих засобів сільського господарства з показниками 1990 року України в складі Радянського Союзу, то вражає суттєва різниця між показниками, що були приведені нами до співрозмірних – 4014,0 млрд грн. (ціни 2018 р.) у 1990 році та фактично обрахованих 399,5 млрд. грн у 2018 році, або в 10 раз менше.

За власними розрахунками, реальна ринкова (справедлива) вартість основних засобів сільського господарства, мисливства та надання пов'язаних із ними послуг на кінець 2018 року мала б складати 923,6 млрд. грн., або більше як удвічі від даних Державної служби статистики – 399,5 млрд. грн.. Звідси, амортизаційні відрахування, що відображаються у собівартості сільськогосподарської продукції склали б не 28,7 млрд грн. (дані державної служби статистики), а реальну необхідну величину для розширеного відтворення  $923,6 \times 0,07 = 64,7$  млрд. грн. Тобто, у собівартість сільськогосподарської продукції у 2018 році було не включено додатково 36,0 млрд.грн.

Наслідком недооцінки галузевих основних засобів є знівельовані абсолютні та відносні фінансово-економічні показники сільськогосподарської діяльності, зокрема амортизаційні відрахування, собівартість, фінансовий результат та рентабельність. Це відбулося тому, що більше 22 років, ще з 1996 року у сільськогосподарському виробництві не проводилася індексація основних засобів. Відсутність дієвої практики переоцінки основних засобів в сільськогосподарських підприємствах пояснюється недоліками нормативно-правового забезпечення цього процесу, зокрема обов'язковістю незалежної експертної оцінки основних засобів для їх переоцінки в обліку.

Важливим економічним елементом, який визначає показники результативності аграрного виробництва, є основні засоби, зокрема їх вартісні параметри. Реальна вартість основних засобів визначає фінансово-майновий стан підприємства. Вартість основних засобів у частині амортизаційних відрахувань є складовою собівартості сільськогосподарської продукції, яка позначається на значеннях фінансових результатів і рентабельності аграрного виробництва.

Також можна відмітити, що у 2018 році розмір амортизаційних відрахувань у сільському господарстві склав 27,9 млрд. грн, або 7,0 % від загальної вартості основних засобів. Це майже на 50% більше, чим рік назад – у 2017 році було лише 19,0 млрд. грн.. Якщо взяти до уваги, що протягом 2018 року було введено в дію нових основних засобів на 55,1 млрд. грн., а вибуло – лише 28,7 млрд. грн., то складається досить парадоксальна ситуація щодо реального стану визначення ринкової (справедливої) вартості основних засобів, так як вибувають основні засоби, які обліковуються в цінах їх придбання, а це 10-15-20 років тому назад, або й старше, а придбаваються вони вже у сьогоднішніх цінах.

При визначенні нормативної потреби була визначена розрахункова вартість основних засобів на кінець 2018 року, а також окремо вартість для сільськогосподарських підприємств та господарств населення. Загальна вартість для всіх категорій господарств у 2020 році складе 1734,4 млрд.грн, а в 2025 році – 2224,4 млрд грн., а це відповідно у 1,9 та 2,4 рази більше, ніж реальна справедлива, або ринкова вартість, що склалася на кінець 2018 року.

Основна проблема полягає в тому, що наявних обсягів інвестування недостатньо для забезпечення необхідної моделі відтворення галузевих основних виробничих засобів. Забезпеченість сільського господарства основними виробничими засобами не відповідає потребам виробництва. Так, в 2018 році в сільськогосподарських підприємствах фактична наявність основних засобів в розрахунку на 1 га угідь порівняно з нормативною їх потребою становила лише близько п'ятої частини.

Ситуація, що склалася з ресурсним забезпеченням господарських формувань, свідчить про потребу в модернізації основних засобів, відновленні втраченого технічного потенціалу та його подальшому розвитку, впровадженні досягнень науково-технічного прогресу у відповідності до сучасних вимог конкурентоспроможного виробництва.

### Висновки та пропозиції

Необ'єктивність показників Державної служби статистики України, і, як наслідок, інформаційної бази макроекономічного характеру, обумовлюють недостатню обґрунтованість державної регуляторної політики в частині розвитку сільського господарства.

Внаслідок цього:

- приймаються (можуть прийматися) необ'єктивні рішення щодо державного регулювання сільського господарства та системи його оподаткування;
- занижується фактична капіталізація сільськогосподарських підприємств, що обмежує, зокрема, їх можливості залучення кредитних та інвестиційних ресурсів.

На наш погляд, необхідна відповідна об'єктивна інформація, в тому числі щодо стану та вартості основних засобів. В зв'язку з вищевикладеним є потреба у переоцінці основних засобів сільського господарства, проведення якої пропонується науковцями ННЦ «Інститут аграрної економіки» двома шляхами:

- разової загальногалузевої індексації балансової вартості основних засобів;
- масової переоцінки основних засобів за справедливою вартістю відповідно до методики експертної оцінки.

### Список літератури

1. *Андрійчук В. Г.* Економіка підприємств агропромислового комплексу: підручник. Київ. КНЕУ, 2013. 779 с.
2. *Я. К. Білоусько, В. Л. Товстомят.* Удосконалення техніко-технологічного оснащення аграрного виробництва. Київ. ННЦ ІАЕ, 2012. 59 с.
3. *Ю.О. Лупенко, О.В. Захарчук, М.М. Могилова.* Наукове забезпечення техніко-технологічного оновлення аграрного виробництва в Україні. Економіка АПК. 2017. № 5. С. 5–12.
4. *Іванишин В. В.* Організаційно-економічні засади відтворення і ефективного використання технічного потенціалу аграрного виробництва: монографія. Київ. ННЦ ІАЕ, 2011. 350 с.
5. *Лупенко Ю. О., Захарчук О. В., Вишневецька О. В.* Матеріально-технічне забезпечення сільського господарства України: посібник; за ред. Ю. О. Лупенка та О. В. Захарчука. Київ. ННЦ ІАЕ, 2015. 144 с.
6. *Лупенко Ю.О., Захарчук О.В., Пугачов М.І. та ін.* Довідник економіста сільськогосподарського підприємства; за ред. Ю.О. Лупенка та О.В. Захарчука. Київ. ННЦ ІАЕ, 2018. 600 с.
7. *Могилова М. М.* Основні засоби сільськогосподарських підприємств : стан, оцінка, відтворення : монографія. Київ. ННЦ «ІАЕ», 2016. 404 с.



## МОДЕЛЬ ІННОВАЦІЙНОЇ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ АВТОТРАНСПОРТНОЇ СФЕРИ

*Загурський О. М.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Розвиток сфери автотранспортних послуг формує принципово нове конкурентне середовище, забезпечуючи більш якісно нові потреби споживачів. Інноваційна діяльність у сфері автотранспортних послуг є невід'ємною частиною ефективної виробничо-ринкової діяльності, оскільки саме вона забезпечує стратегічну стійкість підприємств в умовах ринку послуг, що швидко розвивається. Стає все більш очевидним, що сектор автотранспортних послуг може забезпечити значний приріст зайнятості як сьогодні, так і у майбутньому, стати одним з «локомотивів» економічного зростання країни.

На основі аналізу основних методичних підходів до формування стратегій інноваційного розвитку [1, 2, 3] нами пропонується модель інноваційної стратегії розвитку автотранспортної сфери, що враховує зовнішні і внутрішні чинники, а також чинні програми модернізації та розвитку автотранспортної галузі. Дана модель включає низку етапів зі своїми напрямками, цілями і запропонованими для впровадження надалі програм і відповідних механізмів досягнення цілей (рис. 1).

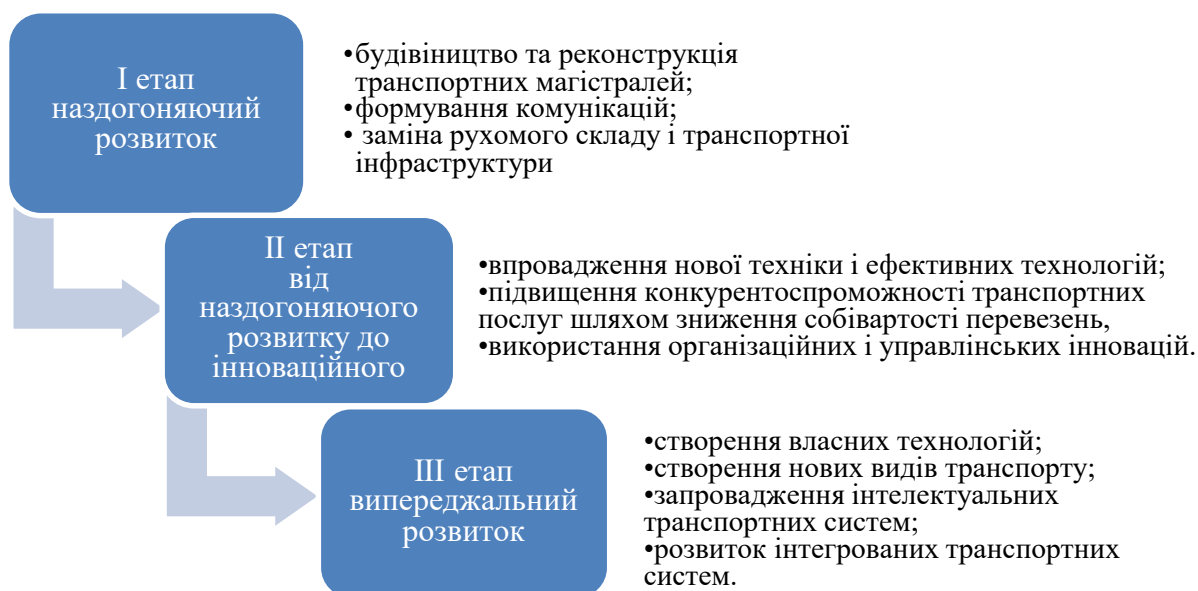


Рис. 1. Модель інноваційної стратегії розвитку автотранспортної сфери.

1-м етапом є процес модернізації транспортної системи, що передбачає радикальне переоснащення транспортного комплексу з позицій сучасних вимог

до техніки і технологій. В основі процесу модернізації має лежати стратегія розвитку, заснована на впровадженні різних нововведень. На даному етапі транспортний комплекс буде перебувати на стадії «наздоганяючого розвитку», яка в перспективі має сприяти переходу транспортних підприємств до стадії інноваційного розвитку. Основні завдання даного етапу повністю збігаються із завданнями розроблених програм: будівництво та реконструкція транспортних магістралей, формування комунікацій, заміна рухомого складу і транспортної інфраструктури, що виробили свій ресурс.

На 2-му етапі, після модернізації, відбувається перехід від стратегії «наздоганяючого розвитку» до інноваційної, що передбачає вдосконалення транспортних засобів і технологічних процесів, впровадження нової техніки і високоефективних технологій, підвищення конкурентоспроможності транспортних послуг шляхом зниження собівартості перевезень, використання організаційних і управлінських інновацій, застосування нових підходів до управління матеріальними потоками, оптимізації перевезень вантажів і пасажирів. Успішна реалізація даного етапу буде багато в чому залежати від здатності транспортних підприємств розвивати придбані технології з метою недопущення подальшого технологічного відставання від конкурентів. Одним з ключових заходів даного етапу можна назвати створення транспортно-логістичних центрів по всій території країни, які об'єднують в єдиний комплекс автотранспорт, термінальні і складські господарства, системи інформаційного, телекомунікаційного та страхового супроводу вантажів.

3-й етап знаменує перехід до реалізації стратегії випереджального розвитку (інноваційного лідерства), що припускає створення власних технологій, використовуючи зарубіжні та вітчизняні розробки у сфері нових матеріалів і технологій в транспортному будівництві, створення нових видів транспорту, які можуть бути конкурентоспроможними не тільки в регіоні, країні, а й на світовому ринку, запровадження інтелектуальних транспортних систем та розвиток інтегрованих транспортних систем.

І якщо два перші етапи передбачають еволюційний підхід, то третій передбачається перехід до революційного розвитку. Враховуючи що обсяг вантажоперевезень на початок третього етапу зростає (у порівнянні з нинішнім), в умовах високої динаміки ринкових процесів прискорення постачання вантажів матиме вирішальне значення.

Разом з тим слід відмітити, що основними завданнями усіх трьох етапів стратегії буде визначення пріоритетних напрямків розвитку і створення механізмів державного стимулювання, за яких зосередження основних ресурсів на цих напрямках було б взаємно вигідним для господарюючих суб'єктів автотранспортної сфери та суспільства. Тому проблема вибору інноваційних проектів має вирішуватися за комплексного аналізу критеріїв:

- мета придбання технології або автотранспортної техніки;
- передбачувана соціально-економічна ефективність від реалізації даного інноваційного проекту;
- оцінка ризиків;
- оцінка життєвого циклу технології чи техніки;

– можливість її подальшої модернізації.

Проте однією з головних проблем управління інноваційним розвитком регіональної транспортної системи є невизначеність і різноманіття цілей. Це призводить до наявності недостатньо розроблених стратегій і способів, за допомогою яких автомобільний транспорт може адаптуватися до мінливих умов зовнішнього середовища. Відсутність належного критерію для оцінки діяльності автотранспортної галузі та зіставлення показників з іншими видами транспорту призводить до відносної втрати зацікавленості менеджменту автотранспортних підприємств в покращення своєї діяльності. Отже, вибір оптимального проекту слід здійснювати виходячи з розрахунку інтегрованого показника, що об'єднує всі ці критерії. Сформульовані цілі і пріоритети етапів інноваційного розвитку, в тому числі й перспективні, характеризують поточне бачення ситуації в даний момент часу.

#### Список літератури

1. *Войнаренко М. П., Джулій Л. В., Кузьміна О. М., Янчук Т. В.* Управління розвитком інноваційних бізнес-процесів за умов використання автоматизованих інформаційних систем. Маркетинг і менеджмент інновацій, 2017, № 4 URL: <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/> 146.
2. *Armstrong M.* Strategic Human Resource Management. London, 2006. 196 p.
3. *Nelson R.R., Nelson K.* Technology, institutions and innovation systems, Res. Policy 31. 2002, P. 265-272.

УДК 664.8.037.5

## **ПОПЕРЕДНЄ ОХОЛОДЖЕННЯ З ПОДАЛЬШИМ ЗАМОРОЖУВАННЯМ ЯГІД - НЕОБХІДНА СКЛАДОВА У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ**

***Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Кюрчева Л. М.***

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

Попереднє охолодження ягід рекомендується проводити швидко. Оскільки для ягід характерні інтенсивне дихання, короткі терміни післязбиральних процесів перезрівання, ослаблена стійкість до збудників захворювань, вони уразливі для мікробіологічної псування. Крім того, великі втрати від усушки і перезрівання при підвищених температурах зберігання. Заморожування продукту передбачає його охолодження до температури, значно нижчою, ніж відповідна температура замерзання. Заморожені харчові продукти і сировину можна зберігати протягом багатьох місяців, тобто значно довше, ніж при використанні помірно знижених температур. Це пояснюється не тільки чисто кількісної різницею в низькотемпературному рівні процесів заморожування і холодного зберігання, але і тим, що в заморожених продуктах велика частина вологи

перетворена в твердий стан. Тому мікроорганізми, харчування яких відбувається осмотичним шляхом – всмоктуванням рідких поживних середовищ, позбавляються можливості використовувати затверділі харчові продукти, що містять досить невелику частку вологи в рідкому стані.

Нами пропонуємо заморожування ягід в направленому псевдоожиженому шарі. На тривалість технологічної обробки впливає також група факторів, обумовлених особливостями транспортування ягід за допомогою направленного потоку охолоджуючої середовища. Темп руху псевдоожиженого шару залежить як від виду і властивостей сировини, так і від спрямованості і швидкості повітряного потоку, що, в свою чергу, визначає коефіцієнт тепловіддачі в шарі продукту, а отже час його заморожування. Тому в роботі розглянуті обидва аспекти: теплопередача від заморожуваного об'єкта до охолоджуючої середовищі і гідродинамічні особливості переміщення об'єкта в направленому псевдоожиженому шарі. Це дозволяє на основі попередньо обраного технологічного режиму обробки домагатися переваг за рахунок раціонального його здійснення з гідродинамічної і теплофізичної точок зору.

Умовно процес охолодження розбивають на три стадії.

Перша стадія - просте охолодження тіла. Вона більшою мірою за-висить від початкового поля температур; це - іррегулярна стадія охолодження.

Друга стадія характеризується експоненціальним характером зміни температури у всіх точках тіла; ця стадію називають регулярним тепловим режимом.

Третя стадія теоретично настає через нескінченний період часу від початку охолодження; характеризує теплове рівновагу тіла і навколишнього середовища.

Таким чином, регулярний тепловий режим настає лише через деякий час після початку теплообміну, але потім триває необмежений.

Для ягід нами використовувалося повітряне заморожування в швидкісному потоці повітря. Виключно швидке індивідуальне заморожування забезпечує не тільки гарний зовнішній вигляд ягід, але і високу якість, а також малі втрати маси. Упаковують ягоди після заморожування.

Тому ми можемо стверджувати, що на заморожування приймається свіже, що не пошкоджене шкідниками і хворобами сировина, прибране в період технологічної зрілості, однорідне за розмірами, якістю і забарвленням, що не зазнало небажаних змін при збиранні, транспортуванні, вантажно-розвантажувальних роботах і зберіганні. На якість продукції істотно впливає також час від збору продукції до її заморожування. При подовженні цього терміну до декількох днів послаблюється консистенція м'якоті після її розморожування.

Таким чином, важливий показник придатності рослинної сировини для заморожування – вологоутримуюча здатність, яка визначається його видовими властивостями, а також залежить від умов обробки, заморожування і зберігання.

Спосіб, режими заморожування і низькотемпературного зберігання замороженої продукції, в значній мірі визначають її якісні характеристики, а також енергетичні показники низькотемпературного впливу. Різні способи і методики проведення процесів низько-температурної обробки харчових

продуктів і сировини, використовуюваного для їх виробництва, затребувані в різних технологічних процесах і мають важливе прикладне значення.

Дослідження впливу різних видів і режимів низькотемпературного впливу на харчові продукти і матеріали необхідно для розробки механізму управління їх якістю на етапах технологічного процесу, пов'язаного з низькотемпературним впливом на оброблюваний продукт або матеріал, а так само для реалізації оптимального взаємозв'язку окремих етапів технологічного виробництва. Крім того, такі дослідження необхідні для вироблення ефективних технічних рішень, які забезпечили б мінімальні енергетичні витрати на здійснення процесів низькотемпературної обробки.

УДК 631.333.92 : 631.22.018

## **БІОТЕХНОЛОГІЯ АНАЕРОБНОГО МЕТАНОВОГО ЗБРОДЖУВАННЯ**

***Скляр О. Г., Скляр Р. В.***

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

Свіжий гній тваринницьких ферм і рідкі складові гною разом із стічними водами є забруднювачами навколишнього середовища [1].

Підвищена сприйнятливість сільськогосподарських культур до свіжого гною приводить до забруднення ґрунтових вод і повітряного басейну, створює сприятливе середовище для зараженості ґрунту шкідливими мікроорганізмами. У гної тварин життєдіяльність хвороботворних бактерій і яєць гельмінтів не припиняється, насіння смітних трав, що міститься в ньому, зберігає свої властивості.

Для усунення цих негативних явищ необхідна спеціальна технологія обробки гною [2, 3], що дозволяє підвищити концентрацію живильних речовин і одночасно усунути неприємні запахи, подавити патогенні мікроорганізми, понизити зміст канцерогенних речовин. Перспективним, екологічно безпечним і економічно вигідним напрямом рішення цієї проблеми є анаеробна переробка гною і відходів в біогазових установках з отриманням біогазу. Для переробки використовуються дешеві відходи сільського господарства: гній великої рогатої худоби, свиней, кіз, овець, послід птаха, солома, стружка, тирса, смітна рослинність, побутові відходи, відходи життєдіяльності людини, побутове органічне сміття і т.п. Одержаний біогаз йде на опалювання тваринницьких приміщень, житлових будинків, теплиць, енергію для приготування їжі, сушку сільськогосподарських продуктів гарячим повітрям, підігрів води, вироблення електроенергії за допомогою газових генераторів. Після утилізації вміст живильних речовин в одержаному добриві збільшується на 15% в порівнянні із звичним гноєм. При цьому в новому добриві знищені гельмінти і хвороботворні



бактерії, насіння бур'янів. Такий гній застосовується без традиційних витримок і зберігання. При утилізації виходить також рідкий екстракт, який призначається для поливу кормових трав, овочів і т. п. Сухе добриво використовується по прямому призначенню, при цьому врожайність люцерни підвищується на 50%, кукурудзи на 12%, овочів на 20–30%.

На базі біогазових установок [3] можна організовувати цілий комплекс по безвідходній переробці відходів. Продуктами виробництва біогазу є не тільки біогаз (що мало поступається по енергетичній цінності природному газу) а й збагачена органічними речовинами рідка фракція (що може і має стати субстратом для виробництва мікробіальних біотехнологічних продуктів) і, звичайно, тверда фракція (шлам, що без тривалої ферментації може бути субстратом для вермикультивування). Якщо комплексно підійти до проблеми утилізації органічних відходів [3], то можна досягти цілком безвідходного виробництва отримуючи такі продукти: електроенергія (біогаз), біогумус, білок тваринного походження (червоний каліфорнійський черв'як), біомаса водоростей (спіруліна) і інші продукти залежно від умов та потреб господарств.

Впровадження безвідходних технологій на базі біотехнології в тваринництві має багато позитивних сторін: усувається проблема знешкодження відходів тваринництва та харчової промисловості, збільшується білково-мінерально-вітамінна кормова база, підвищується доля поновлюваної енергетики в загальній енергетичній картині України, є ресурс підвищення та відновлення родючості ґрунтів.

Розведення дощових черв'яків «вермикультивування» – один з перспективних способів утилізації органічних відходів. Дощові черв'яки, прискорюючи у багато разів розкладання органічної речовини, дозволяють у відносно короткі терміни абсолютно екологічно чистим способом перетворити різного роду органічні відходи в цінне гумусоване добриво. Інший одержуваний продукт вермікультури – біомаса дощових черв'яків, успішно використовується як білкова добавка до корму і як біохімічна сировина. Доведена висока ефективність вермікультури для переробки відходів тваринництва, овочівництва і інших галузей сільського господарства і, частково, деревообробної промисловості. У біогумусі акумульована велика кількість макро- і мікроелементів, є ростові речовини, вітаміни, антибіотики, амінокислоти і корисна мікрофлора. Він гідрофільний, має високу водостійкість, вологоємність, механічну міцність, відсутнє насіння бур'янів. Біогумус може утримувати до 70% води і в 15–20 разів ефективніший за будь-яке органічне добриво.

#### Список літератури

1. Скляр Р. В., Скляр О. Г. Методологія оптимізації ресурсовикористання у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т. 5. С. 245–251.
2. Скляр Р. В., Скляр О. Г. Основи біогазових технологій та параметри оптимізації процесу зброджування. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2009. Вип. 9. Т. 1. С. 18–28.
3. Скляр Р. В., Скляр О. Г. Обґрунтування параметрів процесу метаногенерації гною з рослинною сировиною. Науковий вісник ТДАТУ.

Мелітополь, 2012. Вип. 2. Т. 2. С. 39–45. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdata/pdf2t2/12sagwvm.pdf>.

УДК 638.244

## **ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ДУБОВОГО ШОВКОПРЯДУ**

***Черниш О. А.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Одним із перспективних напрямків розвитку як аграрної, так і текстильної галузей є дослідження можливостей використання такої натуральної сировини як шовк. Завдяки унікальним властивостям шовк можна з успіхом використовувати в медицині та для виробництва матеріалів спецпризначення [1].

Натуральний шовк має значні переваги за міцністю. Так, на розрив, шовк перевершує сталь. Він еластичний, термостійкий, не накопичує статичну електрику, має неперевершені гігієнічні якості: високу гігроскопічність і повітропроникність. Натуральний шовк широко використовується в техніці як чудовий електроізоляційний матеріал для теле- і радіоапаратури, з нього виготовляють сита для млинів, різноманітні фільтри, парашути, застосовують при створенні музичних інструментів, виробництві покриттів для спортивних велосипедів тощо. Шовкову нитку використовують у мікрохірургії, при пластичних і косметичних операціях [2].

Для вирощування дубового шовкопряду використовуються природні умови, але на кожному етапі виконання технологічних операцій вони мають ряд недоліків.

Одержання доброякісної і екологічно безпечної продукції шовківництва є одним із найважливіших завдань. Оскільки шовкопряд є пойкилотермним організмом і дуже чутливий до несприятливих умов зовнішнього середовища, стає актуальним питання використання препаратів різної природи та складу для підвищення його рівня життєдіяльності та продуктивності.

Технологія виробництва продукції дубового шовкопряду (рис. 1) потребує на кожній стадії розвитку дотримання основних вимог при його вирощуванні, з використанням різних біостимуляторів, добавок, які збагачують корм або покращують його властивості [3].

Важливими показниками стану популяції дубового шовкопряда, що свідчать про сприятливі або несприятливі умови існування, служать життєздатність гусениць, приріст їх біомаси та тривалість розвитку, що напряму впливає на якісні показники корисних комах.

Забезпечення виконання вищезазначених операцій по виробництву продукції дубового шовкопряда потребує розробки відповідного технічного

забезпечення (камери вирощування, стелажі, підтримання умов мікроклімату, знезараження, сушіння, розмотування нитки, переробка лялечки, контроль якості). Це дасть можливість контролювати процеси життєдіяльності комахи і отримувати якісну сировину шовківництва з набором необхідних властивостей для різних галузей промисловості.

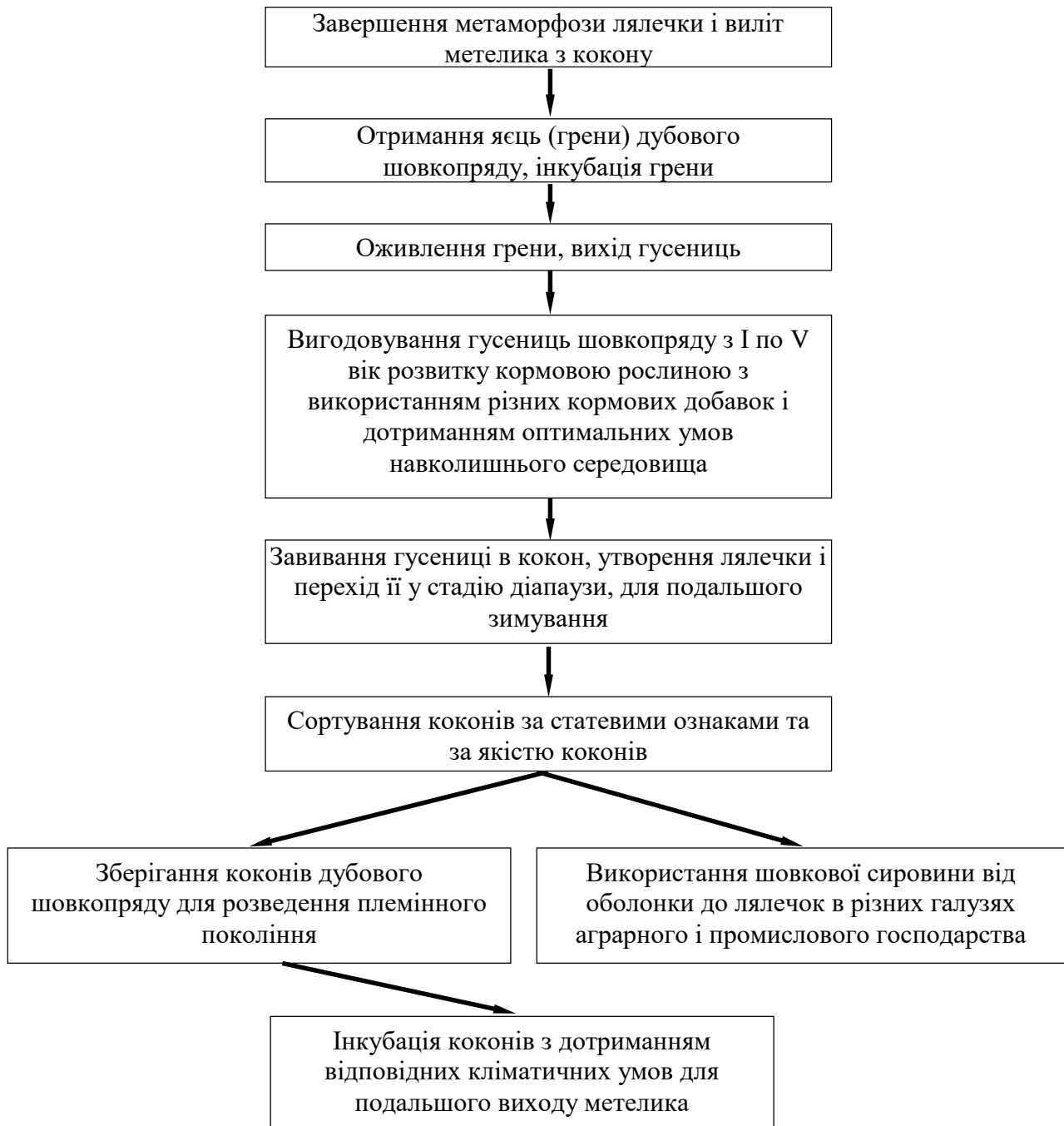


Рис. 1. Схема технологічного процесу виробництва продукції дубового шовкопряду.

#### Список літератури

1. В.О. Головки, О.З. Злотін, М.Ю. Браславський та ін. Шовківництво. Харків: РВП "Оригінал", 1998. 413 с.

2. Тезисы докладов международного симпозиума «Актуальные проблемы мирового шелководства», Мерефа, 24-28.06.91. Харьков: Облполиграфиздат, 1992. – 284 с.

3. Синицкий Н.Н., Гершензов С.М., Ситько П.О., Карлаш Е.В. Разведение дубового шелкопряда. Киев: Издательство АНУССР, 1952. 89 с.

УДК 631.371

## **АПРОКСИМАЦІЯ ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНИМИ ЗАЛЕЖНОСТЯМИ РІВНЯ РОЗКЛАДУ ОРГАНІЧНОЇ БІОМАСИ ПІД ЧАС АНАЕРОБНОГО ЗБРОДЖУВАННЯ**

*Голуб Г. А., Завадська О. А.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Важливим напрямом у відновлюваній енергетиці є виробництво біогазу. Широкого розповсюдження набуло виробництво біогазу, як із рослинної біомаси [1, 2], так із відходів тваринництва [3, 4]. У сучасній практиці біогазових технологій найбільшого поширення набули реактори періодичного завантаження [5, 6]. Конструкція реакторів для виробництва біогазу безперервної дії характерна тим, що порції біомаси подаються в реактор і видаляються із нього через визначений проміжок часу. Однак при роботі біогазових установок виникає ряд технічних та технологічних проблем, що пов'язані із дотриманням температурного режиму, режимів перемішування та завантаження біомаси, що показано у дослідженнях [7, 8]. Зокрема, в роботі [9] розглянуто температурні режими зброджування біомаси та доведено що при термофільному режимі роботи біогазової установки отримано більшу кількість (вихід) біогазу, а при мезофільному більшу теплотворну здатність біогазу. Також, проведені дослідження [10] доводять ефективність перемішування субстрату при виробництві біогазу. Зокрема, без перемішування вихід біогазу із розкладеної органічної маси на основі коров'ячого гною за нормальних умов становив 1,02 літри на літр об'єму біогазової установки за добу, що в 10 разів вище ніж без перемішування. Ці дослідження доводять ефективність впливу температурного режиму та режиму перемішування на ефективність роботи біогазових установок. Однак для підтвердження ефективності проведених досліджень необхідна енергетична та економічна оцінка процесу виробництва біогазу. Енергетична та економічна оцінка проводиться на основі роботи уже існуючих установок для виробництва біогазу [11, 12, 13]. Основним показником енергетичної та економічної оцінки є питомий вихід біогазу або біометану у перерахунку на нормальні умови за добу та у розрахунку на один кубічний метр біомаси в біогазовому реакторі [14]. Цей показник залежить від щільності і вологості біомаси, вмісту органічної маси у біомасі, а також щільності біогазу за

нормальних умов [15, 16]. Але визначальними показниками інтенсивності процесу анаеробної ферментації є інтенсивність розкладу органічної біомаси за добу та вихід біогазу або біометану в розрахунку на одиницю розкладеної органічної маси [17, 18]. Масовий вихід біогазу в розрахунку на одиницю розкладеної органічної маси становить близько 1, а біометану – від 0,27 до 0,51 кг у залежності від виду біомаси. Слід зазначити, що легкорозчинні вуглеводневі сполуки під час розкладу продукують мінімальну кількість біометану, а біомаса, яка містить жирові сполуки – максимальну.

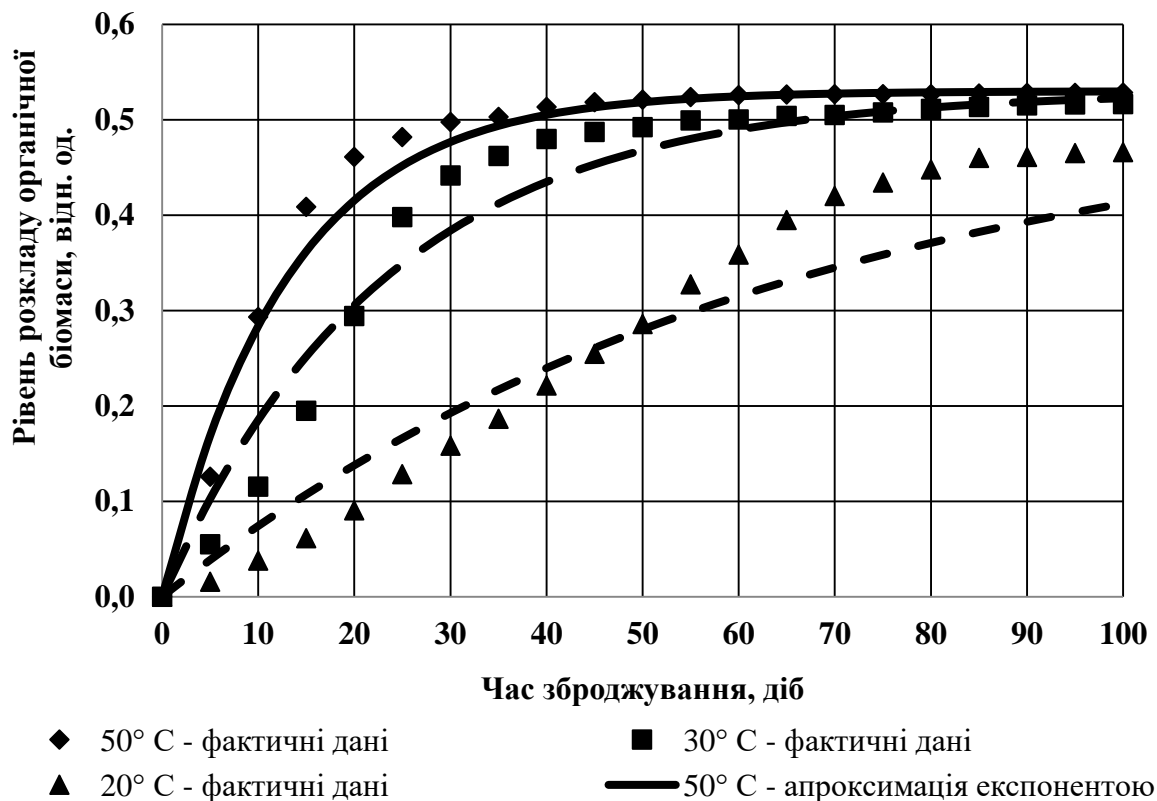


Рис. 1. Порівняння фактичних даних досліджень, які стосувалися анаеробної ферментації гною та їх апроксимації експоненціальними залежностями.

Апроксимація фактичних даних досліджень (рис. 1), які стосувалися зброджування гною [19] чи побутових відходів [20] показали, що інтенсивність розкладу органічної біомаси під час анаеробної ферментації зі значним рівнем адекватності описується експоненціальними залежностями:

$$\alpha = \frac{M_0 - M^*}{M_0} [1 - \exp(-k\tau)] = \alpha_0 [1 - \exp(-k\tau)]$$

де  $\alpha$  – рівень розкладу органічної речовини на поточний момент часу, відносних од.;  $M_0$  – загальний уміст органічної речовини біомаси на початок анаеробної ферментації, кг;  $M^*$  – уміст органічної речовини біомаси, яка не розкладається під час анаеробної ферментації, кг;  $k$  – коефіцієнт швидкості процесу біогазової



ферментації,  $\text{дїб}^{-1}$ ;  $\tau$  – час біогазової ферментації, дїб;  $\alpha_0 = \frac{M_0 - M^*}{M_0} -$

максимальний рівень розкладу органічної речовини в процесі анаеробної ферментації, відносних од.

Таким чином, у багатьох випадках анаеробного зброджування різної органічної біомаси рівень розкладу органічної біомаси в часі може бути апроксимований експоненціальними залежностями. Ці залежності включають значення коефіцієнта швидкості процесу біогазової ферментації та значення максимального рівня розкладу органічної речовини, які визначаються експериментально.

#### Список літератури

1. T. A. Shah, S. Ali, A. Afzal, and R. Tabassum, Effect of Alkali Pretreatment on Lignocellulosic Waste Biomass for Biogas Production, International Journal of Renewable Energy Research, vol.8, no.3, pp. 1318-1326, September 2018. (Article);
2. Y. Ulusoy, and A. H. Ulukardesler, Biogas production potential of olive-mill wastes in Turkey 2017 IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), DOI: 10.1109/ICRERA.2017.8191143, San Diego, pp. 664-668, 5-8 November 2017, (Conference Paper)
3. Meyer A.K.P., Ehimen E.A., and Holm-Nielsen J.B. Future European biogas: Animal manure, straw and grass potentials for a sustainable European biogas production, Biomass and Bioenergy, DOI: 10.1016/j.biombioe.2017.05.013, vol. 111, 2018, pp. 154-164, June 2017. (Article)
4. M. V. Aksay, M. Ozkaymak, and R. Calhan, Co-digestion of Cattle Manure and Tea Waste for Biogas Production, International Journal of Renewable Energy Research, vol.8, no.3, pp. 1347-1353, September 2018. (Article).
5. Ahlberg-Eliasson, K., Nadeau, E., Levén, L., & Schnürer, A. (2017). Production efficiency of Swedish farm-scale biogas plants. Biomass and Bioenergy, 97, 27–37. doi:10.1016/j.biombioe.2016.12.002
6. Morgan, H. M., Xie, W., Liang, J., Mao, H., Lei, H., Ruan, R., & Bu, Q. (2018). A techno-economic evaluation of anaerobic biogas producing systems in developing countries. Bioresource Technology, 250, 910–921. doi:10.1016/j.biortech.2017.12.013
7. G. Golub, K. Szalay, S. Kukharets, and O. Marus, Energy efficiency of rotary digesters, Progress in Agricultural Engineering Sciences, DOI: 10.1556/446.13.2017.3, vol. 13 (1), pp. 35-49, December 2017.,
8. Golub G.A., Skydan O.V., Kukharets S.M., Marus O.A. Substantiation of motion parameters of the substrate particles in the rotating digesters. INMATEH – Agricultural Engineering. 2019. vol. 57, no. 1, P. 179–186
9. N. Halder, Thermophilic Biogas Digester for Efficient Biogas Production from Cooked Waste and Cow Dung and Some Field Study, International Journal of Renewable Energy Research, vol.7, No.3, pp. 1062-1073, September 2017
10. H. Afazeli, A. Jafari, S. Rafiee, M. Nosrati, and F. Almasi, Investigation yield and energy balances for biogas production from cow and poultry manure, International Journal of Renewable Energy Research, vol.4, no. 2, pp. 312-320, June 2014
11. Tsagarakis, K. P., & Papadogiannis, C. (2006). Technical and economic

evaluation of the biogas utilization for energy production at Iraklio Municipality, Greece. *Energy Conversion and Management*, 47(7-8), 844–857. doi:10.1016/j.enconman.2005.06.017

12. *Cucchiella, F., D'Adamo, I., & Gastaldi, M.* (2019). An economic analysis of biogas-biomethane chain from animal residues in Italy. *Journal of Cleaner Production*, 230, 888–897. doi:10.1016/j.jclepro.2019.05.116

13. *Kozłowski, K., Pietrzykowski, M., Czekala, W., Dach, J., Kowalczyk-Juśko, A., Józwiakowski, K., & Brzoski, M.* (2019). Energetic and economic analysis of biogas plant with using the dairy industry waste. *Energy*. doi:10.1016/j.energy.2019.06.179

14. *Li, Y., Lu, J., Xu, F., Li, Y., Li, D., Wang, G., ... Li, G.* (2018). Reactor performance and economic evaluation of anaerobic co-digestion of dairy manure with corn stover and tomato residues under liquid, hemi-solid, and solid state conditions. *Bioresource Technology*. doi:10.1016/j.biortech.2018.08.061

15. *Bulatov, N. K., Sarzhanov, D. K., Elubaev, S. Z., Suleymenov, T. B., Kasymzhanova, K. S., & Balabayev, O. T.* (2019). Model of effective system of processing of organic wastes in biogas and environmental fuel production plant. *Food and Bioproducts Processing*. doi:10.1016/j.fbp.2019.03.005

16. *Surra, E., Bernardo, M., Lapa, N., Esteves, I. A. A. C., Fonseca, I., & Mota, J. P. B.* (2019). Biomethane production through anaerobic co-digestion with Maize Cob Waste based on a biorefinery concept: A review. *Journal of Environmental Management*, 249, 109351. doi:10.1016/j.jenvman.2019.109351

17. *Garcia, N. H., Mattioli, A., Gil, A., Frison, N., Battista, F., & Bolzonella, D.* (2019). Evaluation of the methane potential of different agricultural and food processing substrates for improved biogas production in rural areas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 1–10. doi:10.1016/j.rser.2019.05.040.

18. *Safoora Mirmohamadsadeghi, Keikhosro Karimi, Meisam Tabatabaei, Mortaza Aghbashlo,* Biogas production from food wastes: A review on recent developments and future perspectives, *Bioresource Technology Reports*, Volume 7, 2019, 1-37, ISSN 2589-014X, <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100202>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589014X19300921>).

19. *Baader, W., Dohne, E. & Brenndörfer, M.* Biogas in Theorie und Praxis - Behandlung organischer Reststoffe aus der Landwirtschaft durch Methangärung, KTBL, 1987, Taschenbuch ISBN: 784316557

20. *Howell, G., Bennett, C., & Materić, D.* (2019). A comparison of methods for early prediction of anaerobic biogas potential on biologically treated municipal solid waste. *Journal of Environmental Management*, 232, 887–894. doi:10.1016/j.jenvman.2018.11.137.

## НАПРЯМКИ МІНІМІЗАЦІЇ МАТЕРІАЛОМІСТКОСТІ ШАРНІРНО-З'ЄДНАНИХ СЕКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ

*Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Дунець Б. О.*

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

Застосування шарнірно-з'єднаних гвинтових секцій в якості робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів суттєво підвищує їх ресурс роботи у порівнянні з суцільно навитими спіралями, які досить швидко руйнуються при їх роботі на малих радіусах кривизни, тобто на локальних згинах транспортно-технологічних магістралей [1–3].

На даний час розроблено цілу гаму таких типів робочих органів [2–5], де в якості елементів з'єднання торцевих частин секцій застосовуються пластини різної конфігурації та розмірів, а також прутки різного діаметру та їх кількості з торцевими та радіальними зачепленнями (рис.1).



Рис. 1. Загальний вигляд спарених шарнірних секцій гвинтового робочого органу з плоскими пластинами (а) з прутковими з'єднаннями із торцевими кульковими зачепленнями (б) та радіальними пальцевими зачепленнями (в).

В процесі досліджень таких типів робочих органів основна увага приділялась дослідженню шарнірним елементам передачі крутного моменту, встановленню контактних напружень в зонах зачеплення, а також розробці та обґрунтуванню раціональних параметрів захисних механізмів для уникнення поломок гвинтових робочих органів при критичних перевантаженнях [6, 7].

При цьому, незважаючи на вказані переваги такі робочі органи мають суттєві недоліки, до яких в першу чергу необхідно віднести їх значну матеріаломісткість, підвищене зношення еластичних направляючих кожухів, а також надмірні енерговитрати на процес транспортування сипких матеріалів, які в першу чергу пов'язані з високою матеріаломісткістю шарнірних секцій гвинтових робочих органів.

Проведений аналіз відомих досліджень дозволив визначити основні напрямки вдосконалення таких типів гнучких гвинтових робочих органів. На нашу думку вони полягають в наступному:

- розрахунок найбільш навантаженої секції, яка безпосередньо зв'язана з привідним валом в зоні забору сипкого матеріалу повинен здійснюватися з

врахуванням довжини та радіусу кривизни технологічної траси, реологічних властивостей сипкого матеріалу та висоти піднімання вантажу;

- необхідно враховувати продуктивність конвеєра, яка визначається конструктивними параметрами робочого органу та частотою його обертання, а також затрачену потужність на процес транспортування матеріалу;

- відносно максимально допустимих контактних напружень повинні підбиратись параметри елементів шарнірних з'єднань при врахуванні матеріалів, які застосовуються для їх виготовлення і особливо антифрикційних втулок, що виконані з поліамідів армованих скляним волокном, які довели свою ефективність в парах тертя при роботі конвеєрів з абразивними матеріалами;

- розрахунок елементів з'єднання (пластин, прутків, їх розмірів та кількості) повинен здійснюватися з умови їх допустимого кутового повертання та уникнення залишкових деформацій;

- необхідно враховувати параметри гвинтового ребра та зон його з'єднання з основою секції, що суттєво підвищує крутильну здатність каркасу гвинтової секції.

Врахування вищезазначених напрямків дозволить мінімізувати матеріаломісткість шарнірно-з'єднаних гвинтових секцій робочих органів та підвищити експлуатаційні показники гвинтових конвеєрів.

#### Список літератури

1. *Р.Б. Гевко, Р.М. Рогатинський, Р.М. Розум, М.Б. Клендій та ін.* Підвищення технологічного рівня процесів завантаження та перевантаження матеріалів у гвинтових конвеєрах: монографія. Тернопіль: Осадца Ю.В., 2018. 180 с.

2. *Р.Б. Гевко, А.О. Вітровий, М.Р. Гевко, М.Б. Клендій.* Вдосконалення конструкції та обґрунтування параметрів секційного шарнірного робочого органу гнучкого гвинтового конвеєра. Вісник інженерної академії України. Київ. 2009. № 1. С. 212–216.

3. *А.О. Вітровий, Р.Б. Гевко.* Силовий аналіз робочого органу гнучкого гвинтового конвеєра. Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей. Вип. 4. Луцьк: ЛДТУ, 1998. С. 8–14.

4. *І.О. Павлова, Р.Б. Гевко.* Визначення контактних напружень в шарнірних елементах гнучкого валу. Науковий вісник Національного аграрного університету. Вип. 80. Київ. Вид. відділ НАУ. 2005. С. 338–343.

5. *Hevko R., Vitrovyi A., Klendii O., Liubezna I.* Design engineering and substantiation of the parameters of sectional tools of flexible screw conveyers. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series I. Transilvania University Press Brasov, Romania. 2017. Vol. 10(59). № 2. PP. 39–46.

6. *Hevko B.M., Hevko R.B., Klendii O.M., Buriak M.V., Dzyadykevych Y.V., Rozum R.I.* Development of design and investigation of operation processes Improvement of machine safety devices. Acta Polytechnica. Czech Technical University in Prague. 2018. Vol. 58. № 1. PP. 17–25.

7. *Р.Б. Гевко, О.М. Клендій.* Методика проведення досліджень шнекового транспортера із запобіжним пристроєм. Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей. Луцьк: ЛНТУ, 2013. С. 67–74.

## ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛАСТИЧНИХ ЩІТКОПОДІБНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ПОШКОДЖЕННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЇХ ТРАНСПОРТУВАННІ ГВИНТОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

*Олексюк В. П., Довбуш А. Д., Станько А. І.*

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

В аграрному виробництві гвинтові конвеєри знайшли широке застосування для транспортування зернових, насінневих матеріалів, гранульованих мінеральних добрив та ін. В процесі переміщення в замкнутих кожухах як по прямолінійних, так і криволінійних трасах вони зазнають значних пошкоджень, що є недопустимим. Основною причиною травмування є попадання частинок сипкого матеріалу в зазор між обертовим гвинтовим робочим органом і нерухомою внутрішньою поверхнею направляючого кожуха.

Для уникнення цього недоліку досить часто поверхню шнека виконують з еластичних матеріалів [1-3], що зображено на рис.1.

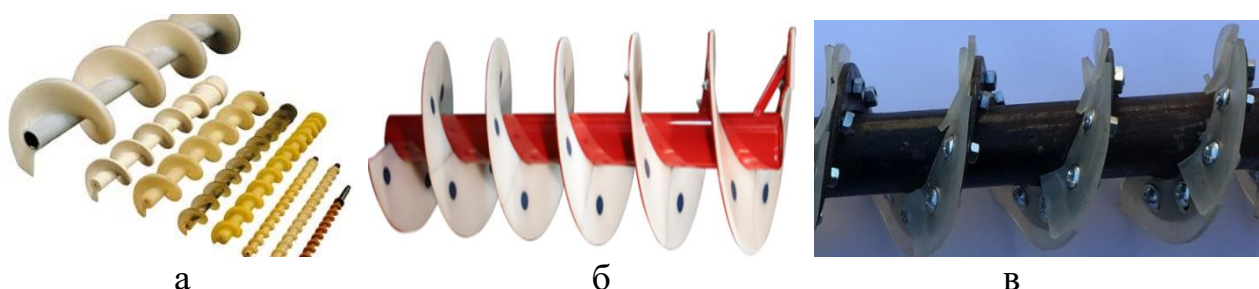


Рис. 1. Робочі органи італійської компанії «WAM Group» з полімерним покриттям гвинтового ребра (а), американської компанії «Lundell Plastics Corp» з полімерними спіральними накладками на гвинтових ребрах (б) та секційною поліуретановою поверхнею (в).

Однак, як показали експериментальні дослідження, полімерні покриття спіралей шнеків сприяють збільшенню їх ресурсу роботи, однак не забезпечують суттєвого зниження пошкоджень сипких матеріалів.

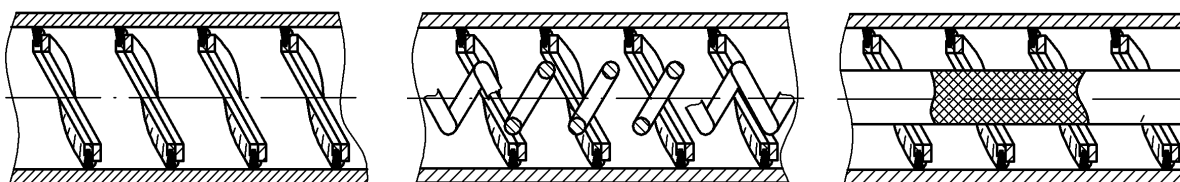


Рис. 2. Схеми еластичних гвинтових робочих органів (Патент Франції №0067725).

Одним з напрямків забезпечення мінімізації пошкоджень зернових та насінневих матеріалів є застосування на периферійній поверхні спіралей шнеків

щіткоподібних еластичних елементів, які виготовлені із зносостійких прутків круглого поперечного перетину, що зображено на рис. 2. Основною проблемою таких технічних рішень є спосіб їх кріплення до основи гвинтової поверхні для забезпечення надійного функціонування конвеєрів.

Часткове вирішення даної проблеми наведено в конструктивних рішеннях та способах кріплення, які наведено на рис. 3.

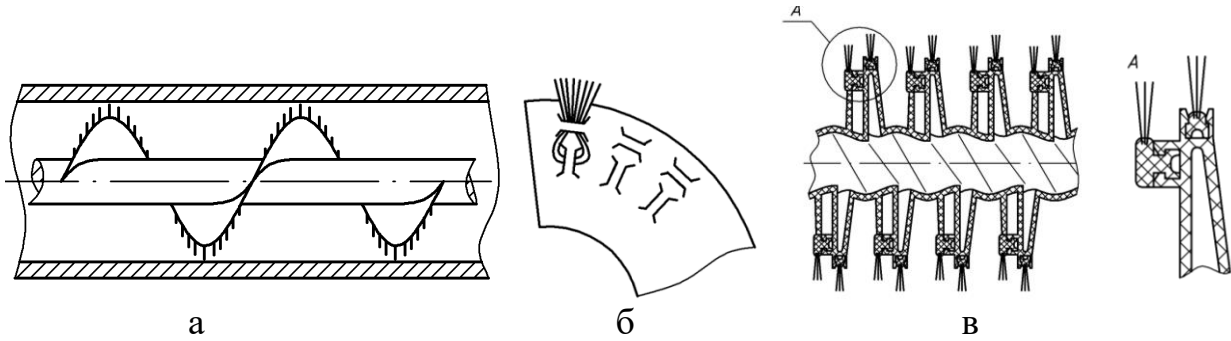


Рис. 3. Конструктивна схема шнека з еластичними щітками: а – патент Німеччини №4001121 та способи кріплення еластичних щіток до ребра: б – А.С. №1652230; в – А.С. №1613404.

Однак дані способи також мають ряд недоліків, до яких можна віднести підвищену трудомісткість і енерговитратність при виготовленні шнеків та низьку їх ремонтоздатність.

Для забезпечення гарантованої фіксації еластичних щіткоподібних пучків до спірального ребра пропонується попередньо навитий на ребро пакет спіралі стискати та рівномірно, по його периферії, свердлити отвори [4, 5]. Далі спіраль розтягується на заданий крок до повного контакту її внутрішньої поверхні з валом, з подальшим їх зварюванням. Отвори використовуються для кріплення та фіксації пучків еластичних щіток. Це забезпечить надійне з'єднання елементів та роботу гвинтового конвеєра.

#### Список літератури

1. Р.Б. Гевко, Р.М. Рогатинський, Р.М. Розум, М.Б. Клендій та ін. Підвищення технологічного рівня процесів завантаження та перевантаження матеріалів у гвинтових конвеєрах: монографія. Тернопіль: Осадца Ю.В., 2018. 180 с.

2. Nevko R., Dzyadykevych Y., Tkachenko I., Zalutskyi S. Parameter justification for interworking relationship of elastic screw operating element with grain material. Scientific Journal of the Ternopil National Technical University. Ternopil, TNTU. 2016. Vol. 81. № 1. PP. 70–76.

3. Залуцький С.З., Гладько Ю. Б., Гевко Р. Б., Погріщук Б. В. Визначення зусиль деформації еластичної лопаті шнека при її взаємодії із зерновим матеріалом. Вісник інженерної академії України. 2017. № 2. 2017. С. 13–19.

4. Б. Гевко, С.З. Залуцький. Розробка конструкції шнека з еластичною гвинтовою поверхнею та результати її експериментальних досліджень. Вісник Інженерної академії України. 2015. № 1. С. 242–247.



5. Hevko R.B., Zalutskyi S.Z., Tkachenko I.G., Klendiy O.M. Development and investigation of reciprocating screw with flexible helical surface. INMATEH: Agricultural engineering. Bucharest, Romania. 2015. Vol. 46, № 2. PP. 133–138.

УДК 631.171.075.4

## НАСЛІДКИ НЕПРАВИЛЬНОЇ ПЕРЕДДОЇЛЬНОЇ СТИМУЛЯЦІЇ ВИМЕНІ КОРІВ

*Болтянська Н. І.*

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

Доїння корів припускає знання фізіології тварини і організацію процесу доїння з урахуванням всіх параметрів життєдіяльності тварини. Рефлекс молоковіддачі, включаючи секрецію окситоцину, може стимулюватися багатьма способами: тактильною стимуляцією дійки, знаходженням у полі зору корови теляти, а також шляхом формування умовного рефлексу на годівлю концентратами під час доїння [1, 2].

Під час доїння і смоктання активізуються нервові рецептори, що знаходяться на шкірі дійки і реагують на тиск. Ця механічна стимуляція викликає передачу імпульсу в гіпофіз мозку, при цьому відбувається вивільнення гормону окситоцину. Разом з потоком крові гормон поступає до тканин вимені. Доїння корів припускає облік механізму рефлексу молоковіддачі. На рис. 1 схематично зображений механізм рефлексу молоковіддачі.

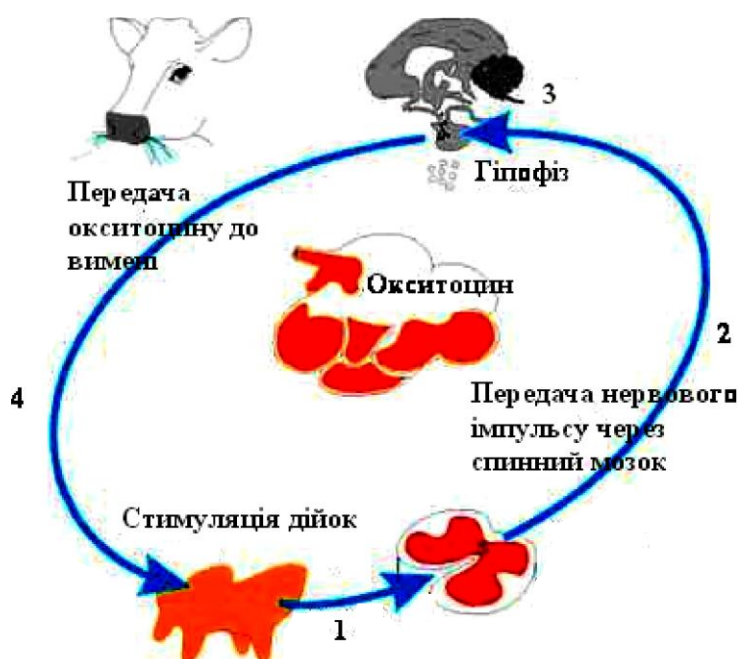


Рис. 1. Механізм рефлексу молоковіддачі.

Стимуляція дійок (1) викликає передачу нервового імпульсу через спинний мозок (2) в гіпофіз (3), при цьому вивільняється окситоцин, який потім поступає у вим'я з потоком крові (4).

В вимені гормон викликає скорочення епітеліально-м'язових кліток, що оточують альвеоли, і в результаті цього молоко видавлюється в молочні протоки і цистерни.

Переддоїльна стимуляція в загальному випадку процедура, здійснювана до розміщення на вимені корови доїльного апарату. Вона включає здоювання перших цівок молока, очищення і витирання дійок, масаж дійок і вимені. Під час переддоїльної стимуляції активізуються рецептори дійок, і запускається рефлекс молоковіддачі.

Це призводить до виділення молока, коли вже почалась дія окситоцину на епітеліально-м'язові клітки після надівання доїльного апарату на вим'я. Переваги, які дає правильно організована фаза переддоїльної стимуляції це короткий час доїння, більший потік молока, і в деяких випадках ефективніше видоювання молока. Оскільки перед розміщенням на вимені доїльного апарату рефлекс молоковіддачі вже запущений крива молоковіддачі вкрай рідко буває двовершинною [3, 4]. Це означає відсутність затримки молоковіддачі між надходженням молока з цистерн і надходженням молока з альвеол, що сприяє кращій обробці дійок. Чисельні дослідження в молочних підприємствах показали, що достатньо велика кількість корів доїться неправильно. Недостатній облік фізіологічних особливостей при підготовці до доїння призводить до неповноцінної молоковіддачі. Якщо підготовка проведена правильно, це приводить, внаслідок підвищення внутрішнього тиску у вимені, до набухання і напруги дійок і кращої «посадки» доїльних стаканів [1, 2]. Недостатня переддоїльна стимуляція (через що окситоцин виділяється фракціями) призводить до зниження молочного потоку, виникнення бімодальності кривої молоковіддачі, холостого доїння, підвищення тривалості додоювання і частки молока, що отримується за рахунок додоювання, а також до зниження загального удою і збільшення загальної тривалості доїння. Витрати часу на машинне додоювання знижуються з 1,05 хв. при 8-секундній стимуляції до 0,62 хв. при стимуляції протягом 20 секунд, хоча і така підготовка ще не досягає оптимальної фізіологічної тривалості. Зменшення часу додоювання і загальної тривалості доїння позитивно впливає на стан дійок, а отже і на самопочуття, і на здоров'я тварини.

#### Список літератури

1. Болтянська Н.І. Обґрунтування технологічних параметрів механічного стимулювання (масажу) вимені високопродуктивних корів. Праці ТДАТУ. 2012. Вип.2. Т.5. С. 23-30.
2. Склад О.Г., Болтянська Н.І. Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник. Київ. Видавничий дім «Кондор», 2018. 380 с.
3. Болтянська Н.І. Залежність якісних і кількісних показників молока від якості механічної стимуляції вимені. ТЕЗИ II Міжнародної наук.-практ. конф. «Сучасні технології аграрного виробництва». Київ: НУБіП України, 2016. С. 109-110.

4. Болтянська Н.І. Оптимізація параметрів стимулюючих дій при виконанні підготовчих операцій доїння. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.5. С. 47-51.

УДК 631.363.2

## **АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛІКІВ ШТЕМПЕЛЬНИХ ПРЕСІВ**

***Болтянська Н. І., Комар А. С.***

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

У нашій країні щорічно заготовляють сотні мільйонів тон сіна, сінажу та соломи. В сучасних умовах способи зберігання кормів повинні бути максимально ефективними – забезпечувати мінімальні втрати поживних речовин і бути оптимальними з точки зору економіки та організації праці. Для поліпшення транспортабельності, зниження вартості перевезень, економічного використання складських приміщень, для забезпечення кращого збереження поживних речовин і вітамінів корми ущільнюють. Аналіз технічних засобів для ущільнення кормів за хронологією їх появи показав різке зростання кількості таких розробок наприкінці ХХ століття. Починаючи з 2000-х років зростає кількість запатентованих технічних рішень, які ґрунтуються на інноваційних технологіях пресування. Однак до сих пір немає однозначного рішення про найбільш ефективну конструктивно-технологічну схему ущільнювача кормів [1,2].

Пресування в закритій камері вихідного матеріалу виступає найпоширенішим способом ущільнення кормів. Залежно від щільності моноліту в результаті пресування стеблових кормів отримують тюки (щільність 120-160 кг/м<sup>3</sup>), що вимагають обв'язки; брикети (щільність 600-900 кг/м<sup>3</sup>), що зберігають свою форму без обв'язки. Залежно від вологості вихідних матеріалів способи пресування поділяють на вологий і сухий (вихідна вологість відповідно 35-50% і 17-30%). Останній спосіб набув найбільшого поширення саме в кормоприготуванні.

На сьогоднішній день існує велика кількість пресів для отримання гранул сухим способом різних як за своїм призначенням, так і за принципом дії робочих органів на матеріал [3]. За видом робочих органів преси для стиснення, брикетування та гранулювання кормів розподіляються на такі основні групи: вальцові, штемпельні, рулонні, транспортерні, гвинтові, поршневі, шестеренні та матричні.

З 60-70-хх років ХХ століття в світі набувають популярності використання кільцевих матричних пресів безперервної дії та пресів штемпельного (плунжерного) типу. В Україні зберігається аналогічна тенденція використання

пресів в основному для гранулювання та брикетування кормів. Штемпельні, або плунжерні преси здійснюють процес пресування шляхом ущільнення окремих порцій матеріалу (рис. 1). Їх виготовляють з відкритою та закритою камерою пресування. Прес із закритою камерою менш енергоємний, проте потребує подавання строго визначеної порції матеріалу, через що не знайшов широкого застосування в сільськогосподарському виробництві.

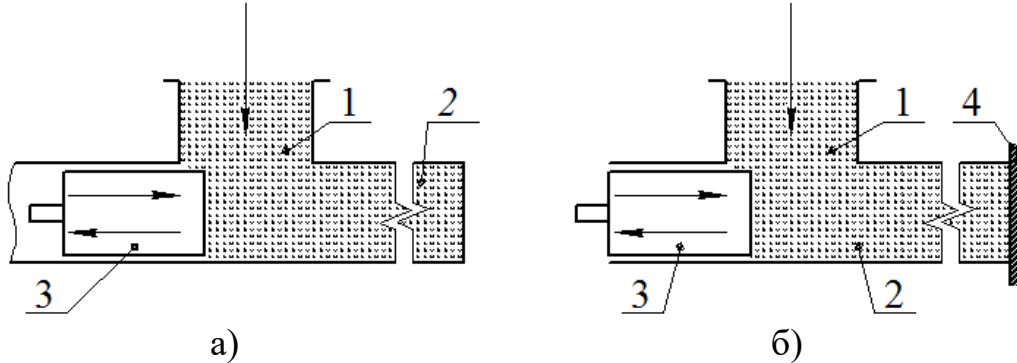


Рис. 1. Схема робочих органів штемпельних пресів з відкритою (а) та заритою (б) пресувальною камерою 1 – завантажувальне вікно; 2 – пресувальний канал; 3 – штемпель; 4 – упор.

Найширше застосування отримали штемпельні преси з відкритими камерами та кривошипно-шатунними приводами штемпельів, що забезпечують мінімальне подрібнення матеріалу при пресуванні та тривалішу витримку маси під тиском, відповідно і дещо вищу якість пресованого корму (порівняно з вальцовими пресами), а також відносно невелику енергоємність [4]. До переваг штемпельних пресів відносяться невеликі витрати енергії, в тому числі за рахунок одноосного стиснення матеріалу, можливість отримання брикетів більшого діаметру. До недоліків відноситься висока металоємність, складність подачі сировини, низька продуктивність, зумовлена циклічністю процесу. Продуктивність штемпельних пресів також обмежується часом перебування ущільненого матеріалу в пресувальному каналі для забезпечення релаксації напружень в матеріалі.

#### Список літератури

1. Болтянська Н.І. Сучасний стан машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2008. Вип. 36. С. 3–7.
2. Комар А.С. Аналіз конструкцій пресів для приготування кормових гранул та паливних брикетів. Науковий вісник ТДАТУ. 2018. Вип. 8. Т. 2. С. 44–56.
3. Болтянська Н.І. Аналіз конструкцій шестеренних пресів-грануляторів. Науковий вісник ТДАТУ. 2018. Вип. 8. Т. 2. С. 29–43.
4. Boltyanska N. Ways to Improve Structures Gear Pelleting Presses. ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow, 2018. Vol. 18. No 2. P. 23–29.

## **ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДІЙКОВОЇ ГУМИ ЗА ВЕЛИЧИНОЮ ЗМИКАННЯ СТІНОК НАДЛИШКОВИМ ТИСКОМ**

***Заболотько О. О.<sup>1</sup>, Дорогань С. В.<sup>1</sup>, Болтянська Н. І.<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*<sup>2</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Технологічний процес з виробництва молока, один із складних. Основна проблема – це процес взаємодії «тварини – машини – людини». Експлуатаційні властивості доїльних апаратів та обладнання для тваринництва оцінюють показниками якості функціонування машин, обладнання за призначенням протягом гарантованого експлуатаційного періоду. У процесі доїння корова взаємодіє з доїльною машиною та навколишнім середовищем, тому один з головних впливовим чинником є виконавчий механізм доїльного апарата – дійкова гума. Від якості роботи, форми робочого перерізу гуми та фізичних її властивостей залежить величина молоковіддачі, тривалість доїння а також здоров'я вимені.

Дійкова гума доїльного апарату виконує найважливіші функції - попереджальну, відновлювальну (кровообіг) та стимулюючу. У тому випадку, коли дійкова гума ці функції не виконує, має місце наповзання доїльного стакана на дійку (через це дійка пережимається в основі, молоко не виводиться з вимені і настає так зване «сухе доїння», нанесення на рецептори дійки незвичних та навіть больові подразнення, спостерігаються гіперемічне явища, що дуже часто призводить до маститу. В результаті чого тварини видоюються в неповному обсязі, якість молока знижується, кількість маститу у корів збільшується. Такі порушення виникають в результаті недотримання технічних умов при виготовленні дійкової гуми та правил її експлуатації.

До основних чинники, що призводять до таких наслідків є [1, 2]:

- погіршення пружних властивостей і скорочення терміну використання
- дійкової гуми;
- неприпустиме зміна сил, що діють на сосок (що призводить до зміни співвідношення тактів, скорочення або збільшення часу перехідних процесів);
- зміна тривалості переходу від ссання до стиску;
- ускладненість підбору гуми з однаковими властивостями для доїльного апарата та інші.

Дефектна дійкова гума не здатна забезпечити нормальні режими роботи доїльних апаратів навіть в тому випадку, коли всі інші вузли апарату працюють в оптимальних режимах. При цьому величина тиску може зменшитися в 1,2-1,5 рази, що погіршує масаж соска. Величина натягу гуми суттєво впливає на перехідні процеси при роботі доїльного стакана, змінюючи час тактів ссання, стискування в межах 7-9% [1, 2, 3].

Пружні властивості дійкової гуми можуть бути оцінені за показниками:

- подовженням дійкової гуми під навантаженням,
- міцністю гуми на розрив,
- величиною змикання стінок дійкової гуми за надлишковим тиском,
- площею змикання дійкової гуми та деформації оболонки гуми в зоні кінчика дійки у доїльному стакані.

Площа змикання дійкової гуми також є однією з найважливіших його характеристик. По-перше, вона впливає на сили, що діють на дійку при такті стиску, по-друге, від неї залежить зворотний потік молока (з дійки в цистерну вимені), нарешті, по-третє, величина площі змикання впливає на «наповзання» доїльного стакану.

Мета досліджень. За допомогою фотографічних методів провести оцінку стану дійкової гуми за надлишковим тиском у міжстінковій камері та дослідити форму змикання і величину тиску в лабораторних умовах.

На сучасному етапі для доїння корів використовують різну дійкову гуму, переважає дійкова гума циліндрична за формою. По дійковій гумі циліндричної форми є різні дослідження: розроблені теоретичні моделі взаємодії гуми в сукупності з доїльним стаканом та дійкою вимені; досліджені закономірності деформації циліндричної оболонки гуми в гільзі стакану.

При створенні надлишкового тиску у міжстінковій камері доїльного стакану на пристрої (рис. 1) дійкова гума циліндричної форми розтягується і стискається від 50 до 80 разів на хвилину протягом 5-6 годин за день і, як показали дослідження динаміки зміни пружних властивостей і конструктивних параметрів дійкової гуми, вже після 10 днів роботи вона подовжується на 2-3 мм, змінюється її товщина, погіршуються пружні властивості, тиск вакуум змикання змінюється на 0,5–0,7 кПа від початкового (9,1-14,3 кПа), а це впливає на швидкість і тривалість доїння [1].



Рис. 1. Вигляд лабораторного пристрою та доїльних стаканів з циліндричною дійковою гумою різних виробників, для визначення надлишкового тиску при якому відбувається змикання гуми.



Розбіжність жорсткості дійкової гуми в одному доїльному апараті по вакууму змикання не повинна перевищувати 2 кПа, а по подовженню при навантаженні на нього вагою в 6 кг (58,8 Н) за час  $60 \pm 0,2$  с – не більше 5 мм. До експлуатації допускають дійкову гуму з величиною вакууму змикання 5,3 – 12,0 кПа (40 – 90 мм рт. ст.) або з величиною подовження 20 – 35 мм. Дійкова гума, що виходить за межі зазначеної жорсткості, що має овальність 18 % і більше, шорсткість, а також порвана, вибраковується.

Крім того, через дуже погану якість і неоднорідності матеріалу, з якого виготовляють дійкову гуму, ці зміни відбуваються нерівномірно в доїльних стаканах навіть одної підвісної частини апарату.

Процес роботи гуми відбувається нормально, коли відбувається змикання дійкової гуми (рис. 2). Неоднаковий натяг дійкової гуми в одному доїльному апараті призводить до різних швидкостям виведення молока із дійок, і їх різниця може досягати від 10 до 18%, що призводить до «холостого» доїння маломолочних чвертей. Це призводить до порушення взаємодії дійки і дійкової гуми, виникнення у корів болісні або незвичні подразнення, зниження ефективності молоковіддачі.

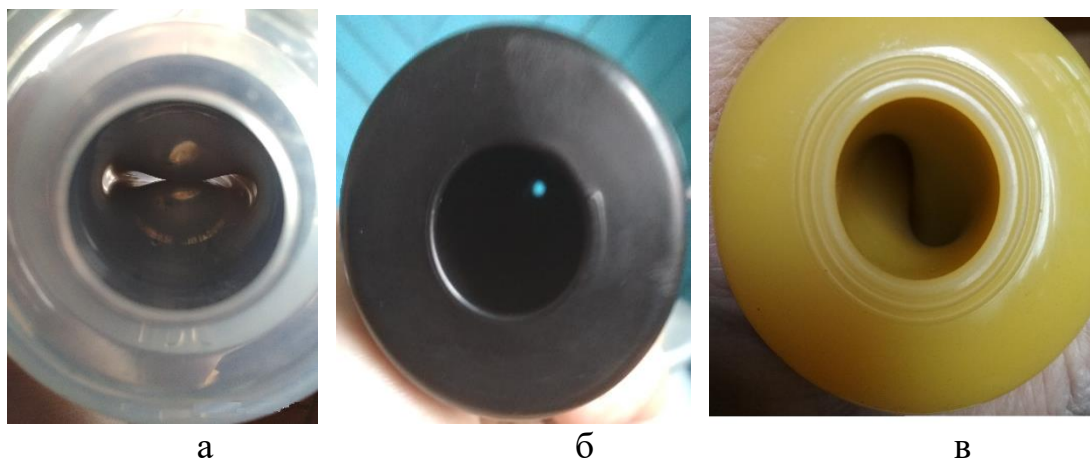


Рис. 2. Переріз циліндричної форми дійкової гуми в такті– «стиску»: а – Atest H2/02039/00 «GENES» (матеріал - сілікон, вир. Польська); б – ДД00-041А (матеріал – каучук. вир. Україна; в – Stimulor 7027-2725-010 (матеріал - сілікон, «Westfalia») [4].

Дійкова гума циліндричної форми при закриванні повністю передавлює кінець дійки зі сфінктером, утворюючи в перерізі за формою «бочкоподібного валика» або типу «гантель». Дійкова гума Stimulor 7027-2725-010 «Westfalia» утворюючи в перерізі за формою «закрученого валика». Величина тиску при якому відбувається зімкнення внутрішніх поверхонь знаходиться в межах 3,3 – 15,0 кПа (20 – 110 мм рт. ст.)

Отже, дійкова гума циліндричної форми має ряд суттєвих переваг: стосовно технологічності, змінної жорсткості по довжині та поперечному перерізу, стабільною кількістю подразнень на поверхню та кінець дійки, менших затрат на обслуговування та її вартість.



## Висновки

Одним з основних шляхів якісного видоювання корів, підвищення продуктивності тварин, праці операторів доїння та доїльної установки а також якості молока, зниження рівня захворюваності тварин є використання якісної дійкової гуми.

Дослідження змикання циліндричної форми дійкової гуми, за надлишковим тиском у міжстінковій камері дає наближений варіант підбору гуми для комплектування підвісної частини доїльного апарата.

## Список літератури

1. В. П. Бабкин, В. П. Савран, В. Я. Круговой, Н. А. Вербицкий. Исследование физико-механических свойств сосковой резины доильных аппаратов и пути повышения ее качества. Механизация и электрификация сельского хозяйства: республ. межвед. темат. науч.-техн. сб. Киев. Урожай, 1982. Вып. 55. С. 17-22.

2. Палій А. П. Дослідження фізико-механічних властивостей дійкової гуми доїльних стаканів. Науково-технічний бюлетень. Харків, 2013. № 109, Частина 2. С. 86-90.

3. С. М. Гавриленко, О. О. Заболотько. Перевірка експлуатаційних параметрів сучасної дійкової гуми доїльних стаканів Збірник тез доповідей III Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» (17-18 лютого 2016 року) Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2016. С. 92.

4. Сосковая резина и шланги : [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://molochka.com/rus/catalog/e/treugolnaya-soskovaya-rezina.html>.

УДК 631.363.7

## ОБҐРУНТУВАННЯ ЧАСУ НА ЗМЕНШЕННЯ ОБ'ЄМУ КОРМОВИХ КОМПОНЕНТІВ ПРИ ЗАВАНТАЖЕННІ В БУНКЕР

*Хмельовський В. С., Пилипенко А. П.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

В процесі приготування кормової суміші із матеріалів рослинного походження (сіно, солома) відбувається їх ущільнення і як наслідок накопичення енергії пружно-в'язкопластичних деформацій, тому, після зняття зусилля тиску відбувається його пружне розширення. Одним із основних факторів, які впливають на розширення ущільненого матеріалу, є час протягом якого матеріал знаходиться під дією зусилля. За результатами досліджень можна сказати, що чим більший проміжок часу при якому має вплив зусилля тим менше матеріал розширюється після його зняття. Отже із збільшенням часу дії навантаження на кормові компоненти об'ємна маса кормової суміші буде збільшуватися. Це

пояснюється тим, що при частій дії на матеріал зусилля, накопичена енергія пружних деформацій розсіюється. З цього випливає висновок, що чим довше кормові компоненти будуть знаходитись під дією зусилля, тим більша частина енергії розсіється і тим менше вони розширяться після зняття зусилля. Цим пояснюється коефіцієнт пружного розширення  $K$  фізична суть, якого є відношення об'єму матеріалу  $V_m$  після його повного розширення до його об'єму  $V_n$  під навантаженням  $K = V_m/V_n$ .

На практиці описаний процес проявляється у двох основних видах: одним із них є зміна напруження продовж певного проміжку часу при збереженні постійної деформації і має назву релаксація напружень, а у другому відбувається зміна деформації протягом часу при збереженні постійного напруження тобто повзучість. Явища релаксації і повзучості в різних межах властиві всім матеріалам і добре вивчені, як для металів так і для багатьох пластмас, гуми та кормових компонентів. Вивченням цих явищ займались такі вчені, як В. Вебер, Г. Відеман, Л. Больцман, А. П. Бронський, В. І. Особов, Г. К. Васильєв, А. В. Голяновський, Г. Я. Фарбман, Л. И. Седов, Ф. Ф. Гігіняк, А. О. Лебедев, О. К. Шкодзінський, М. Г. Чаусов та інші. Для теоретичного розгляду впливу часу протягом якого діє навантаження на ущільнення кормових компонентів використовуємо післядію. З усіх запропонованих теорій, як відмічав в своїй роботі А. П. Бронський теорія післядії Людвіга Больцмана є найбільш загальною.

Стосовно кормової сировини теорію післядії можна охарактеризувати такими положеннями:

- кормовий матеріал, який був один раз деформований, повторно деформується з іншою закономірністю ніж перший раз (обробка кормів при підготовці кормової суміші);
- зменшення напружень при повторній деформації тим більші, чим більшою була перша деформація (пресування грубих кормів при заготівлі та довготривале зберігання) і чим довший час вона діяла та тим менші, чим більше пройшло часу з моменту першої деформації;

За нашими дослідженнями та результатами інших дослідників слід відмітити, що в процесі змішування (приготування кормової сировини) при наявності в кормових компонентах в минулому багаторазових різних деформацій змінюються їх фізико-механічні властивості. На підставі цього можна стверджувати, що кормову суміш у змішувачах порційної дії слід завжди розглядати, як двокомпонентну тобто таку, яка утворилась внаслідок змішування попередніх компонентів із добавленим кормовим компонентом.

Для обґрунтування часу на зменшення об'єму кормових компонентів при завантаженні в бункер розглянемо процес приготування кормових компонентів до згодовування з використанням моделювання механічних властивостей кормової суміші.

Моделювання полягає в тому, що шляхом відповідної фізично обґрунтованої комбінації пружних, в'язких та інших елементів можна достатньо точно описати механічні властивості будь-якого матеріалу. При складанні моделі необхідно ідеалізувати властивості реального матеріалу і звертати увагу на ті

механічні властивості, які мають суттєвий вплив для поставленого завдання. При розгляді тривалості дії зусилля на кормові компоненти, які входять до складу кормової суміші бачимо, що такими властивостями є пружність, в'язкість, пластичність.

Відомі три реологічні моделі ідеалізованих властивостей реальних матеріалів: модель ідеально пружного тіла (тіло Гука), яке має вигляд пружини; модель ідеально пластичного тіла (тіло Сан-Венана), позначається в вигляді пари ковзання, і модель ідеально в'язкого тіла (тіла Ньютона) у вигляді циліндра з в'язкою рідиною, в якому переміщається поршень з калібрувальним отвором у його дні.

З'єднуючи елементи паралельно або послідовно можна імітувати різні властивості будь-яких кормових сумішок та отримувати їх моделі і прослідкувати за протіканням в них деформаційних процесів.

В результаті дослідження процесу приготування кормової суміші у подрібнювачах-змішувачах-роздавачах для великої рогатої худоби із різних кормових компонентів можна, визначити науково-обґрунтований порядок завантаження кормів, а відповідно, відмітити етапи, які відбуваються у бункері машини. На першому етапі відбувається стискування кормової сировини, а сама деформація відбувається при порівняно малих зусиллях завантаження кормових компонентів (у випадку зняття зусилля деформація незначна та цілком не щезає). Кормові компоненти завантажують в бункер де вони взаємодіють із робочим органом (шнеком) відбувається рух кормових компонентів по стінці бункера до його днища.

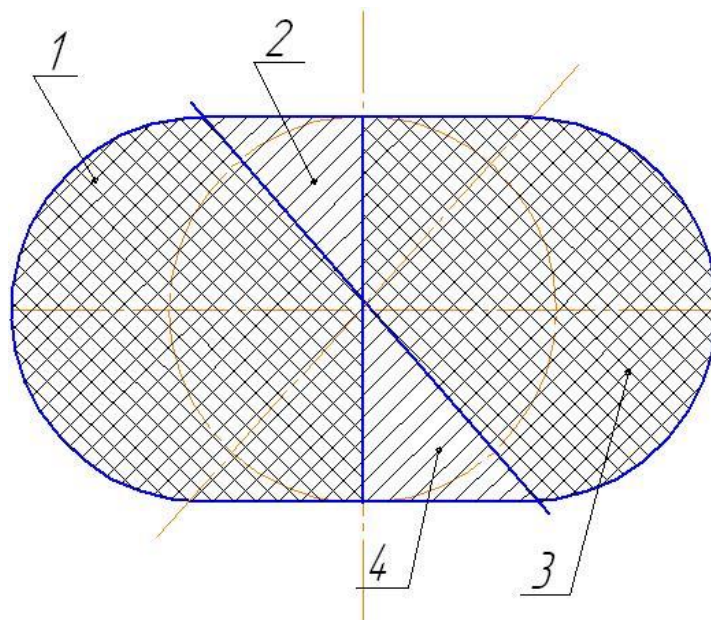


Рис. 1. Робочі зони бункера мобільного комбінованого кормоприготувального агрегату: 2, 4 – зони подрібнення; 1, 3 – зони змішування.

Другий етап характерний інтенсивним розвитком пружно-пластичних деформацій і швидким збільшенням ущільнення компонентів шнеком. За короткий період часу у цьому етапі відбувається перерозподіл вологи між

кормовими компонентами та при досягненні межі текучості продовжується стискання (кормові компоненти потрапляють у зону змішування рис. 1 та поступово переходять у зону подрібнення).

Третій етап забезпечує максимальну деформацію кормових компонентів при різному зусиллі, та формується моноліт в якому переважають пластичні деформації (зона подрібнення, процес подрібнення або доподрібнення).

Четвертий етап характеризується поступовим зняттям зусилля та транспортування кормових компонентів по поверхні шнека у верхню частину бункера. Після зняття зусилля, деформація зменшується з деяким запізненням у часі, це зв'язано із наявністю залишкової пружної післядії.

Для описання процесу приготування кормової суміші для великої рогатої худоби розглянемо модель (рис. 2).

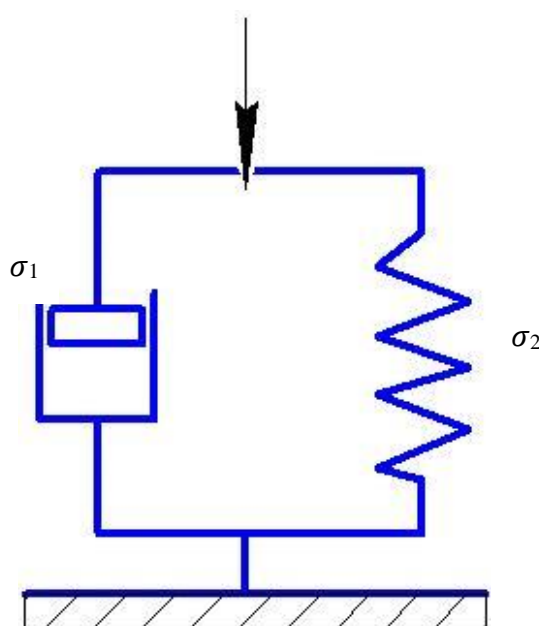


Рис. 2. Реологічна модель кормових компонентів.

Процес деформування протікає відповідно залежності

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$$

Враховуючи, що  $\sigma_1 = \varepsilon \cdot E$ , а  $\sigma_2 = \eta \frac{d\varepsilon}{dt}$ , отримаємо вираз

$$= \varepsilon \cdot E + \eta \frac{d\varepsilon}{dt},$$

Звідси

$$\eta \frac{d\varepsilon}{dt} = \sigma - \varepsilon \cdot E$$

тоді

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{\eta} (\sigma - \varepsilon \cdot E)$$

Виразивши

$$d\varepsilon = \int \frac{1}{\eta} (\sigma - \varepsilon \cdot E) dt$$

Шлях пройдений порцією матеріалу під дією навантаження в процесі приготування кормової суміші становить довжині шнека.

$$\int \frac{d\varepsilon}{S_{\text{дш}}} = \int \frac{1}{\eta} (\sigma - \varepsilon \cdot E) dt$$

де  $S_{\text{дш}}$  – шлях пройдений матеріалом порцією матеріалу під дією навантаження, м.

$$\ln|S| = \frac{1}{\eta} (\sigma - \varepsilon \cdot E)t + \ln|C|$$

де  $C$  – стала інтегрування, яка за початкових умов дорівнює 1.

$$\ln|S| = \frac{1}{\eta} (\sigma - \varepsilon \cdot E)t$$

Час зменшення об'єму кормових компонентів при завантаженні в бункер визначаємо:

$$t = \frac{\eta \ln|S|}{\sigma - \varepsilon \cdot E} = \frac{\ln|S|^\eta}{\sigma - \varepsilon \cdot E}$$

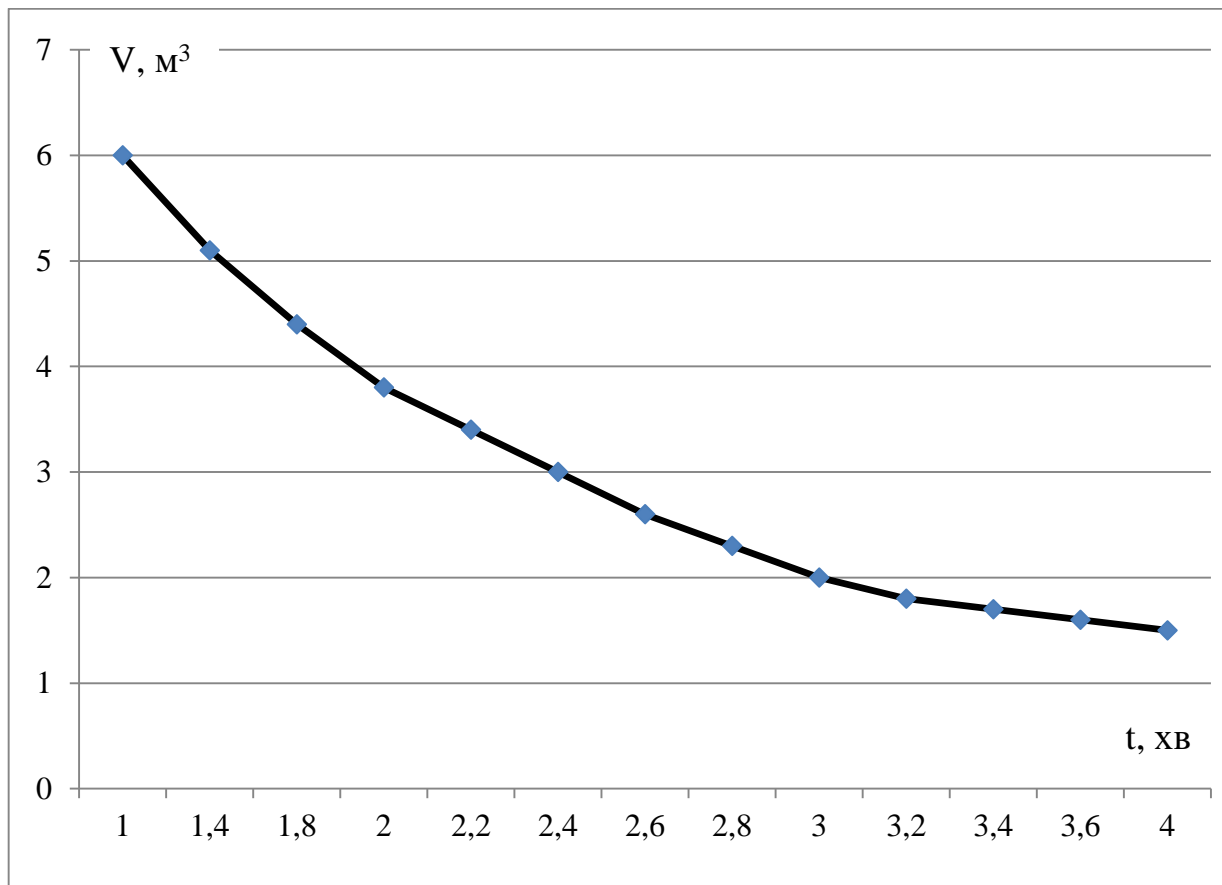


Рис. 3. Зменшення об'єму грубих кормів в бункері, залежно від часу обробки.

Час на зменшення об'єму кормових компонентів завантажених в бункер в значній мірі буде залежати від шляху, який пройде порція кормового матеріалу та від кількості отриманої деформації, яка повторюється.

## ЗАСТОСУВАННЯ НОРМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ НАДІЙНОСТІ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРА

*Болтянська Н. І.*

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

Прес-гранулятори широко використовуються аграріями як інструмент для підготовки кормів та переробки відходів сільського господарства. Основна сфера застосування – виробництво комбінованих гранульованих кормів. З використанням гранулятора аграрії отримують можливість ефективно використовувати виробничі відходи шляхом їх переробки на пресоване біодобриво та паливні гранули (пеллети). Використання ресурсу як головного показника при розрахунку норм витрат прийнято для швидкоспрацьовуваних деталей, ресурс яких не перевищує річного напрацювання устаткування, а питома вага таких деталей становить 15...25 % від усієї номенклатури запасних частин. Визначення витрат запасних частин на основі ресурсів деталей для всієї номенклатури ускладнено впливом експлуатаційних факторів. Високий рівень витрат запасних частин до устаткування тваринництва зумовлений не тільки їх конструктивними та виробничими недоліками, але й недосконалою експлуатацією. Частка експлуатаційних відмов, прямо чи побічно зв'язаних із порушенням установлених правил і умов експлуатації устаткування ферм, становить половину всіх видів відмов [1-3].

При нормальному розподілі випадкова величина теоретично може приймати будь-які значення від  $-\infty$  до  $+\infty$  [4]. Оскільки область від'ємних значень часу не має змісту, можливі значення випадкового часу безвідмовної роботи  $t$  і можуть бути тільки позитивними. Тому кількісні характеристики надійності розглядають тільки при усіченому нормальному розподілі часу до відмови. Усічений нормальний розподіл випадкової величини виходить із нормального при обмеженні інтервалу можливих значень цієї величини.

Щільність нормального розподілу має вид

$$f(t) = \frac{\exp\left[-\frac{(t-t_{cp})^2}{2\sigma^2}\right]}{\sigma(2\pi)^{\frac{1}{2}}} \quad (1)$$

де  $t_{cp}$  і  $\sigma$  - відповідно параметри масштабу і форми нормального розподілу;  
 $t$  - поточне значення часу.

Характерним для нормального розподілу є те, що інтенсивність відмов починається з 0 і зі збільшенням часу дуже зростає. Це означає, що потік відмов не є стаціонарним і має місце старіння елементів. В області малих значень  $t$  старіння елементів несуттєво впливає на надійність, тому ймовірність безвідмовної роботи виробу зменшується незначно. Після тривалої експлуатації

системи, відмови елементів якої мають нормальний розподіл, її надійність швидко знижується, тому ймовірність безвідмовної роботи падає.

Нормальний розподіл застосовується при поступовій зміні параметрів, або у тому випадку, коли частка раптових відмов дуже мала, тобто для виробів, працюючих у сприятливих умовах експлуатації. Він притаманний для опису поступових спрацьовуваних відмов [4].

Точкова оцінка параметрів  $t_{cp}$  і  $\sigma$  визначається

$$t_{cp} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n} \quad (2)$$

$$\sigma = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - t_{cp})^2}{(n-1)^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (3)$$

де  $t_i$  - статистичні дані напрацювань до відмови;  
 $n$  - обсяг вибірки, за якою визначені параметри розподілу.

Коефіцієнт варіації

$$v = \frac{\sigma}{t_{cp}}. \quad (4)$$

Список літератури

1. О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник. Мелітополь: Колор Принт, 2012. 720 с.
2. Болтянська Н.І. Сучасний стан машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2008. Вип. 36. С. 3–7.
3. О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська. Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник. Київ. Видавничий дім «Кондор», 2018. 380 с.
4. О.В. Болтянський, Н.І. Болтянська. Використання різних критеріїв при визначенні кількості запасних частин. Праці Таврійської державної агротехнічної академії: Наукове фахове видання. Вип. 6. Мелітополь: ТДАТА, 2006. С. 3-7.

УДК 621.01

## МЕТОДИ КЕРУВАННЯ НАДІЙНІСТЮ ПОСІВНИХ МАШИН

*Поник П. С.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, розробка і впровадження у виробництво широкозахватних і комбінованих посівних машин



висувають в першу чергу завдання забезпечення необхідного рівня надійності, що мінімізує витрати часу на ремонт та технічне обслуговування.

Специфіка умов роботи посівних машин - ймовірна природа відбування подій, складність, а часом і недоступність отримання інформації про якість робочого процесу, що потребує пошуку і розробки нових методів, систем контролю та регулювання.

Стосовно до посівних комплексів (ПК), надійність може характеризуватись як властивість зберігати протягом певного часу в встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції при заданих режимах, умовах використання, технічного обслуговування, зберігання і транспортування.

У практиці створення і використання ПК відсутні типові, прогресивні форми керування процесом забезпечення відповідного рівня надійності машин. Забезпечення необхідного рівня надійності машин з мінімальними витратами ресурсів можливо лише при наявності досконалих методів керування надійністю, яка є складовою частиною системи забезпечення надійності. Значимість цих методів збільшується з підвищенням вимог до надійності машин, ускладненням техніки, скороченням термінів її створення і зростанням потреби в економії ресурсів.

Методи керування надійністю ПК включають в себе сукупність керуючих органів і об'єктів управління, взаємодіючих за допомогою матеріально-технічних та інформаційних засобів при керуванні надійністю.

Розрізняють такі методи керування надійністю: вимірювальний, реєстраційний, розрахунковий, експертний та соціологічний. При розробці методів керування надійністю визначаються чинники, що забезпечують надійність машин. Визначення факторів надійності машини залежить від її конструктивних і технологічних особливостей. Оцінка надійності зазвичай проводиться в поєднанні декількох методів.

Сучасні методи керування надійністю ПК можна розділити на дві групи: статистичні методи, що засновані на аналізі виникнення відмов елементів машини, і методи, які засновані на дослідженні закономірностей зміни технічного стану елементів машини, що призводить до виникнення відмов.

До першої групи віднесені три методи: метод оцінки надійності на підставі апріорної інформації із застосуванням основних теорем теорії ймовірностей; методи, що засновані на теорії масового обслуговування; метод статистичного моделювання випадкового процесу зміни технічного стану системи.

До другої групи віднесені методи математичного аналізу системи диференціальних рівнянь, що описують процеси зміни технічного стану системи (машини, елемента).

Очевидно, що в кожному конкретному випадку повинен бути встановлений критерій оптимізації і знайдено його оптимальне значення з урахуванням наявних обмежень і рівня керування.

Основною причиною виходу з ладу ПК та їх механізмів (85-90%) є зношеність деталей. Удосконалення конструкції ПК і посилення умов роботи супроводжується підвищенням вимог до якості матеріалів, що

використовуються при виробництві складових частин, а з другої сторони - скорочення витрати матеріалів є однією з найважливіших проблем.

У зв'язку з цим вдосконалення методів керування надійністю ПК з розробкою системи моніторингу якості матеріалів дозволяє збільшити їх ресурс, забезпечити безвідмовність роботи та підвищити техніко-експлуатаційні показники, що на даний час є актуальним завданням.

УДК 631.358:62

## РЕМОНТ ГРУНТОРІЖУЧИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

*Сиволапов В. А., Кулик В. А.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Характерними несправностями лемешів, лап культиваторів, дисків та інших ґрунторіжучих деталей є, головним чином, затуплення леза і збільшення ширини потиличної фаски і кута нахилу її відносно щільного невзрихленого шару ґрунту. Інтенсивність і характер зношування одних і тих же робочих органів залежить від щільності ґрунту, кількості та виду абразивних частинок, що знаходяться в ній, механічних властивостей зрізаних рослин, матеріалу леза, а також напрацювання.

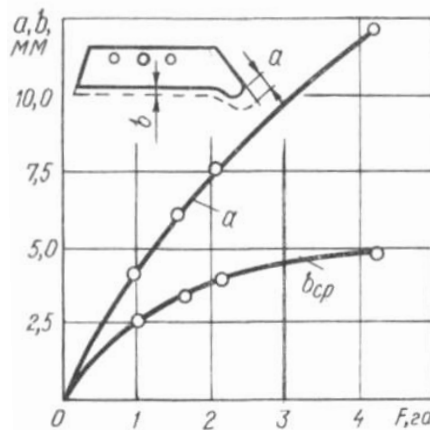


Рис. 1. Графік інтенсивності зносу лемешів на важких ґрунтах:  $a$  – знос носка;  $b_{\text{ср}}$  – знос прямолінійно частини леза (середньої);  $F$  – напрацювання, га.

На рис. 1 відповідно зображена інтенсивність зносу лемеша. Стан лап культиваторів, дискових ґрунторіжучих робочих органів, що виконують одночасно і зріз рослин, оцінюють по товщині леза на відстані 0,5 мм від його вершини (установча висота). Допускається затуплення лез лап і дисків до 1...1,5 мм. Стан робочих органів машин, чутливих до виглиблення (лемешів плугів, ножів плоскорезов і т.п.), оцінюється в основному по ширині потиличної

фаски і лінійними розмірами. Допускається збільшення ширини потиличної фаски до 6...8 мм і нахил її до невзрихленого шару ґрунту до  $10^\circ$  при роботі лемеші на середніх ґрунтах, а при роботі на важких ґрунтах – відповідно до 3...4 мм при куті нахилу її до  $20^\circ$ . Допускається знос лемеша по ширині до 10 мм, носка долотоподібні лемеші до 20 мм щодо нового. Зі збільшенням ширини потиличної фаски збільшується кут її нахилу а до невзрихленому шару ґрунту, а отже, збільшується і виштовхув. сила  $P$ , що діє на леміш за рахунок потрапляння ґрунту в утворився кут (рис. 2). Найбільш інтенсивно збільшується ширина потиличної фаски і її кут нахилу при оранці важких ґрунтів (суглинних). При оранці легких ґрунтів (піщаних) в основному зношується лицьова сторона лемеші, особливо у носка. Кут нахилу потиличної фаски, як правило, не перевищує  $10^\circ$  і тому істотного впливу на стійкість плуга не робить.

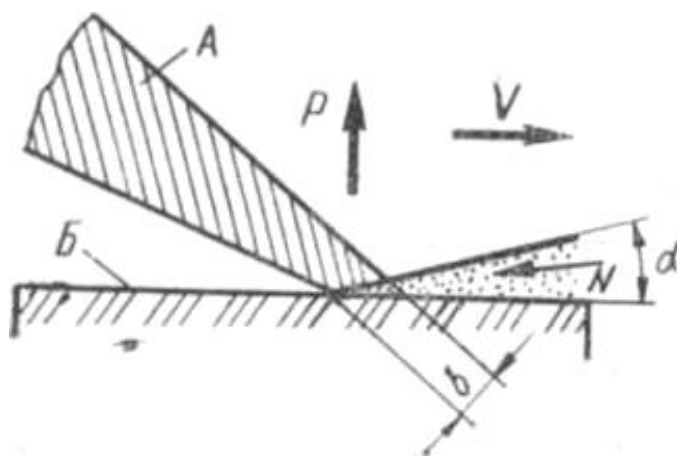


Рис. 2. Схема зношування ножа та схеми дії сил на леміш: А – лезо лемеша; Б – невпушений шар ґрунту; В – ширина потиличної фаски; N – сила дії впушеного ґрунту;  $\alpha$  – кут нахилу потиличної фаски; P – виштовхув. сила; V – напрямок руху.

Підлягають відновленню лемеші, у яких ширина потиличної фаски вийшла з допустимого значення і його ширина зменшилася більш ніж на 10 мм (трапецеїдальних, а в долотоподібні - зменшилася довжина носка на 20...25 мм). Знос ґрунторіжучих робочих органів перевіряють штангенциркулями і відповідними шаблонами.

У практиці застосовують різні способи відновлення ґрунторіжучих робочих органів. Нижче наводяться найбільш поширені з них.

Відновлення різального леза наплавленням твердих сплавів. Цей спосіб дозволяє значно підвищити зносостійкість леза; воно стає самозагострювальне, завдяки чому термін його служби збільшується в 6...8 разів у порівнянні з ненаплавленим (загартованим). Тверді сплави «Сормайт-1», «Сормайт-2», В2К, ВЗК і інші у вигляді стрижнів діаметром 4...7 або порошкоподібні (шихта: НП, НПР) сталініт, вокар, ВИСХОМ-9 та інші наплавляють на більш м'який несучий шар деталі.

Несучий шар ґрунторіжучих робочих органів виготовляють з незагартованих відносно міцних сталей марок 50, 65Г, Л-53, Л-65 з межею

міцності  $\sigma_v$  - 700...800 МПа, твердість яких не перевищує НВ 300. Вони відносно добре піддаються гарячому куванню і механічній обробці твердосплавним ріжучим інструментом. Ці сталі забезпечують міцність несучого шару, в той час як наплавлений твердий сплав (ріжучий шар) має порівняно низьку міцність, але високу зносостійкість (твердість наплавленого шару НВ 750...780). Така будова леза з великим розходженням зносостійкості несучого і ріжучого шарів забезпечує самозагострювання (збереження оптимального профілю леза) ґрунторіжучих робочих органів за рахунок прискореного зношування несучого шару і уповільненого зношування ріжучого шару. Самозагострювання леза забезпечується при співвідношенні товщини несучого шару, щодо ріжучого в межах 1: 1,2. Якщо це співвідношення буде менше, то несучий шар зноситься швидше, ніж ріжучий, і оголений ріжучий шар (твердий сплав) буде кришитися. При більшому співвідношенні товщини несучого і ріжучого шарів швидше зноситься ріжучий шар, раніше затупиться лезо, з'явиться потилична фаска і т. д. Ґрунторіжучі робочі органи, які обробляють важкі ґрунти (глинисті), наплавляють з тильного боку вздовж леза тонким шаром 1,5...2 мм шириною 12...25 мм, а які обробляють легкі (супіщані) ґрунти - наплавляють з лицьового боку, так як при обробці супіщаних ґрунтів лицьова сторона леза швидше зношується: кут нахилу потиличної фаски, як правило, не перевищує  $10^\circ$  при фактично незмінній її ширині.

Перед наплавленням леза роблять правку деталі в холодну або з місцевим нагріванням її в горні (полум'яних або електричних печах типу СТЗ та СТО) до температури 830...850°C (світло-червоний колір). Після правки деталь нагрівають до температури 1000...1200 °C (оранжево-світло-жовтий колір) і відтягують канавку з боку леза під наплавку твердого шару. Відтяжку канавки роблять спеціальними бойками, що створюють необхідний їй профіль на пневматичних молотах типу М 1410 або вручну на ковадлі.

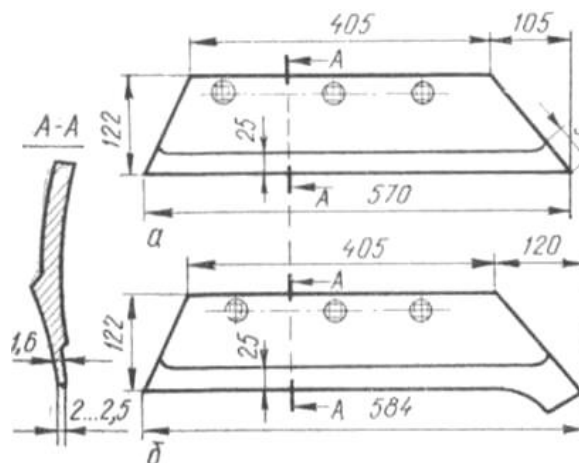


Рис. 3. Підготовка лемешів до наплавлення: а – з прямим лезом: б – з долотоподібні лезом.

Ковальський спосіб виготовлення канавки можна замінити фрезеруванням на фрезерних верстатах 6Н80Ш дисковою фрезою з пластинами твердого сплаву Т15К6 при швидкості різання 30...40 м / хв і подачі 0,10...0,15 мм / зуб. Ширина

канавки під наплавку повинні бути дорівнює різниці нормальної і граничної ширини деталі (лемеші, пера лапи культиватора, ножа плоскоріза і т. п. глибиною 0,3...2 мм в залежності від товщини леза, тобто глибина канавки повинна бути такою, щоб відношення товщини несучого шару леза до ріжучого було в межах 1: 1,2. На рис. 2 і 3 показані розміри розфасовки леза лемеша і лапи культиватора під наплавку. Підготовка місць під наплавку в деталях типу дисків полягає у виправленні геометричної форми леза способом заточування їх до товщини 0,5...0,7 мм під кутом  $33^\circ$  на токарно-гвинторізних або копіювально-заточувальних верстатах.

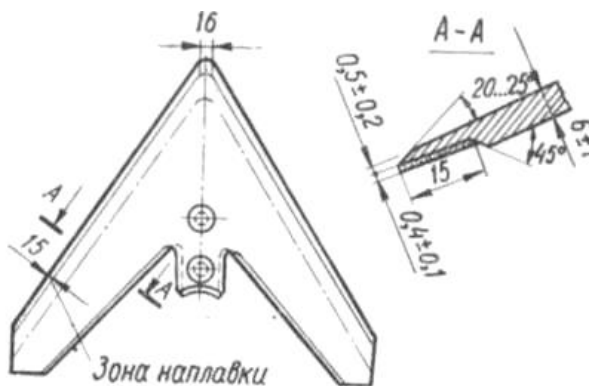


Рис. 4. Підготовка лап культиватора до наплавки.

У сферичних дисках заточку леза ведуть з опуклою боку. Перед заточкою леза погнуті диски правлять вручну слюсарним молотком на плиті: ослаблені заклепки обжимають за допомогою пневматичного молотка і обжимок, а негодні замінюють новими. При зносі квадратні отвори в дисках луцильників (борін) відновлюють приварюванням електродуговим зварюванням електродом Е-42 накладки з квадратним отвором, попередньо поєднавши вісь накладки з віссю отвору в диску. Накладки виготовляють ковальським способом з вилучених дисків. Щоб не допустити відпуску леза при приварці накладки, лезо рясно охолоджують мокрою ганчіркою або глиною.

УДК 631.171.075.4

## **ЗАСТОСУВАННЯ ЛОГАРИФМІЧНО НОРМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ НАДІЙНОСТІ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРА**

***Болтянська Н. І.***

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

Особливість функціонального призначення та експлуатації засобів механізації у тваринництві полягає у забезпеченні безперервності біотехнічного

зв'язку: оператор — машина — тварина — навколишнє середовище. Це є можливим лише за умов постійного підтримання вказаних засобів у працездатному стані, за якого коефіцієнт готовності кожної одиниці повинен бути на рівні 0,95–0,98. Високий рівень готовності є досяжним за умови своєчасного та належного виконання комплексу робіт із технічного обслуговування і ремонту цих засобів. Шоста частина фактичних витрат запасних частин обумовлена виробничими причинами. Недостатньо високий рівень експлуатації та низька якість ремонту машин залишаються основними причинами підвищених витрат запасних частин. Встановлено, що недостатнє забезпечення окремих споживачів запасними частинами, викликане не стільки фактичними витратами, скільки проблемами в плануванні і їхньому розподіленні. Через відсутність прийнятних науково обґрунтованих методичних матеріалів, надто бідної й розрізної інформації про фактичні ресурси та доцільну рівномірність розподілу ресурсів елементів тваринницької техніки в умовах рядової експлуатації номенклатура й норми витрат запасних частин на практиці встановлюються, як правило, на основі інженерної інтуїції працівників конструкторських організацій та досвіду фахівців ремонтних підприємств [1-3].

У теорії надійності відомо декілька десятків розподілів, за допомогою яких можливо описувати експериментальні дані відмов. Розглянемо логарифмічно нормальний (LN) розподіл, який має досить прості вирази для своїх характеристик унаслідок зведення його до широко табульованої функції нормованого нормального розподілу.

Час безвідмовної роботи підпорядковується логарифмічно нормальному закону, якщо розподіл натурального логарифма часу безвідмовної роботи відповідає нормальному закону. Зазначені властивості, а також велика розкиданість і асиметричність розподілу стали підставою для залучення LN-розподілу як теоретичної моделі відмов при утомленості. Він застосовується для спрацьовуваних відмов, а також при дослідженні надійності напівпровідникових приладів. Крім того, результати прискорених випробувань деяких видів виробів можуть бути задовільно апроксимовані LN-розподілом [4].

Щільність ймовірності логарифмічно нормального розподілу визначається виразом

$$f(t) = \frac{\exp\left[-\frac{\ln(1-\mu)^2}{2\sigma_{\ln}^2}\right]}{\left[t\sigma_{\ln}(2\pi)^{\frac{1}{2}}\right]} \quad (1)$$

де  $\mu$ ,  $\sigma_{\ln}$  - відповідно параметри масштабу і форми логарифмічно нормального розподілу.

LN-розподіл має одну моду при  $t = \exp(\mu - \sigma_{\ln}^2)$  і медіану при  $t = \exp(\mu)$ , а також позитивну асиметрію. Інтенсивність відмов має немонотонний характер із спаданням на кінці розподілу. LN-розподіл можна іноді помилково прийняти за експоненціальний.

Якщо випадкові величини  $t_1$  і  $t_2$  незалежні й розподілені за LN-розподілом, то їхній добуток  $t_3 = t_1 \cdot t_2$  також має LN-розподіл.

Максимально правдоподібні оцінки параметрів у випадку повної вибірки

розраховують за формулами:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \ln t_i}{n} \quad (2)$$

$$\sigma_{\ln} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Список літератури

1. О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник. Мелітополь: Колор Принт, 2012. 720 с.
2. Болтянська Н.І. Сучасний стан машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2008. Вип. 36. С. 3–7.
3. О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська. Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник. Київ. Видавничий дім «Кондор», 2018. 380 с.
4. О.В. Болтянський, Н.І. Болтянська. Використання різних критеріїв при визначенні кількості запасних частин. Праці Таврійської державної агротехнічної академії: Наукове фахове видання. Вип. 36. Мелітополь: ТДАТА, 2006. С. 3-7.

УДК 631.171.075.4

## КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЕКОНОМІЧНОГО АНАЛІЗУ НАДІЙНОСТІ ТЕХНІКИ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА

**Болтянська Н. І.**

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

Ефективність використання потенційної надійності виробу, закладеної на етапах проектування і виробництва, головним чином залежить від системи обслуговування і ремонту техніки і якості їх проведення. Для повної реалізації потенційної надійності машини необхідно, щоб система технічного обслуговування і ремонту, а також міжремонтні ресурси і термін служби машини були науково обґрунтованими [1, 2]. З точки зору надійності необхідно підвищувати безвідмовність і коефіцієнт готовності машин і устаткування, що є важливою, актуальною задачею в даний час. Основними кількісними показниками для економічного аналізу надійності машин є: вартість заходів по підвищенню надійності  $\Delta E_1$ ; економічний ефект від підвищення надійності  $\Delta E_2$ ; термін окупності заходів з підвищення надійності  $\eta$  [3].

Перший показник визначається за формулою:



$$\Delta E_1 = \Delta E_0 \left( \frac{\lambda_0}{\lambda_n} \right)^\alpha, \quad (1)$$

де  $\Delta E_0$  - вартість витрат по забезпеченню надійності старого блоку з інтенсивністю відмов  $\lambda_0$ ;

$\lambda_1$  - інтенсивність відмов блоку з підвищеним рівнем надійності ( $\lambda_0 > \lambda_n$ );

$\alpha = / 0,5 \dots 1,5 /$  - коефіцієнт, що залежить від якості виготовлення блоку.

При експоненціальному законі розподілу відмов маємо

$$\Delta E_1 = \Delta E_0 \left( \frac{\ln P_0(t)}{\ln P_n(t)} \right)^\alpha, \quad (2)$$

де  $P_0(t)$  и  $P_n(t)$  – відповідно ймовірності безвідмовної роботи старого і нового блоків.

Економічний ефект від підвищення надійності обчислюється за такою формулою

$$\Delta E_2(t) = (e^{-\lambda_0 t} - e^{-\lambda_n t}) A \cdot z \quad (3)$$

де  $A$  - річний випуск блоків;

$z$  - собівартість одного блоку;

$t$  - час, що минув з моменту підвищення надійності.

Якщо підвищення рівня надійності збільшує собівартість блоку від величини  $z_0$  до  $z_n$  ( $z_n > z_0$ ), то

$$\Delta E_2(t) = (e^{-\lambda_0 t} - J \cdot e^{-\lambda_n t}) A \cdot z_n \quad (4)$$

де  $J_z = \frac{z_n}{z_0} > 1$  - індекс собівартості одиниці нового варіанту блоку в порівнянні зі старим [10].

Термін окупності  $\eta$  заходів щодо підвищення надійності визначається за формулою

$$\eta = \frac{\ln J_z}{\lambda_0 - \lambda_n} \quad (5)$$

Показник  $\eta$  не повинен бути занадто великий, тому що економічний ефект  $\Delta E_2$  може бути не реалізований.

Тому приймають, що термін окупності не повинен перевищувати половину середнього часу безвідмовної роботи старого варіанту машини, тобто

$$\eta \leq 0.5 \cdot T_{cp}^0 = \frac{1}{2} \lambda_0 \quad (6)$$

В такому випадку умова економічної доцільності проведення робіт по підвищенню рівня надійності машин набуде вигляду

$$\frac{\lambda_0 - \lambda_n}{2\lambda_0} \geq \ln \frac{z_n}{z_0} \quad (7)$$

Експлуатаційні витрати з підвищенням надійності зменшуються за залежністю:

$$C_e(t) = R_n \frac{T_p}{t} [-\ln P_n(t)], \quad (8)$$

де  $R_n$  - середня вартість однієї відмови нової машини;

$T_p$  - середній ресурс нової машини.

Список літератури

1. О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська. Механізація технологічних процесів у

тваринництві: навч. посібник. Мелітополь: Колор Принт, 2012. 720 с.

2. Болтянська Н.І. Сучасний стан машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2008. Вип. 36. С. 3–7.

3. О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська. Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник. Київ. Видавничий дім «Кондор», 2018. 380 с.

4. О.В. Болтянський, Н.І. Болтянська. Використання різних критеріїв при визначенні кількості запасних частин. Праці Таврійської державної агротехнічної академії: Наукове фахове видання. Вип. 36. Мелітополь: ТДАТА, 2006. С. 3-7.

УДК 631.171

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

***Болтянська Н. І., Болтянський О. В.***

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

Одним з найважливіших розділів складної і багатогранної проблеми підвищення якості продукції є його оцінка. Пояснюється це тим, що не можна ефективно працювати над підвищенням якості не маючи науково-обґрунтованих методів формування і розрахунку його показників. Актуальність проблеми оцінки якості продукції в машинобудуванні обумовлюється тим, що до теперішнього часу складові надійності – безвідмовність і довговічність, рівень яких для цих виробів є основним при оцінці їх якості, не мають задовільних методів розрахунку за винятком використання статистики відмов виробів [1]. Основою для економічної оцінки і встановлення оптимальних термінів служби машин, що кількісно виражають їх довговічність є дані про зміну поточних і капітальних витрат при використанні техніки через фізичний і моральний знос. Економічні наслідки цього у загальних рисах вивчені, проте практично відсутнє теоретичне обґрунтування залежностей зміни витрат в часі, конкретний вид цих функцій, недостатня диференціація цих витрат по статтях калькуляції [2,3].

Забезпечення надійності машин - проблема комплексна. Ефективність використання потенційної надійності виробу, закладеної на етапах проектування і виробництва, головним чином залежить від системи обслуговування і ремонту техніки і якості їх проведення. Для повної реалізації потенційної надійності машини необхідно, щоб система технічного обслуговування і ремонту, а також міжремонтні ресурси і термін служби машини були науково обґрунтованими. Це дозволить підвищити експлуатаційну надійність машин, а, отже, їх продуктивність і поліпшити всі економічні показники роботи без використання

додаткових капітальних вкладень і значного збільшення оборотних коштів. Аналіз різних критеріїв оцінки економічної ефективності показує, що найбільш прийнятним з них для оцінки заходів щодо підвищення якості і надійності машин, є критерій мінімуму приведених сумарних витрат на виробництво і експлуатацію техніки. Це тим більше справедливо для оцінки надійності техніки заданої конструкції і в умовах експлуатації.

У різних галузях народного господарства до вирішення цієї задачі підходять з урахуванням особливостей використання машин. Так для сільськогосподарської техніки такою особливістю є сумісний облік трактора і робочої машини (плуга, сівалки і т. д.). Керування надійністю техніки в експлуатації припускає розробку системи технічного обслуговування і ремонту з оптимальним доремонтним і міжремонтними ресурсами машин. Всі ці системи можна класифікувати на три напрями: ремонт по відмові; планово-запобіжна система ремонту і ремонт по стану, які найчастіше застосовуються в поєднанні один з одним. Аналіз існуючих систем ремонту показує, що при їх розробці в різних галузях часто не відбивається роздільний облік витрат на поточний, капітальний ремонт і усунення відмов, не враховується різночасність витрат, а найголовніше процес використання машин розглядається як некерований, тоді як в реальності всі ці витрати є неубутними функціями часу [3,4]. Проведений аналіз показує, що річне напрацювання машин і їх експлуатаційна надійність залежать, в основному, від умов і рівня їх використання і обслуговування, які включають: якість виконання операцій технічного обслуговування і ремонту, кваліфікацію обслуговуючого персоналу, стан виробничої бази, природно-кліматичні умови. Для повної реалізації потенційної надійності машини необхідно, щоб система технічного обслуговування і ремонту, а також міжремонтні ресурси і термін служби машини були науково обґрунтованими. Це дозволить підвищити експлуатаційну надійність машин, а, отже, їх продуктивність і поліпшити всі економічні показники роботи без використання додаткових капітальних вкладень і значного збільшення оборотних коштів.

#### Список літератури

1. Болтянська Н.І. Сучасний стан машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2008. Вип. 36. С. 3–7.
2. Болтянська Н.І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування. Науковий вісник національного університету біоресурсів та природокористування. Серія „Техніка та енергетика АПК“. 2014. Вип.196, ч.1. С. 239-245.
3. Болтянська Н.І. Роль технічного сервісу при забезпеченні високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 3. Т.1, С. 103-110.
4. Болтянська Н.І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва шляхом підвищення рівня надійності техніки. Науковий вісник НУБіП України. Серія „Техніка та енергетика АПК“. 2018. Вип.282, ч.1. С. 181-192.

## ВІДНОВЛЕННЯ ГРУНТООБРОБНИХ ДЕТАЛЕЙ КОВАЛЬСЬКИМ СПОСОБОМ

Сиволапов В. А., Рахлій М. О.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Цим способом відновлюють ґрунторіжучі деталі, у яких є запас металу для відтягнення, а товщина леза і лінійні розміри вийшли з допустимих меж. До цих деталей відносяться лемеші, лапи культиваторів, зуби борін, лемеші і долота плоскорізів і т.п.

Перед відтягненням деталь нагрівають в ковальському горні (леміш - про допомогою Т-подібної трубчастої насадки з отворами 3...4 мм) або в нагрівальних печах, спочатку повільно до температури 580... 600°C (коричнево-червоний колір), а потім швидко до температури 950...1200°C (оранжево-ясно-жовтий колір). Починають відтягнення при температурі 950...1200°C і закінчують при температурі 800°C (світловишнево-червоний колір) на пневматичному молоті профільним бойком або кувалдою, переміщаючи метал до зношених місць (в лемешах відтягнення слід починати з носка). Швидкий нагрів до температури 600°C і кування нижче температури 800° С призведе до появи тріщин на лезі.

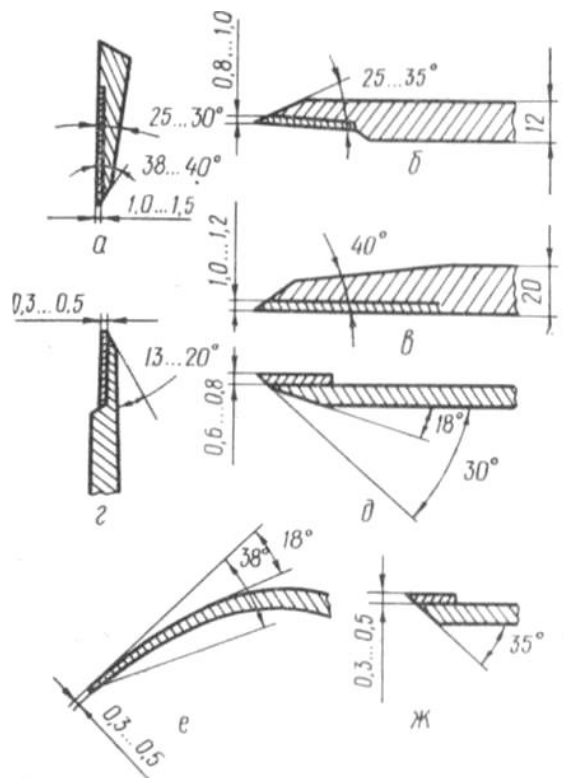


Рис. 1. Геометрія заточування лез: а – лемеші плуга; б – лемеші плоскоріза; в – долота плоскоріза; г – лап культиватора; д – диска важкої борони; е – диска луцильника; ж – фрези ґрунтообробної.

Розміри і форму відтягнутою деталі перевіряють відповідними шаблонами і порівнюють з технічними умовами на відновлення даної деталі. Відтягнуті деталі заточують до розмірів, зазначених на рис. 1. Після заточки ґрунторіжучі деталі, виготовлені зі сталі марок Л-53, Л-65, БСт. 5 і БСт. 6, нагрівають до температури 780...820 °С, гартують в 10% -ному водному розчині кухонної солі, підігрітому до температури 30...40°C; час охолодження 3 ... 6 с в залежності від маси деталі. Потім деталь відпускають при температурі 320...350°C з метою зменшення крихкості леза.

Деталі, виготовлені з сталей марок 65Г, 70Г, гартують при температурі 820... 840°C (світлочервоний колір) в маслі і відпускають при температурі 400°С. Перед загартуванням нагрівають тільки ріжучу частину деталі (лемеші на 1/3 їх ширини, лапи культиваторів, а 20...25 мм ширини пера, зуби борін – на 35...40 мм від носка і т.д.), занурюють в охолоджуючу рідину стороною, протилежної лезу (де більше маса) з метою запобігання тріщин на лезі. Твердість загартованого леза повинна бути в межах НВ 435...649; твердість незагартованої частини деталі не повинна перевищувати НВ 285...305. При твердості леза НВ 435...649 напилок буде ковзати по ньому при спробі взяття стружки.

Відновлення ґрунтообробних деталей способом постановки нової частини деталі. Після неодноразового відтягнення (повного використання запасу матеріалу) значну частину ґрунторіжучих деталей можна відновити до нормальних розмірів способом приварювання до її остову заздалегідь заготовленої ріжучої частини. Матеріал заготовки ріжучої частини за механічними властивостями не повинен бути нижче матеріалу деталі. Для заготівлі леза використовують вилучені листи ресор, лемеші, лапи культиватора, диски лушпильників і т.д. Остов деталі виготовляють способом обрізки зношеного леза за допомогою гільйотинних ножиць або на пресах з відрубними штампами. Перед викрійкою заготовки остова і леза відповідних розмірів і форми вихідний матеріал (при необхідності) відпалюють при температурі 750 ... 800 °С. Викрійку заготовок можна виконати ацетилено-кисневої різкою. Потім на зварюваних торцях заготовок з обох сторін знімають фаски під кутом 45 ° на глибину 1/3 товщини заготовки. Цю операцію можна виконати на копіювально-заточному верстаті типу ЕМ624 або на фрезерному верстаті моделі 6Н82Ш. Приварюють лезо до остову деталі встик двостороннім швом напівавтоматичним зварюванням під шаром флюсу або зварюванням в середовищі вуглекислого газу зі швидкістю 0,7...0,8 м/хв універсальним півавтоматом А-103БМ дротом Св-08Г2С діаметром 2 мм.

В умовах майстерень загального призначення зварювальну операцію можна виконати ручним електродуговим зварюванням електродами типу Е-42. Після зварювання шов проковують, зачищають врівень, надають деталі необхідну форму вручну ковальським способом або на пресі типу ОКС 1671, після чого лезо наплавляють твердим сплавом, а потім заточують. Диски, лапи і другі деталі, що не наплавляються твердим сплавом, але піддавалися відпалу і правці, піддають термічній обробці. Після термічної обробки лезо заточують.

Ресурс наплавлених ґрунтово-стеблеріжучих робочих органів твердими сплавами (порошковим дротом) в 4...5 разів більше ресурсу ненаплавлених

(серійних). Завдяки цьому підвищується продуктивність праці в середньому на 10...15% за рахунок скорочення простоїв агрегатів для заміни робочих органів.

УДК 631.3

## **ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ**

***Новицький А. В., Хмельовська С. З., Радько І. О.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Корпусні деталі – це деталі які є основною оболонкою механізмів, приладів, різноманітних агрегатів. Основне призначення корпусів – це утримання деталей і складальних одиниць в заданому взаємному розташуванні агрегатів [1]. Корпусні деталі бувають простої або складної форми, це залежить від кількості отворів на корпусі та співвідношенні отворів під підшипники та осі шестерень.

Основний матеріал який використовують для виробництва корпусів деталей є, переважно, сірий чавун та ковкий чавун, а також алюмінієві сплави.

Корпусні деталі тракторів, автомобілів, комбайнів і сільськогосподарських машин являють собою деталі коробчастої форми з привальними площинами під кришки. Точність форми корпусних деталей характеризується в основному відхиленнями від циліндричності отворів і відхиленням від площинності площин.

Корпуси являють собою сукупність оброблених вільних поверхонь. Всі оброблені поверхні в корпусних деталях за формою поділяються на три основні групи: плоскі, внутрішні циліндричні гладкі і внутрішні різьбові поверхні.

Перша група, або ж плоскі поверхні призначені для приєднання агрегату до інших вузлів або ж агрегатів.

Друга група поверхонь найбільш чисельна і різноманітна – це посадочні отвори під підшипники і стакани підшипників, посадочні отвори під вісі шестерень, установчі отвори тощо.

Робота відремонтованих агрегатів значною мірою визначається точністю корпусних деталей – нових або ж відновлених. Зміна номінальних розмірів отворів чавунних корпусних деталей є результатом комплексної дії деформації і зносу, причому переважаючий вплив зносу або деформації залежить від конкретних умов.

В результаті зносу посадочних отворів порушується паралельність валів, наслідком чого є прискорений знос шестерень, а іноді поломки інших деталей і навіть корпусу.

Відносно неправильної механічної обробки корпусів встановлено, що через відсутність в корпусах установчих базових отворів, або через відсутність

на заводах відповідного технічного оснащення виконується неправильне базування на верстатах. В результаті вказаного недоліку порушується правильне розташування робочих поверхонь корпусних деталей, а це призводить до зменшення ресурсу.

Список літератури

1. *Новицький А. В., Карабиньох С. С., Ружило З. В.* Організація сервісного виробництва. Київ. НУБіПУ, 2017. 221 с.

УДК 631.3.001

**ЛАЗЕРНИЙ ДОПЛЕРІВСЬКИЙ АНЕМОМЕТР – ДЛЯ ДЕФЕКТУВАННЯ ФІЛЬТРІВ ПАЛИВА**

*Троц А. А., Засулько А. А., Хмельовська С. З.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Розвиток науково-технічного прогресу вказує на те, що оптична діагностика двофазних середовищ, бурхливо розвивається, використовує лазерні доплерівські анемометри з диференціальною схемою (ЛДА) і лазерні решітчасті анемометри (ЛРА). Різниця між ними полягає в тому, що просторова решітка – модулятор в першому приладі формується за рахунок інтерференції двох когерентних пучків лазера в потоці, а в другому – або проектується в потік оптичною системою, або створюється на фотоприймачі розсіяного світла. Звідси випливає, що ЛРА не вимагає когерентного джерела світла і тому відповідний прилад більш простий по оптичній схемі.

Для одно- і двофазних середовищ при вимірюванні швидкості несучої фази необхідно вводити потік світлорозсіювальних часток. З цією метою створюються спеціальні генератори. Розроблена система для визначення сторонніх включень у потоці рідини і представлена 3Dмодель розробки, за основу було взято існуючу систему BV520 для подальшого покращення приладу. Представлена система виявляє рідинообіг з середньою швидкістю і визначає стан потоку палива при частоті 7,5 МГц. Вона також виявляє швидкість потоку у трубопроводах. Робоча температура становить 10 - 40 °С, екран дисплея має світлодіод з роздільною здатністю 20bit, доплерівська частота від 100 до 7000 Гц. Вихідні характеристики 9 В і 1000 мА, акумулятор продукту – 7,4 В / 900 мАгод. (літєвий акумулятор). За допомогою системи можна визначити середню швидкість потоку, виявити стан фільтра палива, її можна використовувати для діагностики фільтрів палива, допомагає фахівцю перевірити стан фільтру та прогнозувати результат діагностики.

З метою оптимізації конструкції запропоновано додання нової насадки на якій через одну розташовані акустичні та оптичні давачі, які закріплені на конусоподібній манжеті, і працюють послідовно по-черзі, що дозволяє



отримувати інформацію з різних точок одного потоку та завдяки багатоканальності отримувати вибірку декількох давачів. Це також дозволяє найбільш точно визначати об'ємну швидкість потоку палива, завдяки використанню лазерних давачів отримувати більш повне представлення про розмір стороннього включення забруднень.

Проаналізовані лазерні системи з волоконними світловодами успішно вирішують задачу вимірювання швидкостей в оптичних непрозорих середовищах типу палива. Ефект вимірювання швидкості в оптично непрозорому потоці досягається шляхом приміщення світловода (або пучка світловодів) в задану малу локальну область потоку. При цьому інформація про швидкість руху частинок береться з простору в безпосередній близькості від торця світловода. З огляду на досить високу ступінь когерентності лазерного пучка, що пройшов волоконний світловод, можна припустити, що всі основні схеми ЛДВШ можуть бути реалізовані з волоконними світловодами.

УДК 633.521:631.358:62-192

## **ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

*Лімонт А. С.*

*Житомирський агротехнічний коледж*

Високопродуктивне використання льонозбиральних комбайнів можливе за умови забезпечення належної їх технологічної надійності. Досліджено вплив тривалості щозмінного технічного обслуговування льонозбиральних комбайнів на їх технологічну надійність. Вплив тривалості щозмінного технічного обслуговування льонозбиральних комбайнів на оцінні показники їх технологічної надійності з'ясовано на підставі дисперсійного аналізу експериментальних даних, а напрям з'ясованого впливу – за допомогою кореляційно-регресійного аналізу. За оцінні показники технологічної надійності льонозбиральних комбайнів прийняті коефіцієнт технологічної надійності цих машин, наробіток на технологічні відмови впродовж зміни роботи комбайнів та число відмов за годину змінного часу використання машин. Характер і кількісну зміну досліджуваних оцінних показників технологічної надійності комбайнів залежно від тривалості їх щозмінного технічного обслуговування визначали шляхом апроксимації експериментальних даних низкою передбачуваних прогностичних функцій і їх співставлення за  $R^2$ -коефіцієнтом.

Значущість впливу тривалості щозмінного технічного обслуговування комбайнів на коефіцієнт технологічної надійності цих машин та наробіток на технологічні відмови впродовж зміни їх роботи і число відмов за годину змінного часу використання доведена з ймовірністю відповідно 0,90 та 0,95 і

0,75. На цих рівнях ймовірності при визначених числах ступенів вільності більших і менших дисперсій табличні  $F$ -критерії становили в тій же послідовності 2,22 та 3,01 і 2,00 за розрахункових відповідно 2,65 та 4,72 і 2,23. За значеннями коефіцієнтів кореляції між досліджуваними ознаками збільшення тривалості щозмінного технічного обслуговування комбайнів сприяло підвищенню їхнього коефіцієнта технологічної надійності та збільшенню наробітку на технологічні відмови впродовж зміни і зменшенню їх числа за годину змінного часу використання комбайнів. Вирівнювання експериментальних значень результативних ознак залежно від факторіальної за низкою апроксимуючих функцій показало на краще узгодження експериментальних значень коефіцієнта технологічної надійності льонозбиральних комбайнів і наробітку на технологічні відмови впродовж зміни їх роботи за прямолінійними залежностями з додатними кутовими коефіцієнтами, а числа відмов за годину змінного часу використання комбайнів за спадною експоненціальною функцією.

З'ясовані залежності варто враховувати при опрацюванні нормативно-технічної документації на технічне обслуговування перспективних моделей і зразків льонозбиральних комбайнів та організації використання сучасних марок цих машин.

УДК 662.113/81:662.8.055

## **АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ БІОМАСИ ШНЕКОВИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ**

***Єременко О. І., Зубок Т. О., Василенков В. Є.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Теоретичний опис руху біомаси при формуванні паливних брикетів шнековим робочим органом є аналітичним підґрунтям для визначення раціональних параметрів брикетного преса. При розрахунку і конструюванні машин необхідно розглядати деформацію сировинної біомаси з урахуванням її фізико-механічних і реологічних її властивостей, а також взаємодії зі шнековим механізмом у процесі утворення брикетів

Вторинна біомаса для виготовлення паливних брикетів є двокомпонентною дисперсною системою, що включає дві складові: тверду з заданою вологістю і газоподібну. Механічні властивості дисперсної біомаси обумовлюються тим, що рослинні частинки по ділянках розділені прошарком повітря і через ці прошарки діють сили молекулярного притягання. Ці сили і визначають міцність дисперсної біомаси у брикетах, проте їх міцність суттєво знижена у порівнянні з міцністю зчеплення самих частинок. В залежності від щільності дисперсної речовини змінюються і механічні властивості паливної

біомаси. Так, при зміні дисперсної речовини, наприклад, при зменшенні прошарку повітряного середовища молекулярні притягання частинок (тобто зчеплення) збільшуються, що веде до ослаблення молекулярних сил зчеплення по ділянках, а виходить, і до зменшення потрібної енергії на деформацію у вигляді інтенсивного ущільнення та виготовлення брикетів.

Енергія шнекового пресування витрачається не тільки на подолання молекулярних сил зчеплення по ділянках, але і на орієнтацію частинок по поверхнях дії максимальних напруг зрушення. Крім того, при в'язко-пружній деформації сировинної біомаси, паралельно процесам руйнування шляхом зсуву, що супроводжується внутрішнім тертям окремих видів зв'язку системи, йде процес виникнення нових зв'язків. Тому строго розділити ці сили на сили тертя і сили зчеплення не уявляється можливим.

Процес ущільнення біомаси шнековим механізмом до стану моноліту відбувається у три етапи. На першому етапі в момент надходження сировини в робочу зону шнека виникають напруги, що призводять до деформації біомаси, причому приріст деформації не пропорційний приросту напруги, що говорить про нелінійний характер протікання процесу даної системи. При умові зняття навантаження в деякому діапазоні спостерігається відновлення деформацій. На другому етапі зростаюче навантаження призводить до критичної комбінації напруг, при якій встановлюється гранична рівновага між внутрішніми силами опору біомаси і зовнішнім навантаженням, що називається граничним напруженим станом. На третьому етапі подальше, навіть незначне, збільшення навантаження призводить до розвитку пластичних деформацій.

Результати проведених досліджень [1, 2] фізичного явища переміщення сировинної біомаси у процесі ущільнення шнековим робочим органом брикетного преса є підґрунтям для розробки декількох методик розрахунку техніко-технологічних параметрів процесу. Дані розрахункові роботи ґрунтуються на наступних положеннях:

- силовий аналіз шнекового механізму брикетного преса;
- теорії подоби.

В основу розроблення методики [1] покладено взаємодії виникаючих сил зі шнековим робочим органом брикетної машини. Розглядається рух сировинної біомаси як фізичного тіла з пружно-пластичними властивостями і на яке діють певні сили з боку шнека та стінок робочої камери.

Методика [2], заснована на теорії подоби, припускає застосування експериментального і теоретичного методів визначення загальних закономірностей протікання процесу шнекового брикетування. Приведені приклади теорії подоби при розрахунку брикетних машин, однак прийняті допущення і виключення, а також неврахування другорядних фізико-механічних факторів, вносять істотні неточності у фактичне явище ущільнення біомаси шнековим робочим органом брикетного преса.

За описом протікання процесу встановлено [1], дискретна біомаса під дією витка шнека і його вала захоплюється і отримує обертовий рух, в результаті якого створює опір тертя біомаси об внутрішню порожнину робочої камери преса і вал шнекового механізму. Подальшому обертанню маси у пресі

перешкоджають сили тертя об внутрішню порожнину нерухомого циліндра. Виникає момент, що утримує біомасу від обертання та протидіє моменту від витка шнека.

Момент пресувальний  $M_{пр}$ , що є результатом дії робочої грані витка шнека, визначають за формулою [1]:

$$M_{пр} = 0,5 Q_{бр} F_{ш} \operatorname{tg}(\alpha + \gamma) D_{ср}, \quad (1)$$

де  $F_{ш}$  - площа робочої грані витка шнека,  $\text{м}^2$ ;

$\alpha$  - кут підйому витка шнека, град.;

$\gamma$  - кут тертя біомаси о поверхню витка, град.;

$D_{ср}$  - середній діаметр витка шнека, м.

Підставивши відповідні величини у розрахункові формули сил, що діють на масу в каналі шнека, та провівши математичні перетворення, отримуємо наступне диференціальне рівняння:

$$\frac{dp}{p} = \frac{f_s(2h+b+f_z b \sin \alpha) - f_z b \cos \alpha}{bh \sin \varphi} dL, \quad (2)$$

де  $p$  - тиск в каналі шнекового робочого органу, Па;

$L$  - довжина шнека, м;

$b = \pi D \sin \varphi$  - ширина шнекового каналу, м;

$D$  - діаметр витка шнека, м;

$\varphi$  - кут підйому гвинтової лінії, град.;

$\alpha$  - кут між напрямком переміщення біомаси і площиною, що перпендикулярна осі шнека, град.;

$f_s$  - коефіцієнт тертя біомаси об шнек;

$f_z$  - коефіцієнт тертя біомаси об внутрішні стінки корпуса.

Провівши інтегрування з граничною умовою  $p \approx p_0$  при  $L = 0$ , отримуємо формулу для розрахунку тиску в каналі шнека:

$$p = p_0 \exp \left( \frac{f_s(2h+b+f_z b \sin \alpha) - f_z b \cos \alpha}{bh \sin \varphi} L \right). \quad (3)$$

Одержані рівняння 2 і 3 визначають зв'язок тиску  $p$  в каналі шнекового робочого органу з його довжиною  $L$ . Тиск зростає за експоненціальною залежністю за напрямом просування біомаси від завантажувального бункера до вихідного пристрою преса. Наведені вирази достовірні з точністю до прийнятих допущень про сталість коефіцієнтів тертя та кута  $\alpha$ , а також про справедливості моделі переміщення матеріалу, що пресується, без зворотних потоків.

Відомо [1, 2], що продуктивність  $Q_{шн}$  шнекового брикетування пропорційна швидкості переміщення матеріалу в каналі, діаметру  $D$  шнека, частоті його обертання  $n$ , площі прохідного перетину  $bh$  шнекових каналів, а також залежить від кута підйому  $\varphi$  гвинтової лінії та форми лопатей шнека. Особливістю процесу є те, що одні й ті ж параметри впливають на щільність брикетів і продуктивність у протилежних напрямках, тобто якісно-кількісна характеристика шнекового механізму  $Q_{шн} = Q(p)$  наближається до зворотно пропорційної, а саме: при  $Q_{шн} \rightarrow Q_{max}$ ,  $p \rightarrow 0$ ; при  $p \rightarrow p_{max}$ ,  $Q_{шн} \rightarrow 0$ .

Отже, за мірою віддалення від витка шнека і збільшені поверхні тертя, сумарна величина стримуючого моменту зростає. Це призводить до повертання між шарами біомаси, причому кожний наступний шар обертається повільніше

попереднього. Отже, безпосередньо біля витка швидкість обертання частинок біомаси найбільша, а на деякій відстані вона зменшується і маса переміщується тільки поступово. В реальному процесі біомаса з низьким коефіцієнтом тертя (наприклад, солома) може ковзати відносно витка шнека і можливе потрапляння її в зазор між циліндром робочої камери та витком.

#### Список літератури

1. Єременко О. І. Метод розрахунку шнекового робочого органу для брикетування рослинних матеріалів. Матеріали VII-ї Всеукраїнської науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». 2018. С. 31-34.

2. Субота С.В. Результати експериментальних досліджень роботи гвинтового прес-брикетувальника для виробництва паливних брикетів із рослинної сировини. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Механізація та електрифікація сільського господарства». 2013. Вип. 97, т. 2. С. 40-46.

УДК 331.45 (075.8)

## **ОСОБЛИВОСТІ УМОВ ПРАЦІ ПРАЦІВНИКІВ АГРАРНОГО СЕКТОРУ КРАЇН ЄВРОСОЮЗУ**

*Марчишина Є. І.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

В аграрному секторі країн, що входять у ЄС-27 працює майже 23 млн працівників, причому майже 70% від тих, хто працює на повний робочий день, припадає на шість країн-членів ЄС (Польща, Румунія, Італія, Іспанія, Франція та Німеччина). За останнє десятиріччя у країнах-членах ЄС було зменшено загальну кількість робочої сили у сільському господарстві на 14,2%. У деяких країнах (таких як Словаччина, Австрія, Греція, Кіпр, Румунія та Італія) спостерігалось зменшення сільськогосподарських працівників більш ніж на 25%.

Праця у аграрній галузі, як відомо, є дуже фізично та психологічно виснажливою роботою. 42% працівників сільського господарства країн ЄС під час дослідження умов праці повідомили, що робота негативно впливає на їх стан здоров'я. Це значно вище, ніж середній показник по всіх секторах економіки країн ЄС, який становив 25%. Негативний вплив, який робота може проявляти на здоров'я працівників, частково пов'язаний з різними психосоціальними небезпеками, з якими стикаються фермери та їх працівники, а саме: тривалий робочий час, ізоляція, фінансова невизначеність, труднощі у плануванні, підвищені адміністративні вимоги та вплив багатьох фізичних та психофізіологічних чинників.

Робота у сільському господарстві характеризується підвищеною тривалістю робочого часу, оскільки худоба потребує постійного догляду, а

посіви необхідно садити та збирати у встановлені строки. П'яте європейське опитування умов праці (Fifth European Working Conditions Survey) показало, що 45,3% працівників сільського господарства працювали більше 48 годин на тиждень. Це був найвищий відсоток серед усіх секторів, і, крім того, становило більше ніж удвічі від середнього (16% відповідно) по усіх галузях економіки країн-членів ЄС-27. Крім того, 45% працівників сільського господарства повідомили, що працюють більше 10 годин на день, принаймні три рази на місяць, що більше, ніж в середньому для ЄС-27, яке становить 24,9%. Подібні результати спостерігалися в інших національних опитуваннях у США та Великобританії. Збільшена тривалість робочого тижня, яку відпрацьовували працівники сільського господарства, означає, що вони також часто працюють у вихідні дні. Це відображено у П'ятому європейському опитуванні умов праці, де 47,8% працівників сільського господарства працювали три або більше неділі на місяць (на відміну від середнього показника в ЄС-27 - 11%), а 62,4% працювали три і більше субот на місяць (порівняно з 25,5% у ЄС-27). Це ж опитування також показало, що 42,6% працівників сільського господарства працювали 7 днів на тиждень, що значно більше, ніж середній показник у 5% у ЄС-27. Така тривалість роботи може спричиняти негативну фізичну та психологічну дію на працівників, що може посилитись через недостатній період відпочинку/ відновлення після роботи. Зрештою, і тривалі години, і недостатній час відновлення можуть проявляти згубний вплив на фізичне та психологічне самопочуття працівників.

Таблиця 1

Відсоток працівників, які повідомляли про вплив небезпечних та шкідливих чинників на робочих місцях, %

Небезпечні та шкідливі чинники на робочих місцях	Сільське господарство ЄС	По всіх секторах економіки ЄС
Вплив вібрації	41,9	22,5
Шум	37,1	29
Вдихання диму, аерозолей, пилу	24,4	16,5
Ручне застосування хімічних речовин	23,3	15,3
Вплив інфекційного матеріалу	14,3	11,3
Втома або болісні робочі пози, нахили	72,3	46,4
Перевезення або переміщення важких вантажів	65,1	33,5
Робота стоячи або пов'язана з ходінням	88,7	69,1
Частота повторюваність рухів руками	72,5	63,5
Високі температури	48,7	22
Низькі температури	59,6	23,5

Джерело: П'яте європейське опитування умов праці (Fifth European Working Conditions Survey)

Як видно з таблиці 1, під час П'ятого європейського опитування умов праці встановлено, що під час сільськогосподарських робіт спостерігаються високі

показники впливу на працівників небезпечних та шкідливих чинників, що свідчить про гірші умови праці в АПК, ніж на робочих місцях загалом усіх секторів економіки в країнах ЄС.

Зважаючи на те, що понад 90% сільськогосподарських угідь розташовані у сільських регіонах і 78% фермерів у країнах ЄС-27 працюють самотійно, ізоляція та робота напоодинокі можуть викликати занепокоєння у сільському господарстві. Наявні дані свідчать про зв'язок між поганою соціальною підтримкою та посиленням стресових симптомів, депресією та показниками самогубств серед фермерів. Через віддалене розташування більшості фермерських господарств, фермери та працівники сільського господарства не можуть отримувати адекватного рівня соціальної підтримки, пов'язаної з роботою. Фактори, що переважають у віддалених районах (наприклад, поганий місцевий транспорт, уповільнений темп життя та обмежений доступ до публічних послуг), можуть посилити почуття ізоляції, яку відчуває фермер, і може ускладнити допомогу в пошуку алгоритму поведінки. Крім того, тривала робота може згубно вплинути на їх баланс між робочим та особистим життям.

Ряд робіт у сільському господарстві (наприклад, обробка землі, сівба, захист рослин, збирання врожаю, ремонт огорожі), що виконуються насамоті, сприяють соціальній ізоляції. Такі роботи можуть поставити працівника у вразливе становище у разі нещасного випадку чи травми, оскільки працівник не має можливості самотійно впоратися з ситуацією, а колеги можуть не знати або бути відсутніми у випадку інциденту. Не тільки власне інцидент може завдати шкоди здоров'ю сільського працівника, але й стурбованість самотійно впоратись з потенційно складною ситуацією (наприклад, блокуванням та ремонтом машин, поводженням з тваринами на випасі) також може викликати неприємності та потенційне джерело стресу.

Вплив цих фізичних небезпек, які можуть взаємодіяти з іншими потенційними джерелами стресу, матимуть прямі чи опосередковані наслідки для здоров'я працівників. Наприклад, взаємодія між психосоціальними небезпеками та ергономічними вимогами, що ставляться до робочих місць сільських працівників, можуть відігравали важливу роль в етіології болю в попереку.

Офіційну підтримку фермерам надають різні урядові та неурядові організації. Надана підтримка може бути ініціативною (наприклад, надання консультативних послуг на сільськогосподарських виставках, відвідування ферм, публікації у пресі про ведення сільського господарства, медичний огляд фермерів, пропаганда медичної самоосвіти, опитування щодо умов праці тощо) або реактивного характеру (наприклад, довідкові лінії, допомога в заповненні форм та подібні заходи). Однак важливо, щоб будь-яка ініціатива підтримки, спрямована на працівників сільського господарства, визнавала реальність сільського життя та характер проблем ведення сільського господарства.

#### Список літератури

1. Psychosocial issues in the agriculture sector - 2017. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjtn6Wqo4flAhWBysQBHYFmAnYQFjACegQIABAB&url=>



---

[https%3A%2F%2Foshwiki.eu%2Fwiki%2FPsychosocial\\_issues\\_in\\_the\\_agriculture\\_sector&usg=AOvVaw3Fh6Jf0rLjJxlZFRN2oQCS](https%3A%2F%2Foshwiki.eu%2Fwiki%2FPsychosocial_issues_in_the_agriculture_sector&usg=AOvVaw3Fh6Jf0rLjJxlZFRN2oQCS) (дата звернення: 2.10.2019).

УДК 331.45 (075.8)

## **OCCUPATIONAL SAFETY OF OPERATORS WORKING ON TRACTORS**

*Marchyshyna Ye. I.*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Tractors are a primary source of work-related injury on farms, however, not all of the injuries happen while the tractor is being used for work. Nationally, nearly one-third of all farm work fatalities are tractor-related. Injuries occur for a variety of reasons and in a number of different ways. This task sheet will describe types of tractor hazards and the nature and severity of injuries associated with using farm tractors.

There are several hazards associated with tractor operation. Tractor hazards are grouped into the following four categories:

1. overturns;
2. runovers;
3. power take-off entanglements;
4. older tractors.

Each of these is discussed briefly in this task sheet. Other task sheets will cover some of these topics in more detail.

Tractor overturns is one major hazard group and accounts for the most farm-work fatalities. Approximately 50% of tractor fatalities come from tractors turning over either sideways or backward. There are dozens of examples of tractor turnover situations. Most are preventable if operators follow good safe tractor operation practices. Some common examples of tractor overturns include:

- turning or driving too close to the edge of a bank or ditch;
- driving too fast on rough roads and lanes and running or bouncing off the road or lane;
- hitching somewhere other than the drawbar when pulling or towing objects;
- driving a tractor straight up a slope that is too steep;
- turning a tractor sharply with a front-end loader raised high .

A rollover protective structure (ROPS), a structural steel cage designed to surround the operator – particularly one that is built into an enclosed cab – can protect the operator from being killed when a tractor overturns.

This is especially true if the operator has fastened the seat belt. Remember, though, that a ROPS can protect you from injury but cannot keep the tractor from overturning in the first place. This explains the importance of operating a tractor safely even if the tractor has a ROPS.

Older tractors should always be included when talking about tractor hazards. Many farm tractors still used for work may be 30 to 40 years old or older.

These older tractors are often less safe to operate because they do not have modern safety features, and because some parts of the older tractor may not have been maintained in good working condition.

A list of reasons why older tractors may be less safe to operate includes:

- lack of ROPS and seat belt;
- a seat without arm and back rests (pan seat);
- seat does not adjust easily or at all;
- absence of a safety start system, no bypass starting protection;
- rear brakes and brake pedals do not operate properly;
- front wheels do not turn as quickly as the steering wheel turns;
- tractor has no warning flashers or the flashers do not work;
- PTO master shield is missing or does not offer adequate protection.

Young and inexperienced workers may be given older tractors to operate in many cases. The older tractor is best suited for the types of jobs a young or inexperienced operator is hired to do.

These tractors are best suited for raking hay, hauling wagons, and mowing fields or pastures. Young and inexperienced operators should be given newer tractors to operate when possible.

#### References

1. *Marchyshyna Y. I.* Risks of overturning of agricultural machinery in the process of reversing driving. Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» 21-22 лют. 2019 р. Київ. Видавничий центр НУБіП України, 2019. С. 96–98.

2. *Войналович О. В., Марчишина Є. І., Білько Т. О.* Охорона праці у сільському господарстві. Київ. Центр учбової літератури. 2017. 691 с.

3. *Войналович О.В., Марчишина Є. І., Кофто Д. Г.* Охорона праці у галузі (автомобільний транспорт). Київ. Центр учбової літератури. 2018. 695 с.

УДК 331.45 (075.8)

## ПРОБЛЕМИ ГІГІЄНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я СІЛЬСЬКИХ МЕХАНІЗАТОРІВ

*Марчишина Є. І.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Питання гігієни праці та охорони здоров'я працівників донедавна є пріоритетними для збереження трудового потенціалу. Серед причин, що викликають значні втрати працездатного населення, значну роль відіграють професійні ризики та виробничі чинники.

Сільське господарство займає лідируючі позиції серед галузей економіки за кількістю виявлених випадків професійних захворювань, при цьому простежується тенденція до зростання даних показників. Структура професійної захворюваності в аграрному секторі формується, в основному, за рахунок працівників двох професій – механізаторів (48,8%) і доярок (31,3%). При цьому слід зазначити, що частота первинної інвалідності механізаторів в 1,7 рази вище, ніж по галузі в цілому. Професія механізатора (тракториста) дотепер є однією з основних та найзатребуваніших у сільському господарстві. Специфіка праці (технічне обслуговування машин, управління ними) та інтенсифікація робочих процесів пред'являють підвищені вимоги до організму механізатора. Працівники піддаються впливу комплексу несприятливих виробничих чинників, таких як, несприятливі мікрокліматичні умови, запиленість повітря, підвищені рівні шуму та вібрації, контакт з паливно-мастильними матеріалами, високі фізичні навантаження, нерациональний режим праці та відпочинку та нервово-емоційне напруження. Кожен з перерахованих чинників окремо або в комплексі може спричинити шкідливий вплив на організм працівників та на їх здоров'я.

Робоча зміна механізатора починається з щоденного технічного обслуговування, в яке входить візуальний огляд трактора з метою виявлення видимих несправностей і технічний контроль, в ході якого перевіряють технічні параметри та рівень технічних рідин (оливи двигуна, трансмісії, рівень охолоджувальної рідини тощо) – при необхідності доливаються до потрібного рівня. Після технічного обслуговування механізатор виїжджає в поле для проведення робіт. Фактична тривалість робочої зміни у період сезонних робіт може досягати 10-12 годин. За результатами хронометражних досліджень робочий день механізатора-тракториста має дуже високу щільність – до 95%. Під час аналізу важкості трудового процесу механізатора значна частина показників оцінюється як допустимі, при цьому звертає на себе увагу значення маси піднімання та перенесення вантажів вручну, вага яких дозволяє віднести умови праці механізатора-тракториста до шкідливих (3.1).

За результатами оцінки напруженості трудового процесу встановлено, що за низкою показників умови праці можуть бути віднесені до шкідливих 1-го або 2-го ступеня. Так, за рамки допустимих виходять показники, що характеризують «інтелектуальні навантаження», так як робота полягає у вирішенні складних завдань з вибором за відомими алгоритмами (робота за інструкцією) і при цьому створюються умови дефіциту часу. За критеріями, що відображає «сенсорні навантаження», умови праці механізаторів не виходять за межі допустимих значень. Найвищий клас шкідливості відзначений за показниками з групи «емоційні навантаження», з огляду на те, що працівник несе відповідальність за функціональну якість основної роботи і невиконання її тягне за собою виправлення за рахунок додаткових зусиль всього колективу. Крім того, під час виконання робіт існує ризик для власного життя механізатора, а також є частка відповідальності за безпеку інших осіб.

За підсумками проведеного дослідження можна зробити висновок, що умови праці працівників за професією «механізатор трактора» за показниками важкості та напруженості трудового процесу відносяться до шкідливих (3 клас).

Серед найбільш значущих параметрів оцінки праці механізатора як шкідливого 3 класу 2 ступеня слід зазначити ступінь ризику для власного життя та ступінь відповідальності за безпеку інших осіб.

Список літератури

1. Войналович О. В., Марчишина Є. І., Білько Т. О. Охорона праці у сільському господарстві. Київ. Центр учбової літератури. 2017. 691 с.
2. Войналович О. В., Марчишина Є. І., Кофто Д. Г. Безпека виробничих процесів у сільськогосподарському виробництві. Київ. Видавничий центр НУБіП України. 2015. 418 с.

UDC 631.3

**ANALYSIS OF APPLICABILITY OF METHODS FOR ESTIMATING  
OF OCCUPATIONAL RISK IN AGRICULTURE**

*Voinalovych O. V., Kofto D. G., Hnatiuk O. A.*

*National University of Life and Environmental sciences of Ukraine*

Investigating the causes of high levels of occupational injuries among agricultural mechanizes is one of the complex tasks that require complex scientific research. It should be noted that the vast majority of research of the problems of industrial risk assessment concerns industry, energy and transport, but agriculture is neglected.

The system of management of occupational safety in agriculture should be based on the introduction of effective mechanisms to reduce of occupational risks to an acceptable level. At the same time, the risk indicators in agriculture must be calculated on the basis of objective statistical parameters, which are obtained not only from the analysis of the causes of industrial injuries, but also from the technical diagnostics of machines and mechanisms, which is one of the preventive measures.

The urgent question remains the ways and methods of quantification of operational risk in the agricultural sector. However, as for the definition of the terms "risk" and "safety", as well as the ways and methods of risk assessment, there is not yet a single optimal approach among scientists which is confirmed by numerous publications on the subject.

In particular, these methods allow us to estimate the risk of structural failure due to the propagation of multi-cycle fatigue cracks in stress concentration zones, taking into account the irregularity of operational load and stochastic distribution of defects in structural elements. It is shown that improving the reliability of the equipment is associated with the detection of the most dangerous damage during periodic defectoscopic control of the structure.

Analyzing the various methods and approaches for risk assessment, we can distinguish the most used of them: the method of "tree", the method of "Markov

processes", statistical method, method of expert evaluation and others, which are based on the modeling of the studied processes and phenomena. With regard to the methods of assessing the occupational risk of agricultural workers in general and of tractor drivers in particular, they find their basis in methods and approaches that are widely used in other industries, although the volume and depth of these studies in the agricultural industry is much smaller.

Summarizing the review of available methods of occupational risk research, it should be noted that individually taken, they do not allow to describe a holistic picture of the real state of occupational safety in agriculture, and the specificity of agricultural production very often makes any analysis rather relative and conditional. Hence, it becomes necessary to search for such theoretical foundations and methodological approaches, the use of which would allow to more accurately and objectively investigate the professional risk of mechanizers in agriculture and, on this basis, to offer ways to reduce it.

UDC 631.3: 620.191

## **PRINCIPLES OF DEFECTOSCOPIC CONTROL OF PARTS AND METAL STRUCTURES OF MOBILE AGRICULTURAL MACHINERY**

*Voinalovych O. V., Kofto D. G.*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Visual inspection (to detect of visible damage and cracks) is now mostly used to control defects in parts and structural elements of agricultural aggregates. However, it is important to put into practice (regulations) the use of modern defectoscopic devices for maintenance and repair of agricultural machinery that allow to find hidden defects (cracks, sinks, lack of welding, etc.), which can cause sudden failures of machinery and emergency situations, leading to accidents. To assess the risk of operating mobile agricultural machinery, it is necessary to have data on the presence in the parts and structural elements of not only trunk cracks, but also those that can subsequently be expanded to critical values in the part.

Indicators of the safety of operation of tractors and agricultural machines are determined in accordance with the methods approved by national and industry standards, special recommendations, instructions and other documents. These documents include the control Cards of safety indicators of tractors, combines and other machines. In these Cards it is necessary to indicate for the individual units the list of indicators, the periodicity of checking, the normalized indicators that need to be measured during the control of equipment.

According to the requirements of the control Cards of safety indicators of tractors, combines and other machines, it is necessary to periodically check and test such elements of assemblies that determine the safety of operation of the unit:

- completeness of units and absence of corrosion in the details, mechanical damages and defects affecting the job security, in particular road safety;
- braking efficiency of the working and parking brake system;
- activation of trailer braking system in case of emergency braking;
- lack in the steering and its drive of parts and components with residual deformation, cracks, damages and remnants of repair by soldering or welding methods;
- absence of fuel, oil and coolant leakage in the engine, leakage of operating fluid in the hydraulic systems of machines and their working bodies;
- reliable attachment of wheels' elements. Lack of cracks of disks or rims of wheels, etc.

Particular attention should be paid to the technical condition of those components, which damage can result in injury to the machine operators and other workers.

Portable flaw detectors can be recommended to detect defects in unit parts of tractors, combines and agricultural units. As the studies performed in this paper show, preference should be given to portable eddy current flaw detectors.

According to the results of the control it is necessary to compile and constantly update the database of places of potential defects in the details of units of agricultural aggregates. Separate correctly formed databases can be generalized, which will allow you to quickly assess the risk of further exploitation of mobile agricultural machinery after detection of cracks of critical or subcritical length.

The introduction of operational defectoscopic control and methodology for assessing the risk of operation of mobile agricultural machinery with defects of critical length in the components of the units will allow annually to significantly increase the degree of detection of faulty agricultural units, and therefore to reduce the number of injured workers which operate (on fields and roads) and servicing tractors and combines.

УДК 37.088.2

## **ДІЛОВІ ІГРИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕОХОРОННИХ ЗНАНЬ МАЙБУТНІХ АГРОІНЖЕНЕРІВ**

***Войналович О. В., Голопура С. М.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

До найбільш ефективних форм практичного навчання належать ділові ігри, які мають допомогти студентам набути організаційних навичок у галузі охорони праці [1, 2]. Навчальні ділові ігри – це такі методи (форми) навчання, в яких моделюють певні аспекти виробничої діяльності, що супроводжуються проблемними ситуаціями. Вирішення можливих проблем (задач) на етапах

занять розвиває у студентів творче і практичне мислення, формує здатність аналізувати наслідки і обставини виробничої діяльності, а на їх основі виробляти обґрунтовані рекомендації. Навчальна ділова гра спонукає студентів самостійно шукати розв'язки виробничих проблем, імітує ситуації практичного використання отриманих теоретичних знань, формує навички роботи у трудовому колективі.

У роботі розроблено ділову гру «Організація проведення атестації робочих місць за умовами праці на підприємстві», спрямовану на ознайомлення студентів з порядком оцінення ступеню шкідливості на робочих місцях аграрного виробництва. Від результатів проведеної атестації залежить, чи отримають працівників належні згідно з працезохоронним законодавством пільги та компенсації за шкідливі умови праці. Проблема полягає нерідко у небажанні керівництва проводити атестацію через її досить високу вартість та необхідність покращувати умови праці, усуваючи (знижуючи вплив) шкідливих виробничих чинників.

Після проведення практичних занять у формі ділової гри було проаналізовано ступінь засвоєння навчального матеріалу студентами порівняно зі студентами контрольних груп, в яких цю тему подавали у лекційному вигляді. Форма атестації студентів полягала у відповідях на тестові завдання та описові запитання навчального модуля. Порівнювали усереднені оцінки відповідей за 100-бальною системою з результатами оцінювання у контрольних групах з врахуванням загального балу успішності груп за попередній навчальний рік. Встановлено, що використання розробленої ділової гри у навчальному процесі дозволило підвищити рівень засвоюваності матеріалу з організаційних питань охорони праці на 22%.

#### Список літератури

1. *Л.М.Секачева, А.И.Овчаров, Т.И.Касьянова.* Инновации в обучении охране труда: проблемы внедрения. Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2. С. 105–112.
2. *О.В.Войналович, М.П.Барсуков, Є.М.Кірдань.* Працезохоронні засади у навчально-виховному процесі аграрних вищих навчальних закладів. Науковий вісник НУБіП України, 2013. Вип. 185. Ч. 3. С. 128–137.



## **ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТНОГО РИЗИКУ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ З ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ПОШКОДЖЕННЯМИ ДЕТАЛЕЙ**

***Войналович О. В.<sup>1</sup>, Мотрич М. М.<sup>1</sup>, Тімочко В. О.<sup>2</sup>, Перетяцько В. Р.<sup>1</sup>***

*<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*<sup>2</sup>Львівський національний аграрний університет*

Діагностування технічного стану машин (механізмів) та прогнозування безаварійності їх експлуатації тісно пов'язані між собою. Встановлюючи граничні терміни експлуатації машин потрібно опиратися не лише на міцнісні та економічні показники, а й враховувати базові положення концепції ризику, що дозволить обґрунтувати ресурс безпечної експлуатації. Поряд з термінами «міцність», «ресурс», «надійність» розробники техніки і експлуатаційники повинні оцінювати «безпеку», «ризик» та «захищеність» працівників. І це має стосуватися не лише важливих і критично важливих виробничих об'єктів, а й машин тривалої експлуатації.

У роботі для розрахунку показників ризику і безпеки запропоновано застосовувати результати досліджень дефектності матеріалів та елементів конструкцій, адже зі збільшенням тривалості експлуатації машини ризику аварійних ситуацій через накопичення експлуатаційних дефектів неперервно зростають. Для виявлення тріщин було використано розроблений вихорострумовий дефектоскоп, чутливість якого дозволяла знаходити тріщини довжиною кілька міліметрів та більші без очищення і підготовки поверхні контрольованих деталей. Це дало змогу дослідити наявність дефектів у понад 1200 деталей 50 тракторів різних років випуску. Дефектоскопічний контроль проводили під час капітальних ремонтів тракторів із розбиранням окремих вузлів.

У результаті дефектоскопічного контролю було отримано кінетичні залежності експлуатаційних дефектів у масиві деталей тракторів, які виявилися подібними до кінетичних залежностей накопичення статичного і динамічного (втомного) пошкодження, отриманих в результаті лабораторних випробувань зразків конструкційних матеріалів. Основною відмінністю є те, що залежності накопичення пошкодження у лабораторних зразках відповідають фізичним закономірностям розвитку процесу накопичення у матеріалі руйнівної енергії у вигляді мікропластичних деформацій, що розташовані розсіяно у структурі конструкційного матеріалу. Але формальна аналогія, наприклад щодо розсіяного розташування деталей з тріщинами у масиві деталей вузлів трактора, дозволяє використати підходи щодо критеріїв граничного стану лабораторних зразків внаслідок силового навантажування для встановлення граничних термінів експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки. Запропоновано метод оцінення залишкового ресурсу трактора після певної тривалості експлуатації на

основі кінетичної діаграми накопичення експлуатаційних дефектів у масиві деталей тракторів. Для оцінення фактичної тривалості експлуатації трактора проводять дефектоскопічний контроль певної кількості (масиву) деталей трактора, визначають їх відносну кількість у загальній сукупності досліджених деталей, провівши горизонталь до графіка накопичення експлуатаційних тріщин.

Для зниження професійних ризиків запропоновано використовувати концепцію ризику ALARM, що передбачає не лише визначення ризиків, а й комплекс заходів для їх зниження до допустимого рівня. Одним з них є запровадження дефектоскопічного контролю під час оглядів та експертного обстеження машин та механізмів.

УДК 631.3: 620.191

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ЗАДАВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ІНТЕРВАЛІВ ДЕФЕКТОСКОПІЧНОГО КОНТРОЛЮ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛІВ ТРАКТОРІВ**

***Войналович О. В.<sup>1</sup>, Полянський О. С.<sup>2</sup>, Кірієнко М. М.<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*<sup>2</sup>Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

В основу досліджень було покладено гіпотезу, що ймовірність виходу з ладу окремих вузлів трактора визначається комплексом наявних тріщин у деталях, що накладає особливі вимоги до періодичності та ретельності проведення дефектоскопічного контролю. Разом з тим достовірність прогнозу безпосередньо залежить від якості отриманої інформації про наявність дефектів у відповідальних деталях та елементах конструкцій таких об'єктів.

У роботах [1, 2] для виявлення тріщин у деталях тракторів застосовано портативний вихорострумовий дефектоскоп, в якому передбачено можливість перемикання діапазону чутливості та вибіркості приладу, тобто можна виявляти тріщини, довжина яких більші певної (встановленої для груп деталей) величини. Це дозволяє виокремити виявлені тріщини у певні діапазони згідно з їх відотною довжиною та оцінити ймовірність настання аварійних ситуацій внаслідок зруйнування головних деталей.

Але поза розглядом залишилося питання інформативності такого виокремлення – на малі, середні та великі (небезпечні) тріщини, що відповідає градації їх небезпечності щодо зруйнування деталі. Адже використання неінформативних ознак знижує достовірність контролю, підвищує його трудомісткість та не дозволяє оцінити небезпеку подальшого використання техніки з вичерпаним ресурсом.

У даній роботі було розглянуто чотири діагностичні інтервали довжин виявлених тріщин  $l$ :

$$\{l \leq l_1\} \text{ (у деталях вузла тріщин не виявлено); } \{l_1 < l \leq l_2\}; \{l_2 < l \leq l_3\}; \{l > l_3\},$$

де  $l_1$ ,  $l_2$  та  $l_3$  – нижні межі виокремівності щодо тріщин на реалізованих під час контролю трьох діапазонах вимірювання дефектоскопа. Тобто ознаку технічного стану гідравлічної навісної системи трактора  $k_j$  можна розглядати як чотирирозрядний параметр, що набуває чотири можливі значення  $k_{j1}$ ,  $k_{j2}$ ,  $k_{j3}$ ,  $k_{j4}$ . Якщо після обстеження виявлено, що ознака  $k_j$  має для даного об'єкта значення  $k_{js}$ , то це значення називають реалізацією ознаки  $k_j$ .

На основі статистичних даних дефектоскопічного контролю деталей вузлів (систем) тракторів було отримано апіорні ймовірності виникнення тріщин у вказаних діагностичних діапазонах для справного  $D_1$  та несправного  $D_2$  станів системи.

Виконаний розрахунок діагностичної цінності (інформативності) дефектоскопічного контролю вузлів тракторів МТЗ-80 дозволив обґрунтувати правомірність вибору діагностичних інтервалів. Для цього результати дефектоскопічного контролю було систематизовано також як реалізації дворозрядної та трирозрядної ознак. Як дворозрядну ознаку справного та несправного станів розглядали наявність чи відсутність небезпечних тріщин у деталях вузлів (систем) трактора. Трирозрядну ознаку розглядали як випадок, коли за допомогою дефектоскопа було розмежовано тріщини середнього та великого розміру, а також їх відсутність.

Порівняння значень діагностичної цінності (інформативності) дефектоскопічного контролю для випадків простого виявлення тріщин та їх розмежування щодо ступеню розвинення у деталях показує, що діагностична цінність (інформативність) контролю зростає у разі переходу до більшої кількості діагностичних інтервалів, але у випадку справного стану вузла доцільно обмежитися трирозрядною ознакою.

#### Список літератури

1. *О.С.Полянський, О.В.Войналович, М.М.Мотрич.* Оцінення небезпеки експлуатації сільськогосподарських агрегатів за даними дефектоскопії деталей. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, 2018. Випуск 190. С. 185-192.

2. *О.С.Полянський, О.В.Войналович, М.М.Мотрич.* Розрахунок ймовірності аварійного стану трактора за статистичними даними дефектоскопічного контролю. Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів», 2018. Випуск 13. С. 40-47.

УДК 351.78

## ПІДХОДИ ЩОДО РЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ УКРАЇНИ

*Войналович О. В.<sup>1</sup>, Ліщук М. Є.<sup>2</sup>, Зубок Т. О.<sup>1</sup>, Фудулак В. В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

<sup>2</sup>Луцький національний технічний університет

Наприкінці 2018 року Кабінет Міністрів України схвалив Концепцію реформування системи управління охороною праці (СУОП), що передбачає план заходів для її реалізації. У цьому документі визначено засади, основні напрями та завдання побудови системи організації безпеки та гігієни праці в Україні на основі ризик-орієнтованого підходу для забезпечення впровадження стандартів Європейського Союзу. Разом з тим, важливим є наскільки ця Концепція є змістовною та конкретною, чи зможе вона дійсно посприяти впровадженню системи оцінення професійних ризиків на виробництві.

Адже нині запропоновано документи, які пропонують визначати ризики за певними методиками, але вичерпних підходів для реалізації ризик-орієнтованого підходу для зниження травматизму на виробництві, зокрема й у сільському господарстві, не розроблено.

Вкажемо основні проблеми, що заважають впровадженню системи організації безпеки та гігієни праці в Україні на основі ризик-орієнтованого підходу. Насамперед, чинну систему управління охороною праці сформовано за принципом “коригувальних дій”, тобто відбувається реагування на небезпечні випадки та ситуації, а не за принципом “запобіжних дій”. Тобто відсутня профілактика небезпечних випадків та ситуацій, що не дозволяє встановити пріоритетність профілактичних заходів з безпеки та гігієни праці на робочих місцях.

СУОП нині базується на застарілих нормативно-правових актах з охорони праці, які не встигають реагувати на швидкий розвиток технологій. Так, чинні Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві (2018 р.), які є результатом неодноразового перегляду і перезатвердження, неоднозначно оцінені спеціалістами з охорони праці та посадовими особами сільськогосподарського виробництва. Щоб скористатися Правилами, на підприємстві потрібно мати чималеньку бібліотеку нормативно-правових актів з охорони праці (НПАОП), на які у документі безліч посилань – на мікро- і малих підприємствах цим ніхто займатися не буде. А про деякі технологічні процеси сільськогосподарського виробництва навіть відсутня згадка, що робить Правила у багатьох випадках чисто декларативними. Розділ, що стосується рослинницької галузі, не виправдано короткий, у ньому не відображено вимог безпеки під час експлуатації та обслуговування сучасної мобільної сільськогосподарської техніки.

Серед основних нерозв'язаних проблем СУОП залишаються недостатнє фінансування заходів з безпеки та гігієни праці, низька якість експертизи з безпеки та гігієни праці. Нині в Україні відсутній механізм економічної мотивації роботодавців та працівників до створення більш безпечних і здорових умов праці, а отже, до запобігання нещасним випадкам, професійним захворюванням та аваріям.

Головні пріоритети системи організації безпеки та гігієни праці в Україні на основі ризик-орієнтованого підходу мають бути такими:

1. Запобігання ризикам.
2. Оцінювання ризиків, яких не можна уникнути.
3. Усунення джерел ризиків.

4. Адаптація умов праці до працівника, особливо під час облаштування робочих місць, вибирання виробничого обладнання, методів роботи, зокрема, для полегшення монотонної роботи та роботи в ритмі, заданому машиною, а також послаблення шкідливого впливу роботи на здоров'я з урахуванням гендерних особливостей.

5. Адаптація до технічного прогресу.

6. Замінення устаткування підвищеної небезпеки на безпечне або менш небезпечне.

7. Розроблення узгодженої загальної політики запобігання виробничим ризикам, що охоплює техніку, організацію праці, умови праці, соціальні відносини та вплив чинників, пов'язаних з виробничим довкіллям.

8. Надання заходам колективного захисту пріоритету перед заходами індивідуального захисту, які використовує працівник.

9. Належне інструктування з питань охорони праці працівників.

Реформована СУОП має ґрунтуватися: 1. На відповідальності роботодавців за забезпечення безпеки і здоров'я працівників в усіх аспектах, пов'язаних з роботою. 2. На зобов'язанні роботодавців: а) постійно пристосовуватися до мінливих обставин; б) вживати необхідних заходів для створення умов, безпечних для життя і здоров'я працівників, з урахуванням особливостей потреб чоловіків і жінок; в) забезпечувати запобігання виробничим ризикам та їх оцінювання; г) проводити консультації з працівниками (надавати інформацію з ОП), медичні огляди, навчання з питань охорони праці із неухильним дотриманням загальних принципів запобігання.

Очікувані результати від впровадження реформованої СУОП наступні:

- підвищення рівня захисту життя та здоров'я працівників;
- зниження рівня та зменшення частоти виробничого травматизму, аварій та професійних захворювань;
- формування культури безпеки та гігієни праці;
- підвищення ефективності діяльності інспекції праці;
- запровадження ефективної системи реєстрації нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань, повідомленню про такі факти та проведенню відповідних розслідувань;
- підвищення відповідальності роботодавців за створення належних умов праці та безпечного виробничого середовища;

- спрощення законодавства щодо безпеки та гігієни праці та зменшення адміністративного і регуляторного навантаження на роботодавця;
- запровадження механізму покращення умов безпеки та гігієни праці для працівників і відповідних економічних стимулів;
- посилення чесної конкуренції, розширенню доступу українських підприємств до міжнародного ринку та підвищення їх конкурентоспроможності на такому ринку;
- покращення інвестиційного клімату в Україні;
- поступова імплементація норм Європейського Союзу в національне законодавство.

УДК 351.78

## **ЗАХОДИ ЩОДО РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ «НУЛЬОВОГО ТРАВМАТИЗМУ» НА ПІДПРИЄМСТВАХ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

***Войналович О. В.<sup>1</sup>, Зоря М. В.<sup>2</sup>, Петров В. В.<sup>2</sup>, Рибак А. С.<sup>1</sup>***

*<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*<sup>2</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Нині агрохолдинги України та інші великі експортери сільськогосподарської продукції намагаються дотримуватися стратегії «нульового травматизму», згідно з якою декларують можливість виробничої діяльності без травмування працівників. Засадами такої політики є не голослівне проголошення «абсолютної безпеки», а виважена працезахоронна діяльність керівництва підприємства щодо оцінення і управління виробничими ризиками, послідовного зниження рівнів допустимого ризику.

Стан охорони праці на більшості сільськогосподарських підприємств України ще не дозволяє впровадити концепцію «нульового травматизму» на виробництві. Високі рівні виробничих ризиків у сільському господарстві виявляються у великій кількості травм різного ступеню важкості, які щороку трапляються в аграрному виробництві.

Основними джерелами смертельних травм у рослинництві є мобільні машини (близько 70 %), зокрема небезпеку становлять колісні трактори, зернозбиральні і кормозбиральні комбайни та вантажні автомобілі. Близько третини від усіх нещасних випадків відбувається з причини помилкових дій працівників під час виконання механізованих процесів, через низьку професійну придатність працівників та їх недостатню кваліфікацію.

Особливістю умов виконання механізованих процесів у сільському господарстві є неусталеність параметрів виробничого довкілля, що є наслідком

як природних процесів, так і, зокрема, виробничої діяльності механізатора. Можливості пристосування працівників і машин до змін виробничого довкілля досить обмежені. Виниклі неузгодженості між елементами технологічної системи «людина-машина-довкілля» призводять до раптового зростання кількості відмов у вузлах машин, що знижує безпеку технологічних процесів і як наслідок – безпеку механізатора (оператора мобільної сільськогосподарської машини). Безпека технологічної системи «людина-машина-довкілля» залежить від чинників небезпеки, закладених у кожній з її підсистем, тобто механізатора, машини і виробничого довкілля. Кожна з підсистем охоплює велику кількість небезпечних і шкідливих чинників.

Тож нині для сільського господарства України актуальним є впровадження системи управління виробничими ризиками, в якій потрібно реалізувати принципи превентивності, прийнятності та мінімізації ризиків, врахування всіх потенційних загроз на робочому місці. Це має гарантувати з боку керівника підприємства (роботодавця) певного рівня безпеки для працівників.

Декларування концепції «нульового травматизму» в сільському господарстві без впровадження дієвої системи зниження наявних виробничих ризиків не призведе у найближчий час до зменшення рівнів виробничого травматизму. Необхідно насамперед науково обґрунтувати методологію оцінювання виробничих ризиків на робочих місцях сільськогосподарського виробництва та конкретизувати її для окремих технологічних процесів, насамперед механізованих.

УДК 631.3: 620.191

## **ДЕФЕКТОСКОПІЯ НАКОПИЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ПОШКОДЖЕННЯ У ЗРАЗКАХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ**

***Войналович О. В.<sup>1</sup>, Писаренко Г. Г.<sup>2</sup>, Кончевський П.М.<sup>2</sup>, Майло А. М.<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*<sup>2</sup>Інститут проблем міцності ім. Г.С.Писаренка НАН України*

Нині проблемі достовірного прогнозування ресурсу експлуатації відповідальних елементів конструкцій мобільної сільськогосподарської техніки на стадії їх проектування та залишкового ресурсу на стадії їх експлуатації приділяється велика увага у всіх промислово розвинених країнах світу. Дослідження пошкодження металоконструкцій показали, що достовірні результати контролю пошкодження металоконструкцій забезпечує застосування комплексного підходу щодо аналізу пошкодження, а саме вихорострумового та акустичного методів, і методу електричного потенціалу. Порівняння достовірності перерахованих методів показало, що найменшою похибкою характеризується вихорострумовий метод.



У даній роботі для виявлення експлуатаційних та технологічних дефектів у деталях та елементах конструкції мобільної сільськогосподарської техніки було розроблено макет лабораторного пристрою (рис. 1) аналізу пошкодження зразків металоконструкцій (вихорострумове дефектоскопу). Електромонтажна схема макету лабораторного пристрою конструкційно складається з базового блока та виносного модуля датчика тріщини, який можна замінювати для різних задач дослідження.



Рис. 1. Зовнішній вигляд макету лабораторного пристрою для дослідження кінетики накопичення експлуатаційного пошкодження.

Серед переваг розробленого дефектоскопа над аналогами можна вказати, що для вимірювання можна застосовувати традиційні датчики із зовнішнім струменевим живленням та активні датчики, що формують сигнал високого рівня напруги. Застосування датчиків зі значним динамічним діапазоном вихідного сигналу дозволяє одночасно виявляти як мікронесуцільності, так і макротріщини – без виходу датчика у режим насичення та втрати чутливості.

Аналіз високочастотних гармонійних складників сигналу перетворювача дозволяє оцінювати ступінь пошкодження матеріалу металоконструкцій. Розроблене програмне забезпечення дефектоскопа з використанням пристрою автокорегування амплітудно-фазових параметрів сигналу реєструє і виокремлює лише ті послідовності цифрових кодів (вони відповідають структурному стану поверхневого шару металу в дискретних точках сканованої траєкторії), що характеризуються певним градієнтом наведеного поля (тобто раптовим змінням параметрів зворотного сигналу, що свідчить про наявність у зондувальному полі тріщиноподібного дефекту).

Серед експлуатаційних переваг даного дефектоскопу можна вказати наступні: мала чутливість до шорсткості поверхні деталей; здатність приладу виявляти дефекти під нанесеними на поверхню деталі фарбою, мастилом та іншими покриттями, усунення яких вимагає трудомістких операцій; зниження впливу крайового ефекту та ефекту відведення датчика; універсальність щодо металу досліджуваних деталей; можливість визначення лінійних розмірів та фіксування місця перебування дефекту. Дефектоскоп можна приєднати до ноутбука для документування результатів вимірювання за польових умов.

Тарування метрологічних параметрів приладу виконують згідно з каліброваними дефектами у вигляді втомних тріщин у зразках з маловуглецевої сталі, що дозволяє рекомендувати дефектоскоп для виявлення тріщин до критичної величини у деталях і елементах конструкцій тракторів та іншої мобільної сільськогосподарської техніки.

УДК 662.7 : 631.1

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕТАНТЕНКА БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ**

***Поліщук В. М.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Метантенк біогазової установки функціонує так. Метаноутворювальні бактерії, які перебувають у субстраті, споживають його поживні речовини, виділяючи продукт метаболізму – біогаз (рис. 1).

Поживні речовини субстрату в метантенку можна розділити на три складники: поживні речовини субстрату 1, які завантажують у метантенк, поживні речовини субстрату 2, які вивантажують з метантенка, і поживні речовини субстрату 3, які переробляються метаноутворювальними бактеріями і перетворюються в мікробну біомасу 4 та продукти метаболізму (біогаз) 5. Метаноутворювальні бактерії за достатньої кількості поживних речовин субстрату активно розмножуються (позиція 6), за їх відсутності – гинуть (позиція 7). Біогаз 8 виробляють метаноутворювальні бактерії під час споживання поживних речовин субстрату.

Математичну модель функціонування метантенка біогазової установки формує система диференціальних рівнянь, які описують динаміку зміни концентрації поживних речовин субстрату (з врахуванням завантажування, вивантажування і перероблення метаноутворювальних бактерій у мікробну біомасу і біогаз), концентрації біомаси метаноутворювальних бактерій (з урахуванням зростання популяції метаноутворювальних бактерій за рівнянням Моно і її відмирання за рівнянням Колпікова) і динаміку виходу біогазу в часі:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dC}{dt} = \left( \frac{\mu_m \cdot S}{k_a + S} - \frac{\mu_d \cdot k_b}{k_b + S} - p \right) \cdot C \\ \frac{dS}{dt} = p \cdot (S_0 - S) - \left( k_\alpha \cdot \mu_m \cdot C + \frac{k_\beta \cdot S \cdot \mu_m}{k_a + S} \cdot C + k \cdot \rho_g \cdot \rho_c \cdot \frac{dV_g}{dt} \right), \\ \frac{dV_g}{dt} = \frac{K_\gamma \cdot S}{\rho_c} \end{array} \right. \quad (1)$$

де  $C$  – концентрація біомаси метаноутворювальних бактерій,  $\text{кг/м}^3$ ;  $S$  – концентрація поживних речовин субстрату, які засвоюють бактерії,  $\text{кг/м}^3$ ;  $S_0$  – початкова концентрація поживних речовин субстрату,  $\text{кг/м}^3$ ;  $dV_g/dt$  – динаміка виходу біогазу,  $\text{м}^3/(\text{кг} \cdot \text{добу})$ ;  $p$  – коефіцієнт розбавлення культури потоком свіжого субстрату,  $\text{дб}^{-1}$ ;  $k$  – коефіцієнт перетворення поживних речовин субстрату в біогаз,  $\text{кг/кг}$ ;  $\rho_g$ ,  $\rho_c$  – щільність біогазу і субстрату,  $\text{кг/м}^3$ ;  $k_\alpha$ ,  $k_\beta$  – безрозмірні коефіцієнти засвоєння субстрату;  $k_a$  – константа, яка дорівнює такій концентрації поживних речовин субстрату, за якої швидкість зростання сягає половини граничної,  $\text{кг/м}^3$ ;  $k_b$  – емпіричний коефіцієнт,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\mu_d$  – максимальна питома швидкість відмирання метаноутворювальних бактерій,  $\text{доба}^{-1}$ ;  $\mu_m$  – максимальна питома швидкість зростання метаноутворювальних бактерій,  $\text{доба}^{-1}$ ;  $K_\gamma$  – коефіцієнт швидкості перетворення поживних речовин субстрату в біогаз,  $\text{м}^3/(\text{кг} \cdot \text{добу})$ ;  $t$  – час,  $\text{дб}$ .

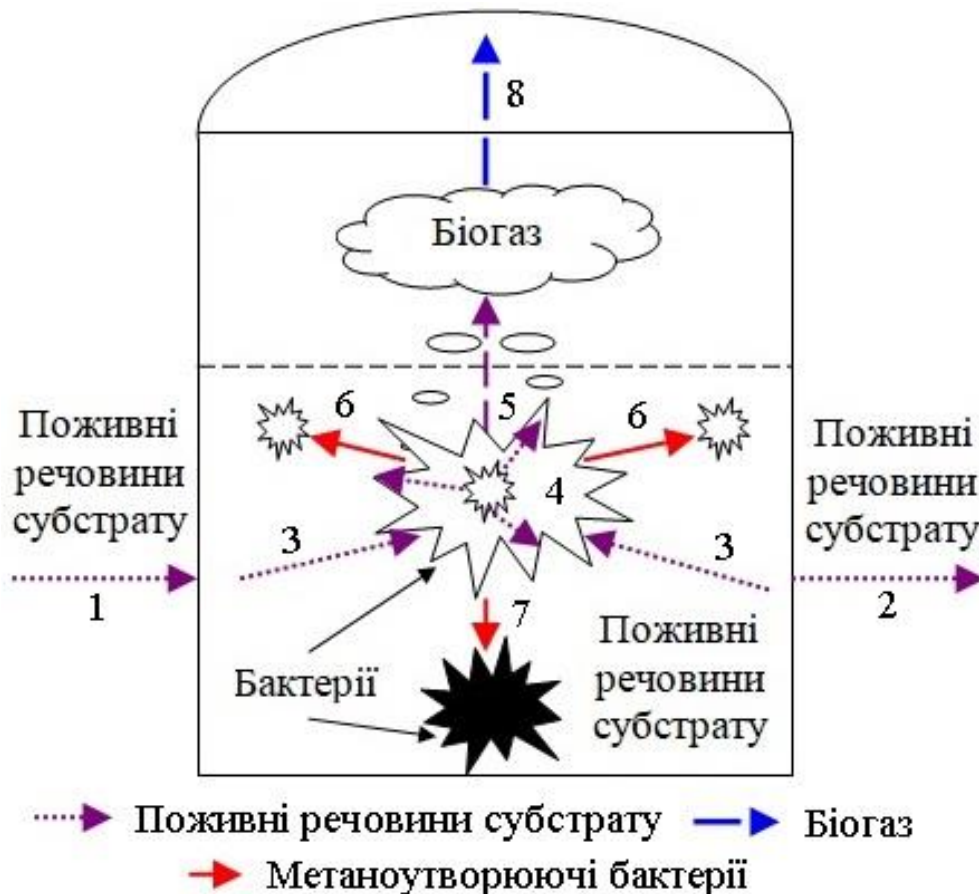


Рис. 1. Схема функціонування метантенка біогазової установки.

Відомо такі параметри системи (1):  $k = 0,27$  кг/кг,  $\rho_c = 1050$  кг/м<sup>3</sup>, для періодичного завантажування метантенка  $p = 0$  діб<sup>-1</sup>, поступового –  $p = 0,05$  діб<sup>-1</sup>. Початковими умовами для розв'язання системи (1) є:  $C_0 = 1$  кг/м<sup>3</sup>,  $S_0 = 115$  кг/м<sup>3</sup>,  $V_0 = 0$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Параметри  $\mu_m$ ,  $\mu_d$ ,  $k_a$ ,  $k_b$ ,  $k_\alpha$ ,  $k_\beta$ ,  $K_\gamma$  залежать від температурного режиму метантенка і типу косубстрату. У пакеті Simulink, який інтегрований до програми MATLAB, було проведено імітаційне моделювання процесу функціонування метантенка, який описує система диференціальних рівнянь (1). У результаті отримано динаміку виходу біогазу у разі періодичного завантажування (рис. 2, а) і поступового завантажування (рис. 2, б) субстрату.

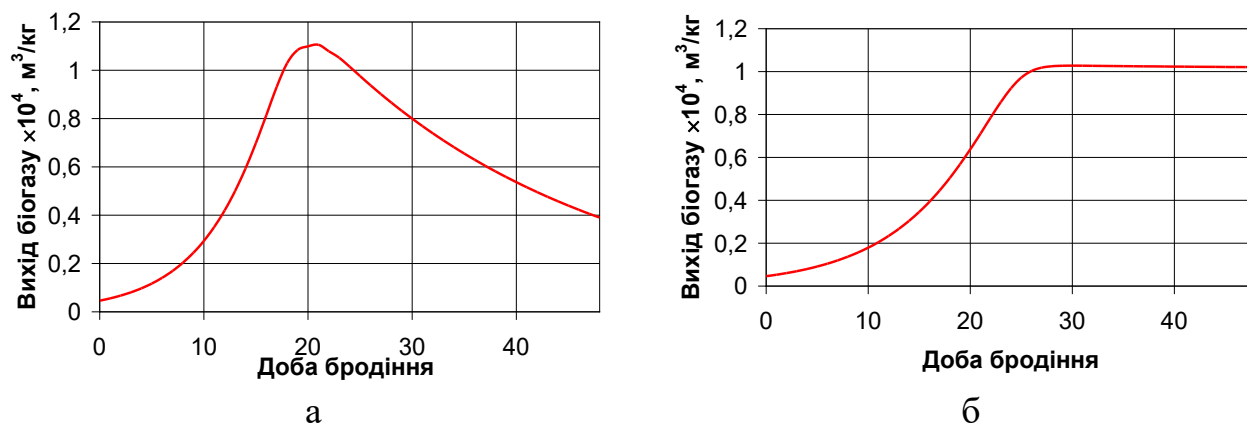


Рис. 2. Динаміка виходу біогазу, отримана в результаті моделювання функціонування метантенка біогазової установки при зброджуванні гною великої рогатої худоби з додаванням фузу: 1 – при періодичному завантаженні субстрату; 2 – при поступовому завантаженні субстрату.

Шляхом підбирання параметрів  $\mu_m$ ,  $\mu_d$ ,  $k_a$ ,  $k_b$ ,  $k_\alpha$ ,  $k_\beta$ ,  $K_\gamma$  імітаційної моделі (1) для різних типів косубстратів, їх вмісту в субстраті, температурного режиму метантенка і порівняння результатів імітаційного моделювання динаміки виходу біогазу із результатами експериментальних досліджень добивалися того, щоб імітована модель була найбільш близькою до динаміки виходу біогазу в часі, отриманої експериментальним шляхом. Критерієм подібності вважали наближення коефіцієнта детермінації  $R^2$  до одиниці.

Висновки. Математична модель функціонування метантенка біогазової установки дозволяє прогнозувати основний продукт технологічного процесу: величину виходу біогазу в разі завантаження через системи приготування і дозування субстрату на основі гною великої рогатої худоби з оптимальною кількістю косубстратів.

УДК 331.1: 378.091.39

## **ДІЛОВІ ІГРИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕОХОРОННИХ ЗНАНЬ МАЙБУТНІХ АГРОІНЖЕНЕРІВ**

***Войналович О. В., Голопура С. М.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

До найбільш ефективних форм практичного навчання належать ділові ігри, які мають допомогти студентам набути організаційних навичок у галузі охорони праці [1, 2]. Навчальні ділові ігри – це такі методи (форми) навчання, в яких моделюють певні аспекти виробничої діяльності, що супроводжуються проблемними ситуаціями. Вирішення можливих проблем (задач) на етапах занять розвиває у студентів творче і практичне мислення, формує здатність аналізувати наслідки і обставини виробничої діяльності, а на їх основі виробляти обґрунтовані рекомендації. Навчальна ділова гра спонукає студентів самостійно шукати розв'язки виробничих проблем, імітує ситуації практичного використання отриманих теоретичних знань, формує навички роботи у трудовому колективі.

У роботі розроблено ділову гру «Організація проведення атестації робочих місць за умовами праці на підприємстві», спрямовану на ознайомлення студентів з порядком оцінення ступеню шкідливості на робочих місцях аграрного виробництва. Від результатів проведеної атестації залежить, чи отримають працівників належні згідно з працезахоронним законодавством пільги та компенсації за шкідливі умови праці. Проблема полягає нерідко у небажанні керівництва проводити атестацію через її досить високу вартість та необхідність покращувати умови праці, усуваючи (знижуючи вплив) шкідливих виробничих чинників.

Після проведення практичних занять у формі ділової гри було проаналізовано ступінь засвоєння навчального матеріалу студентами порівняно зі студентами контрольних груп, в яких цю тему подавали у лекційному вигляді. Форма атестації студентів полягала у відповідях на тестові завдання та описові запитання навчального модуля. Порівнювали усереднені оцінки відповідей за 100-бальною системою з результатами оцінювання у контрольних групах з врахуванням загального балу успішності груп за попередній навчальний рік. Встановлено, що використання розробленої ділової гри у навчальному процесі дозволило підвищити рівень засвоюваності матеріалу з організаційних питань охорони праці на 8%.

### **Список літератури**

1. Олійник Н. А. Методика навчання майбутніх агроінженерів. Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах : зб. наук. пр. Запоріжжя : КПУ, 2018. Вип. 60., Т. 2. С. 134–138.

2. Дереза О.О., Дереза С.В. Ділова гра та її можливості в професійній підготовці майбутніх інженерів. Збірник науково-методичних праць: Удосконалення освітньо-виховного процесу в вищому навчальному закладі. Вип. 20. Мелітополь, 2017. С. 100–105.

3. О.В.Войналович, М.П.Барсуков, Є.М.Кірдань. Працехоронні засади у навчально-виховному процесі аграрних вищих навчальних закладів. Науковий вісник НУБіП України, 2013. Вип. 185. Ч. 3. С. 128–137.

UDC 331.1: 378.091.39

## **BUSINESS GAMES OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH AS A TOOL MODELING THE PROCESS OF FUTURE STUDENTS' PROFESSIONAL ACTIVITIES**

*Holopura S. M., T'opla V.*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

In the modern society, the main task of higher education is to train highly qualified specialists, individuals capable of self-development and self-realization in life. In higher education, business game is widely used as an important didactic method, which intensifies the learning process and closely links it with practical activity [1,2] At seminars with the practical use of game technology is deepening and consolidation of students' knowledge, the ability to apply them in practice, to make collective decisions, to align their interests with the interests of the team in achieving common goals. Business play enables students not to be afraid of mistakes and to activate their own creative potential [3].

The inconsistency of the communication skills of future professionals, their ability to effectively solve problems in various fields of professional activity, with due regard to the requirements of occupational safety and health, and health, and the role in this process of business games have determined the direction of our research. Note that the business game is aimed at developing the ability to analyze specific practical situations and solve professional problems, during the game develops creative thinking, as well as honing the ability to communicate with colleagues and increase students' motivation to learn safety standards.

The organization of the educational process of students of higher educational institutions in the discipline "Occupational safety" has certain features, due to the need for students to form a work-safety outlook. In addition to the traditional forms, training in the field of vocational disciplines should include active learning tools, in particular, business games that allow students to simulate the process of future professional activity of students in order to acquire their professional skills in the classroom training.

The purpose of the research is to develop and substantiate the methodology of conducting a business game "The procedure of investigation and accounting of

accidents, occupational diseases and accidents at work", which will allow students to act independently in the simulated situation, to solve specifically formulated tasks and problems, to develop ways solution.

In this work, a step-by-step algorithm for accident investigation at work is developed, which will allow students to supplement and consolidate the knowledge acquired during the study of the theoretical course, to develop skills in working with normative-legal acts on occupational safety and with reference literature. At the same time, students adapt to the necessity of making some efforts in understanding the provisions of labor protection documents written in dry business language without explanation.

It is noted that the acquired knowledge should ensure the acquisition of skills for making informed decisions on the development of an accident plan, completing the N-1 investigation act and the ability to independently solve occupational safety issues, activate students' creativity and enhance job security.

#### References

1. *Vanyushin V.N., Gvozdkov S.V., Lavrentyev A.R., Orlova L.A.* Businessgame in training: a scientific and practical search. Dzerzhinsk: Kon-Cord Publishing House, 2015. 131 p.

2. *Dereza O.O., Dereza S.V.* Business Game and its Possibilities in the Professional Training of Future Engineers. Collection of scientific and methodological works: Improvement of the educational process in higher education. No. 20. Melitopol, 2017. P. 100-105.

3. *Surgova S.Yu.* Using a business game in the process of forming the creative personality of future social workers/ Pedagogy of formation of creative personality in higher and general education schools: Coll. Sciences. BC/ Zaporozhye: KPU, 2018. Issue. 60. T. 2. P. 168-172.

UDC 331.1: 378.091.39

## **BUSINESS GAMES FOR LABOR SAFETY AS EFFECTIVE INSTRUMENT FOR IMPROVING OCCUPATIONAL SAFETY KNOWLEDGE**

*Holopura S. M., Kalynkovskyi V.*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Studying the disciplines of the complex "Occupational Safety and Health (Professional Safety)" is aimed not only at introducing students to the scientific and practical foundations of these disciplines, but also at mastering future specialists of a high level of knowledge and skills in the field of occupational safety, ie assimilation of occupational safety culture. This can be achieved through the formation of the student's personality, who will ensure compliance with occupational safety and health standards at work, guided by the current occupational safety normative documents, able to

develop and implement them. A rationally organized system of training in the study of vocational disciplines should be the basis and one of the determining factors for the formation of the personality of the modern manager of agro-industrial production.

The urgency of writing the article is due to the ever-growing need to find new, scientifically substantiated, practically meaningful and methodologically expedient ways of successful training of agricultural engineers [1] during the study of the discipline “Occupational Safety and Health”. Together with modern teaching methods (explanatory-illustrative, sign-contextual, case method, etc.), game methods [2] are very effective approaches to the study of innovative technologies in the training of specialists, allowing for a flexible, conscious, successful person-parties, able to think outside the box, to solve urgent questions and to predict the future activity of the enterprise.

Educational business games are such methods (forms) of learning in which they model certain aspects of production activity, which are accompanied by problematic situations [3], which should help students to acquire organizational skills in the field of occupational safety. Solution of possible problems (problems) at the stages of development develops in students creative and practical thinking, forms the ability to analyze the consequences and circumstances of production activities, and on their basis to make informed recommendations. Educational business game encourages students to independently search for solutions to production problems, simulates situations of practical use of the obtained theoretical knowledge, and forms the skills of working in the workforce.

The purpose of the research is to develop, scientifically substantiate and experimentally test the methodology of business game “Organization of performance appraisal on working conditions at the enterprise”, aimed at familiarizing students with the procedure of assessing the degree of harm in the workplace of agricultural production. The result of such games can be both the direct development of personality traits and the demonstration of practical training of agricultural research engineers. Playing certain situations, involving the participants of the game in a situation of choice is a real way of developing a creative personality, namely its qualities such as creative interest, inquisitiveness, desire to know yourself, self-confidence, creative optimism.

In this paper, the degree of mastering of educational material by students after conducting practical lessons in the form of the business game is analyzed in comparison with students of control groups, in which this topic was presented in a lecture form. The form of student evaluation was to answer the test tasks and descriptive questions of the module. The average scores of the 100-point system responses were compared with the results of the controls in the control groups, taking into account the overall score of the groups in the academic year.

#### References

1. *Oliynyk N.A.* Teaching Methods of Future Agro-Engineers / Pedagogics of Creating Creative Personality in Higher and General Education Schools: Coll. Sciences. BC - Zaporozhye: KPU, 2018. Issue. 60. vol. 2. 134-138.
2. *Vasilenko O.V.* Experience of application of modern methods of training in the preparation of specialists of restaurant business in higher educational



establishments. Scientific Notes. Series: Problems of Methods of Physical, Mathematical and Technological Education, 2015. Issue. 7 (I). pp. 118-121.

3. *Litvinov A.S.* Pedagogical Provision of Inno-vations in Education: Educ. Manual. for the general Sciences. ed. ped. Prof. V.V. Borisova. Sumy. University Book, 2017. 265 p.

UDC 331.1: 378.091.39

## **ACTIVE MEANS OF EDUCATION AND BUSINESS GAMES OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH**

*Holopura S. M., Mukha I.*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Higher education institutions are a leading element in the formation of a complex of knowledge and skills in the field of occupational safety, since it is the level of education and awareness that largely determines the level of personal safety culture. It should be noted that the teaching of the discipline of "Occupational safety" has certain features, the main component is a large number of regulations governing labor law, sanitary and technical standards, industrial sanitation and safety, which prevent effects of harmful and dangerous factors on employee during work activity.

At the same time, in the educational and professional plans for training specialists, the discipline of "Occupational safety" is transferred to the category of non-normative, combined with the discipline of "life safety", and significantly reduced the number of learning hours, which has a negative impact on the formation of a culture of safety for future professionals. In such conditions, the important task of teachers, during the preparation of specialists, is to find effective ways, methods and means of activating educational process in order to form the basis of a work-based outlook for students, oriented to the implementation of effective professional activity through the formation of responsibility for personal and collective safety, and awareness of the need for full implementation of all measures that guarantee the safety and hygiene of the workplace.

For the national higher education, the traditional approach to teaching is an object-oriented approach, where objects and phenomena rather than problems are offered for the sake of learning. But it should be emphasized that this approach shows poor efficiency, as it does not contribute to the systematic solution of problems arising in the field of human health activities. The formation of students not only the ability to solve professionally-oriented tasks, but also the willingness to make responsible decisions, the ability to creative level of their own professional activity is ensured by applying a subject-activity approach [1]. This approach allows you to transform a student from an object into a subject of study, to create the most favorable conditions for the development and reveal of his abilities, orientates not only the assimilation of

knowledge, but also the ways of this assimilation, thinking and activity, the development of cognitive forces and creative student's potential. However, given the peculiarities of the discipline, and the general tendencies to reduce the volume of classroom work and increase the amount of time spent on independent work of the student, this approach in practice is quite difficult to implement.

Taking into account global trends, Ukrainian higher education is consistently switching to the use of "third generation" [2] higher education standards, based on the development of a competent approach, as one of the new conceptual guidelines, directions of development of educational content in Ukraine and developed countries.

#### References

1. *Litvinov A.S.* Pedagogical Provision of Inno-vations in Education: Educ. Manual. for the general Sciences. ed. ped. Prof. V.V. Borisova. Sumy. Universi-ty Book, 2017. 265 p.

2. *Zakharenko V.O., Yurchenko M.A.* Quality of education, problems and directions of solution of questions of training of specialists. Modernization of higher education and problems of management of quality of training of specialists. Organization of the system of interaction/ Н.: KhDUKHT, 2018. P. 155-156.

УДК 665.73:54-414

## **БІОЛОГІЧНИЙ МЕТОД – ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВІД ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Калівошко М. Ф.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

В сучасних умовах сільськогосподарське виробництво практично не можливе без широкомасштабного використання сільськогосподарської техніки, систем і механізмів. Експлуатація машино-тракторного парку тісно пов'язана з використанням значних об'ємів нафтопродуктів. Їх слід перевозити, зберігати, переливати тощо. Порушення вимог зберігання, використання, перевезення паливно-мастильних матеріалів може призвести до їх потрапляння в довкілля. При потрапленні в навколишнє природне середовище, найбільш поширені нафтопродукти, бензин і дизельне паливо спричиняють забруднення повітря, води, ґрунту. Виникає небезпека для довкілля, сільськогосподарського виробництва, всього живого. Це обумовлює необхідність розробки методів спрямованих на очищення ґрунтів від паливно-мастильних матеріалів, у випадку їх забруднення. Очищення ґрунтів, водного середовища від паливно-мастильних матеріалів потребує значних матеріальних затрат. Використовуючи ті чи інші живі істоти можна біологічно очищати довкілля від бензину і дизельного палива, як органічних екоотоксикантів, шляхом їх розкладання до не токсичних компонентів, що було та залишається актуальним.

Метою наших досліджень було дослідити можливість використання мікроорганізмів, як біологічного методу, для очищення природного середовища від нафти і нафтопродуктів. Зверталась увага на комплексний підхід використання до вирішення поставленого завдання. Враховуючи їх характер дії на нафтопродукти, ефективність прийому, характер сполук, що могли виникають після розкладання нафтопродуктів, особливості їх взаємодії з домішками нафтопродуктів та ґрунтовим поглинальним комплексом, вплив на природне середовище тощо. Продукти розпаду, що утворюються після розкладання чи використання вуглеводних окислювальних мікроорганізмів нафтопродуктів повинні бути як не шкідливі, так і не токсичними для довкілля і всього живого.

Результати наших досліджень свідчать, що розкладання нафтопродуктів до безпечних компонентів біологічним методом є ефективним та мало витратним методом, якому слід приділяти значну увагу. В основу його покладено здатність вуглеводневих окислювальних мікроорганізмів, у процесі життєдіяльності, розкладати або засвоювати багато органічних забруднювачів. Причому, в процесі біологічного розкладання паливно-мастильних матеріалів відбувається вторинне забруднення повітря продуктами гниття – сірководнем, аміаком та іншими компонентами. Тому, біологічні методи можна умовно розділити на мікробіологічну деградацію забруднювача, біологічне поглинання та перерозподіл токсиканту.

Мікробіологічна деградація це деструкція органічних речовин відповідними вуглеводневими окислювальними мікроорганізмами, що внесені в ґрунту. Процес біологічного розкладання протікає значно швидше при оптимальній температурі, вологості тих чи інших погодних умов. Мікробіологічна деградація може бути використана у випадках, де звичайний біоценоз та мікроорганізми зберігають життєздатність як видове угруповання. Так, при рівні забруднення нафтопродуктами в межах від 1 до 16% у ґрунтах, крім аеробних нафто окислювальних мікроорганізмів, розвиваються фото гетеротрофні пурпурні несерні бактерії. Хоч процес йде повільно, його ефективність висока. Очищення ґрунтів біологічним методом за допомогою мікроорганізмів можна проводити і шляхом активізації їх діяльності в ґрунті. Особливе значення для протікання процесів деструкції мають аеробні умови. В них мікроорганізми значно активізуються. Проведенням тих чи інших агротехнічних прийомів, можна в значній мірі активізувати мікрофлору, а таким чином прискорити їх очищення.

Біологічне поглинання це здатність деяких рослин і простіших організмів пришвидшувати біологічну деградацію органічних речовин або акумулювати забруднення в клітинах. Деградації паливно-мастильних матеріалів при біологічному поглинанні протікає в своїй більшості повільно, проте без вторинного забруднення довкілля.

Висновки. Очищення ґрунтів від паливно-мастильних матеріалів біологічним методом, що базується на здатності різних штамів вуглеводневих окислювальних мікроорганізмів їх розкладати, є ефективним прийомом та має перспективи у використанні. Важливо використовувати не лише мікроорганізми,

а й штампи грибів, що б більш раціонально використовувати продукти вторинного перетворення.

УДК 621.2

## **ЖИТТЯ ЗАРАДИ НАУКИ: ВЧЕНИЙ ТА ВЧИТЕЛЬ ПРОФЕСОР Б. І. КОСТЕЦЬКИЙ**

*Костецька Н. Б.*

Висока життєва мета Б.І. Костецького – розкривати таємниці всесвіту, бути Вченим, бути Вчителем, справжньою, гідною людиною пронесена ним через все його життя.

Його учень та випускник УСГА, д.т.н. Л.Бершадський дуже точно написав до 70-річчя Бориса Івановича (1):

«...Итак зачнём. Да славится герой! И дерзкий боевой его настрой. Щебра природа. Он - и шахматист, он и старатель, и преферансист, спортсмен, охотник, шкипер, рыболов, и воспитатель нимф и ректоров... Увы, но мне всего не перечесать. Да, вот что: у героя хобби есть, в котором он порывист, как самум, задиристый и страстно молодой. Без устали. Его пытливый ум не охладить и ледяной водой. В науке он нацеленный вперёд. (Характер, правда, у него не мёд). Но, главное, какой оставить след. Да жить герою много-много лет, и так же плодотворно, как и жил, и с максимальным натяженьем жил! Уходят в Лету званья и чины, Герои для другого рождены...»

Борис Іванович прожив важке, але цікаве життя, на його покоління прийшло стільки негараздів: революція, війни, доноси, репресії, переслідування, голод... Народився Б.І. Костецький в 1910 році в сім'ї медиків. Батько Іван Євменович був земським лікарем в Тетієві. Потім в Києві займав керівні посади.

Тільки перші чотири роки життя були мирними та безхмарними. А далі понеслося: 1-а світова війна, революція, громадянська війна, смерть батька, злидні. В 13 років Борис після смерті батька стає главою сім'ї. На його піклуванні мати та сестра. З розкішної квартири лікаря в Лаврі влада виселяє їх у підвал, в бувшу холодну келію. В таких умовах формувався характер бійця. Від природи Борис був наділений неабияким розумом, баченням, сильним характером.

Життя постійно вносило свої корективи. Мрія піти по стопам батька і стати лікарем в ті часи виявилась недосяжною. Двічі поступав в Київський медінститут і отримував відмову. Мішало соціальне походження.

В 1933 році – служба в армії в Омському залізничному полку. Сибір, 50 градусів морозу. Важко захворів, був комісований і демобілізований в 1934 році. Коли вернувся до Києва, застав голод, розгублених сестру та мати. Не маючи перспектив і, враховуючи голод, Борис приймає рішення – виїхати з сім'єю на Урал, до Свердловська. На той момент у нього була освіта - гідротехнік по торфу.

На Уралі з 1934 по 1939 роки працював інспектором по якості торфу на Уралмашзаводі, Уралвагонзаводі, Першоуральському трубному заводі. У передвоєнні роки посада інспектора Мінтяжмашу та шахи (кандидат в майстри спорту) спасли Бориса від арешту. Правда, протягом двох років він зрідка ночував вдома, боявся нічних візитерів на воронку.

Мрія стати лікарем не відпускала. Заробивши необхідну суму грошей, вирішує йти на денне відділення медінституту. Але знову доля вирішує по своєму. Серйозно захворіла сестра і всі гроші йдуть на її лікування та утримання сім'ї. Залишається робота на заводі і навчання на вечірньому відділенні УПІ по спеціальності «Станки та інструмент». Закінчує інститут в 1940 році і зразу поступає до заочної аспірантури на кафедру технології машинобудування УПІ.

Починається II світова війна. Уралмаш переходить на випуск танків Т-34. Отримавши бронь, не виходячи тижнями із заводу, спавши прямо в лабораторії на столі, Борис Іванович встигає закінчити аспірантуру, підготувати дисертаційну роботу по різанню металів і успішно захищає її в 1943 році. Ставши начальником інструментальної лабораторії Уралмаша, вперше зв'язує процеси обробки метала зі структурними перетвореннями. Його праці високо оцінюються відомими вченими. На Уралмаші Борис Іванович плідно співпрацює з завідувачем ЦЗЛ, к.т.н. М.П. Брауном. За всю війну Борис Іванович мав тільки два вихідних.

В 1945 році, в кінці війни одружився з Клавдією Михайлівною, інженером–будівельником. В 1946 році в сім'ї з'явилась донька Наталя. Після війни Борис Іванович вирішує зайнятися наукою впритул. Тягнуло на батьківщину, в Україну. По конкурсу пройшов в декількох містах на посаду, але обрано було рідний Київ. Хоч вертатися було нікуди. В Києві проходить по конкурсу на посаду старшого наукового співробітника відділу контактної міцності Інституту будівельної механіки АН УРСР. Одночасно викладає в КІЦПФ( інститут цивільного повітряного флоту) по сумісництву.

Перші роки в Києві з 1946 по 1949 роки винаймали на Лук'янівці дві кімнатки, потім отримали в комуналці на вулиці Льва Толстого півтори кімнати.

В 1950 році виходить перша значуща книга Б.І. Костецького «Зносостійкість деталей машин». З притаманною йому пристрасстю і енергією працює над докторською дисертацією «Зносостійкість деталей машин» і успішно захищає її в Інституті машинознавства АН СРСР в Москві в 1951 році. Вперше запропонована класифікація видів зношування за ознакою ведучих процесів. Відомі трибологи країни високо оцінили роботу, визнавши його пріоритет в діалектичному підході до аналізу процесів зношування, беззаперечно прийнявши новий напрямок в трибології, яке, на їх думку, повинно було стати поворотним пунктом в розвитку науки про тертя.

Будучи дисидентом по відношенню до консервативного академічного середовища, розхитавши застарілі позиції в питаннях зношування, Борис Іванович і його ідеї викликають вогонь на себе. Важко складаються відносини з керівником відділу і в 1953 році Борис Іванович переходить працювати в Інститут електрозварювання АН УРСР на посаду старшого наукового співробітника лабораторії зварювання. Одночасно за сумісництвом завідує

кафедрою технології металів УСГА з 1953 по 1954 роки. В Інституті електрозварювання вперше пропонує метод холодного зварювання.

Дається в знаки величезне напруження останніх років, трапляється перший інфаркт. З того моменту він різко міняє стиль життя. Людина великої сили волі, він відмовляється від адміністративної кар'єри, дальніх поїздок, виключає із раціону м'ясні продукти та алкоголь. Поступові тренування, природа, рибалка, мисливство підняли його на ноги. З тих пір Борис Іванович давав перевагу вузівським кафедрам, не прагнучи займати посади, весь час приділяв увагу науковій роботі, підготовці аспірантів, пошукачів, докторантів. Вибрав Борис Іванович ВУЗи відомчі, більш багаті і що мали можливості для придбання дорогого дослідницького обладнання. З 1954 року працює в КІЦПФ на посаді завідувача кафедрою технології металів та матеріалознавства. Одночасно створює лабораторію тертя, мащення та зношування в машинах з унікальним обладнанням - самим потужним електронним мікроскопом. В 1954 році Б.І. Костецькому було присвоєно звання професора. Період роботи в КІЦПФ був дуже плодотворним. Вперше доказана дислокаційна структура поверхневих шарів при терті, аналіз енергетичного балансу при нормальному терті та пошкодженні.

Борис Іванович був блискучим стратегом. Щоб отримати можливість працювати і мати унікальне обладнання, він заряджав своїми ідеями людей енергійних, керівників ВУЗів, НДІ, заводів, залучаючи їх і можливістю отримати вчений ступінь, створити нові лабораторії, кафедри, які гідні ведучих наукових центрів світу.

Не маючи ніякої особистої вигоди, Борис Іванович створив умови для роботи і заняття справою, яка захопила все його життя, але не все складалось благополучно. Так, практично підготувавши плеяду науково-педагогічних кадрів: трьох ректорів-докторів наук, десятки спеціалістів - кандидатів та докторів наук для ВУЗів, створивши дослідницьку базу в КІЦПФ, пропрацювавши там біля 20-ти років, Борису Івановичу прийшлося піти з інституту. Деякі учні, злякавшись керівництва, відвернулися від нього.

В 1966 році все прийшлося починати з нуля у віці 56-ти років. Для цього була обрана Українська сільськогосподарська академія (УСГА). Знову створювалась лабораторія, купувались потрібні прилади, електронні мікроскопи при підтримці ректора професора В.Ф. Пересипкіна. Ринула нова хвиля аспірантів та пошукачів. В перші роки роботи в академії в аспірантурі у нього навчалось одночасно більше 30 чоловік. Знамениті 25 і 23 аудиторії в 7-ому корпусі були завжди наповнені аспірантами.

Людина величезної інтуїції, Борис Іванович передбачав картину процесу в цілому, в динаміці. Для підтвердження гіпотез необхідні були масштабні дослідження, тому в аспірантуру він брав всіх охочих, хто до нього звертався і хотів працювати.

Велику допомогу в організації роботи надавала дружина, Клавдія Михайлівна, взявши на себе обов'язки секретаря. Вона відповідала на листи, телефонні дзвінки, приймала вдома учнів, підгодовувала їх знаменитими пиріжками. Працював Борис Іванович в більшості вдома, люди йшли на консультації потоком. Все життя сім'ї було підпорядковане цьому ритму.

На початку 80-х років з'явилась нова апаратура для тонкого фізичного аналізу матеріалів, виникла задача закупівлі нового обладнання. Кошти були знайдені, але в цей час виникли несприятливі умови в академії. В докторантурі у Бориса Івановича був проректор М.Ф. Сагач. Ректор, побачивши в ньому конкурента-доктора наук, створив умови переслідування Михайла Федоровича і його учнів. Їм прийшлося піти з академії.

Вирішено було лабораторію створити в Інституті надміцних матеріалів. Очолив її учень кандидат наук В.О. Ляшко. Нова апаратура дозволила привідкрити таємниці субмікросвіту ще більше. Були отримані важливі результати по вивченню вторинних структур, визначений рівень активних елементів середовища в них.

Борис Іванович був не тільки вченим, а і розумів важливість підготовки інженерів. Традиційно вища освіта в країні базувалась завжди на вивченні теоретичних класичних дисциплін. Для підготовки фахівців–експлуатаційників з великим трудом в 1969 році була створена одна з перших в СРСР кафедра надійності і довговічності машин. Борису Івановичу прийшлося очолити своє дітище, хоча це було проти принципів вченого. Оформивши пенсію в 1970 році, Борис Іванович залишив посаду завідувача, продовжуючи працювати професором кафедри. Але вона поступово розчинилась і зeszла, як самостійна одиниця, хоча у всьому світі такі дисципліни вивчаються серйозно і глибоко.

Прекрасний педагог і «тренер», Борис Іванович велику увагу приділяв навчанню своїх учнів, формуванню їх світогляду. В УСГА по четвергах проходили семінари для учнів, обговорювались дисертації. Йшли дуже корисні тренінги для дисертантів. Тому майже не було зривів на захистах. Організувати захисти було також великою проблемою. Такої кількості дисертацій не могла прийняти жодна Вчена рада, приходилося домовлятися в багатьох радах по захисту, стояти в довгих чергах.

Популярність та новизна робіт Б.І. Костецького приваблювала багатьох, було багато звернень від дослідників-початківців, від заводів, ВУЗів, кафедр. Борис Іванович нікому не відмовляв, абсолютно безкорисливо допомагав, давав консультації, поради, які підкріплювались практичною допомогою.

Б.І. Костецький зіграв велику роль в долях своїх товаришів по цеху. На прохання М.П. Брауна допоміг йому перебратися зі Свердловська, рекомендував на роботу в УСГА. Свого друга молодості професора В.М. Суторихіна заставив переїхати до Києва зі Свердловська и допоміг йому працевлаштуватися в УСГА на посаду завідувача кафедрою. Запросив професора С.М. Кожевникова на роботу завідувачем кафедрою в УСГА, тим самим підняв науковий потенціал факультету механізації сільського господарства.

За період роботи в УСГА з 1966 по 1991 роки (за 25 років) підготував 112 кандидатів та докторів наук, деякі з них до сих пір працюють у ВУЗі. Це д.т.н. М.З. Савченко, професор О.В. Дацишин, доценти О.В. Зазимко, Л.Л. Роговський, В.Д. Гричкосій, А.А. Демко, С.Д. Лехман, Л.Ф. Вознюк і багато інших. Серед учнів є декілька сімейних династій: І.В. Лаврук і його син, Г.І. Залецький і його син С.Г. Залецький, брати Левчії Олег та Віктор, професор І.Г. Носовський і його син, сімейні пари Колісниченків та Халявок.

Із інших міст та країн також йшов потік учнів, варто було першому попасти в аспірантуру. Шлях своїх учнів простежував і після захисту, допомагав з працевлаштуванням, сприяв в отриманні житла.

Борис Іванович з гордістю і деякою іронією розповідав, як йому вдавалось уникати вступу до комуністичної партії, враховуючи службу в армії, роботу на Уралмаші під час війни, займаючи посади, які вимагали цього і після війни. Виникало багато проблем, які граничили з ризиком, в зв'язку з піонерськими ідеями та концепціями. Все життя йому приходилося бути першопроходьцем: концепція окислювального зношування і засуджуюча у відповідь резолюція наради АН СРСР, вплив масштабного фактору на процеси при терті і висновки, пов'язані із збільшенням розмірів деталей. А це в ті часи могло бути розцінено, як шкідництво і закінчитися арештом. Протягом багатьох років йшла боротьба двох ідеологій – механістичної (московської) та структурно-енергетичної (київської). Були відхилені заявка на відкриття явища структурної пристосованості при терті московською комісією, заявка на державну премію.

Б.І. Костецький багато що встиг зробити за свої 80 років. Створив школу, близько 160 кандидатів і 12 докторів наук – його учні в багатьох країнах світу. Видав більше 500 робіт, 25 монографій. Є основоположником теорії окислювального зношування. У 1980 році йому було присвоєно звання «Заслуженого діяча науки УРСР». В останні роки життя захопився ідеєю термодинаміки відкритих систем, пристосовував її до процесу тертя, і вважав, що він практично завершив свою теорію.

Б.І. Костецький був енциклопедистом, на будь-яке питання завжди міг відповісти. Багато читав, читання було його улюбленим заняттям. Успішні люди планують свою роботу, чітко визначають терміни виконання. Навіть будучи літньою людиною, що перенесла декілька інфарктів, незадовго до кінця життя писав «планов громадє» і досягав намічених цілей, та таких, що може позаздрити будь-яка молода людина! Одержимість в роботі, дисциплінованість, велика сила волі, розум дали можливість Б.І. Костецькому прожити цікаве життя, залишаючись внутрішньо вільною людиною. Станіслав Лем сказав: «Розум – це внутрішня свобода». Такій людині важко було відповідати, але цікаво жити з ним поруч. Він залишив яскравий слід в науці і вплинув на долі багатьох людей. Борис Іванович був потомственным інтелігентом, носієм не лише науковою, але і всієї іншої культури, яку щедро передавав всім, хто з ним стикався. Тому багато хто з учнів називає його Вчителем з великої літери [1, 2].

#### Список літератури

1. Памяти Б. И. Костецкого. Трение и износ. 1993. № 1, т. 14, С. 4-9.
2. Костецький Борис Іванович. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Костецький\\_Борис\\_Іванович](https://uk.wikipedia.org/wiki/Костецький_Борис_Іванович) [режим доступу 25.10.2019].



УДК 631.004.7

**ПРОФЕСОР БОРИС ІВАНОВИЧ КОСТЕЦЬКИЙ –  
ОСНОВОПОЛОЖНИК ТЕОРІЇ ПОВЕРХНЕВОЇ МІЦНОСТІ  
МАТЕРІАЛІВ У ПРОЦЕСІ ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ**

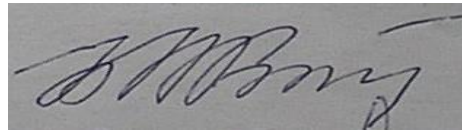
*Роговський Л. Л., Зазимко О. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*



20.03.1910 – 15.02.1991 рр.

«...Поверхнева міцність матеріалу не може бути прямо зв'язана з властивостями вихідного матеріалу. Вона залежить від властивостей нової фази-вторинних структур, які утворюються із вихідного матеріалу шляхом його структурної перебудови і взаємодії з середовищем. Ця трансформація приводить спочатку до створення нової фази - дійсного об'єкту руйнування – і лиш потім до його руйнування. У цьому і є корінна відмінність об'ємного і поверхневого руйнування і міцності».



Борис Іванович Костецький, належить до плеяди яскравих, особистостей-засновників сучасної трибології, який ще за життя приймався всіма як класик. Це можна зв'язати з його творчою спадщиною, кількістю прямих учнів, багатьма послідовниками, чисельністю нових ідей, уявлень і експериментальних результатів. А можна судити і по тому, що багато розвинутих ним уявлень були на «вістрі» і являлись синтезом останніх досягнень фундаментальних суміжних наук [1].

Борис Іванович Костецький народився 2 квітня 1910 року у м. Тетіїві Таращанського повіту Київської губернії в сім'ї земського лікаря [2].

У 1914 році сім'я переїхала до міста Києва. В 1917 році закінчив перший клас чоловічої гімназії, потім трудову семирічну школу, а згодом Київський меліоративний технікум.

Служив в армії і в 1934 році демобілізований із її рядів за станом здоров'я. Повернувся до міста Києва, але враховуючи голод в Україні, він з матір'ю і сестрою виїхав в 1934 році на Урал до міста Свердловська (нині Російська Федерація).

На Уралі з 1934 по 1939 роки працював інспектором з якості торфу на ряді заводів. Одночасно навчався на вечірньому відділенні Уральського політехнічного інституту, який закінчив у 1940 році за спеціальністю «Верстати та інструмент». У 1943 році заочно закінчив аспірантуру цього інституту і

захистив кандидатську дисертацію «Дослідження процесів шліфування у зв'язку, з тепловим режимом і структурними змінами, які виникають при шліфуванні загартованих поверхонь».

Працюючи на заводі «Уралмаш» Борис Іванович Костецький розробив метод виготовлення литого різального інструменту із відходів швидкорізальної сталі і технологію виготовлення біметалевого різального інструменту, де різальна частина виготовлялась із швидкорізальної сталі, а кріпильна (стержень різця) із вуглецевої сталі.

У період 1941-1946 рр. працював на заводі «Уралмаш» старшим майстром, старшим технологом, інженером дослідником та начальником інструментальної лабораторії.

Борис Іванович Костецький був заїдливим рибалкою, мисливцем, шахістом (кандидатом у майстри спорту).

Після війни Борис Іванович Костецький вирішує зайнятися професійною наукою і у 1946 році подавши документи в декілька інститутів СРСР, він вибирає (хоч з гіршими умовами) Інститут будівельної механіки АН УРСР (м. Київ). За сумісництвом викладає в Київському інституті цивільного повітряного флоту.

У 1950 році виходить перша монографія Бориса Івановича Костецького «Зносостійкість деталей машин», в 1951 році він захищає докторську дисертацію з такою ж темою.

З 1953 до 1954 рік Борис Іванович Костецький працює старшим співробітником лабораторії зварювання в інституті електрозварювання АН УРСР і за сумісництвом завідує кафедрою технології металів Української сільськогосподарської академії. У 1954 році йому було присвоєно вчене звання професора.

Найбільш повною мірою його таланти, як вченого і педагога розкрився в Київському інституті інженерів цивільної авіації (1954-1966 рр.) і Українській сільськогосподарській академії (1966-1991 рр.).

У Київському інституті інженерів цивільної авіації Борис Іванович одночасно працював на посаді завідувача кафедри технології металів і матеріалознавства та керівника створеної ним наукової лабораторії тертя, змащування і зношування в машинах. Тут вперше досліджено дислокаційну структуру поверхневих шарів матеріалів під час проведення унікального експерименту з аналізу енергетичного балансу за умов нормального тертя і пошкоджуваності. Під його керівництвом за період роботи в Київському інституті інженерів цивільної авіації захистилось 38 кандидатських і 5 докторських дисертацій, у тому числі три майбутніх ректори цього вищого навчального закладу.

Після створення науково-дослідної бази підготовки плеяди науково-педагогічних кадрів в Київському інституті інженерів цивільної авіації, пропрацювавши там більше двадцяти років, у Бориса Івановича з'явилися суперечливості і розбіжності з керівництвом навчального закладу, в тому числі з окремими його вихованцями.

Заключний період науково-педагогічної діяльності Бориса Івановича Костецького пройшов в Українській сільськогосподарській академії. Спочатку

(1966-1969 рр.) він працює на посаді професора кафедри експлуатації машинно-тракторного парку, а згодом (1969-1971 рр.) організовує і завідує кафедрою надійності і довговічності машин сільськогосподарського виробництва. Після об'єднання з кафедрою технології металів Б. І. Костецький завідує кафедрою технології металів надійності і довговічності машин (1972-1976 рр.). З березня 1976 року до лютого 1991 року працював на посаді професора кафедри, яка в 1987 році перейменована на кафедру технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства.



Колектив кафедри в неповному складі (1984 р.). Зліва-направо: перший ряд Єремеев О. І., Сокол О. Н., Іванов Г. О., Михайліс І. П., Опальчук А. С., Костецький Б. І., Міхно Н. О., Толмачова Т. І., Удод С. І., другий ряд - Чернишова К. І., Павлюк Н. І., Сасевич Е., Черкасов Н. П., Остапенко Г. І., Павлік В. В., Супруненко О. В., Олексієнко Т. П., Жужа Т., третій ряд - Грибан О. П., Губський Ю. Д., Гупка Б. В., Зелінський О. М., Адель Абдель Азіз Мустафа (Єгипет), Мирівський Е. І., Ляшко В. О., Гурмаза О. А., Мшенеш А. (Сирія), Семеновський О. Є., Роговський Л. Л.

Відсутні: Призюк М. П., Домащенко І. Д., Данилевич С. Ю., Левтринський С. О., Ізюбенко Я. Т., Котречко О. О., Пивоваров З. Б., Качинськи Р. (Польща), Нахимович Є. (Польща), Крочко В. (Словакія), Костин В. М.

В Українській сільськогосподарській академії знову майже з нуля було створено чотири науково-дослідні лабораторії з необхідними приладами, установками, новітнім електронним мікроскопом УЭМБС-100 (роздільна здатність близько 1000 Н м), який давав можливість досліджувати взаємодію і вплив дислокацій на реальну структуру поверхневих шарів матеріалів при терті.

У період з 1968-1975 рр. у Бориса Івановича Костецького нараховувалось до 30 аспірантів і пошукачів. В лабораторіях кафедри одночасно виконували дослідження до 20 аспірантів.

Борис Іванович Костецький сприяв залученню на завідування кафедрами професора Суторіхіна В. М. на завідування кафедрою деталей машин і підйомо-транспортних машин та член-кореспондента СРСР Кожевнікова С. М. на завідування кафедрою опору матеріалів.

Борис Іванович Костецький вперше в світовій науці класифікував види зношування за ведучими процесами. Вид зношування визначається умовами роботи пари тертя, характером руйнування поверхні, структурою і властивостями поверхневих шарів, зумовленими механічною і фізико-хімічною взаємодією матеріалів деталей і середовища в зоні тертя. Він розробив комплексну методику і машини для дослідження процесів зношування [3], яку визнали навіть його наукові опоненти такі, як академіки СРСР П. А. Ребіндер, М. М. Хрущов і П. Є. Дьяченко.

Наукові здобутки Бориса Івановича Костецького, що стали всесвітньо-відомими, пов'язані з розробленням класифікації процесів зношування та пошкодження деталей машин, дослідженням фізико-хімічних механізмів відкритого ним явища нормального окислювального зношування, формуванням вторинних структур на поверхнях тертя і теорія структурного пристосування матеріалів під час тертя на базі сучасних уявлень металофізики, механохімії і термодинаміки.

Дослідження розвитку вторинних структур дозволило встановити явище самоорганізації і саморегулювання процесів вторинного структуроутворення, синергізм дії деформаційних, дифузійних і хімічних процесів. Відкрито ряд ефектів контактної та аномальної взаємодії активних елементів середовища в метал, негативний вплив кисню при надлишковому окиснюванні в умовах тертя кочення, абразивного зношування і фретинг-процесі.

Борисом Івановичем Костецьким розроблено загальну методологію вирішення практичних завдань за допомогою вивчення процесів зношування деталей машин в умовах їх експлуатації, системного аналізу на базі структурно-енергетичної теорії тертя та зношування.

Він уперше застосував найсучасніші методи дослідження процесів зношування: електронну мікроскопію, рентгеноструктурний, електронно-графічний, оже-спектральний аналізи, досліджував зміни дислокаційної структури матеріалів в зоні тертя.

Під керівництвом Бориса Івановича Костецького розроблено цілісну систему технічних рішень з підвищення зносостійкості та довговічності вузлів тертя, захищених 47 авторськими свідоцтвами на винахід СРСР.

З 1990 року Борис Іванович Костецький захопився розробкою і реалізацією теорії термодинаміки відкритих систем в процесах тертя і зношування.

Борис Іванович Костецький особливо цінував наукову співдружність з академіками СРСР П. А. Ребіндером, М. М. Хрущовим, Ю. С. Термінасовим, А. І. Петрусевичем, А. С. Ахматовим, С. В. Венцелєм, В. Т. Трощенком, професорами Е. М. Натансоном і М. П. Брауном.

Борис Іванович Костецький підготував 164 кандидати технічних наук і 12 докторів технічних наук, які й до нині працюють в багатьох країнах світу зокрема в Україні, Федеративній Республіці Німеччині, Сполучених Штатах Америки,

Державі Ізраїль, Республіці Польщі, Республіці Болгарії, Арабській Республіці Єгипті, Сирійській Арабській Республіці і Російській Федерації.

Найбільш плідним періодом роботи Бориса Івановича Костецького була робота в Українській сільськогосподарській академії (нині Національний університет біоресурсів і природокористування України), де з 1966 року було захищено 119 наукових дисертацій, найбільше у 1970 році – 12. Лише за три роки 1970-1972 рр. захищено 30 дисертацій. Наукові роботи аспірантів Української сільськогосподарської академії та з інших наукових закладів, зв'язаних із сільськогосподарською технікою були спрямовані на дослідження видів зношування деталей різних груп машин в умовах експлуатації.

Для найбільш поширеного видів зношування досліджувався механізм руйнування поверхневих шарів матеріалів пар тертя і способи підвищення довговічності деталей та вузлів.

Виконувались також роботи з впливу масштабного фактору мастил та інших робочих середовищ (отрутохімікати, мінеральні та органічні добрива, ґрунт, продукція сільського господарства і тваринництва та ін.) на механізм та інтенсивність зношування матеріалів деталей при терті.

Для нашого Університету підготовлено підготовлено 26 науковців. На кафедрах працювали і працюють такі учні Бориса Івановича Костецького: Залецький Г. І., Лаврук І. В., Роговський Л. Л., Ляшко В. О., Зазимко О. В. – працювали і працюють на кафедрі технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства; Цесін С. Є., Кравець І. А. Кривенко І. І. – надійності техніки; Агулов І. І., Залецький С. Г., Гречкосій В. Д., Бондарук В. Є., Чугай А. Я., Демко А.А., Денисенко М.І., Пивоваров Є. Б. – технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка; д.т.н. Савченко М. З., Звенигородський В. П. – механізації тваринництва; Вознюк Л. Ф. – сільськогосподарських машин та системотехніки імені академіка П. М. Василенка; Литвиненко Г. Ф., Костецька Н. Б. – конструювання машин і обладнання; Шепельський В. А. – нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну; Лехман С. Д. – охорони праці та інженерії середовища; Дацишин О. В. – процесів і обладнання переробки продукції АПК; Левчій О. В. – тракторів, автомобілів та біоенергосистем.

Роботи Бориса Івановича Костецького отримали визнання, як у СРСР так і за кордоном де він неодноразово виступав на міжнародних конгресах і конференціях.

Костецьким Борисем Івановичем опубліковано 459 наукових праць, з них 25 монографій. Книги і статті друкувались за кордоном. Борис Іванович був членом декількох спеціалізованих вчених рад, членом наукової ради тертя і мастильної дії, членом комісії з втомної міцності при АН СРСР, заступником голови Ради надійності і довговічності машин та споруд при Президії АН УРСР, членом редколегій науково-технічних журналів та наукових збірників. Приймав участь у підготовці багатотомної української енциклопедії.

Борис Іванович Костецький нагороджений медалями: «За трудову доблесть», «Ветеран труда», «В память 1500-летия Киева», «Отличник Аэрофлота». Крім того він нагороджений 15 грамотами, у тому числі «Почетной

грамотой Президиума Южного отделения ВАСХНИЛ». Йому присвоєно звання «Заслуженный изобретатель СССР» (1975 р.) «Заслуженный деятель науки УССР» (1980 р.).

#### Список літератури

1. Памяти Б. И. Костецкого. Трение и износ. 1993. № 1, т. 14, С. 4-9.
2. Костецкий Борис Иванович. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Костецкий\\_Борис\\_Иванович](https://uk.wikipedia.org/wiki/Костецкий_Борис_Иванович) [режим доступу 25.10.2019].
3. Гречкосій В. Д. Вони прославили університет. Борис Иванович Костецкий. <https://nubip.edu.ua/node/43472> [режим доступу 25.10.2019].

УДК 631.331

## СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ДОСЛІДЖЕННЯ І ОПИСУ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Опалко В. Г.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Необхідність застосуванням принципово нових підходів до вирішення завдання підвищення технічного рівня вітчизняних сільськогосподарських машин обумовлена сучасними технологіями виробництва, економічними перетвореннями і задачами забезпечення конкурентоспроможності техніки на внутрішніх та зовнішніх ринках.

Дослідження якості техніки, пошук, планування та реалізація заходів, спрямованих на вирішення поставлених задач, потребують використання методології системного підходу та аналізу.

Системний підхід полягає у застосуванні сукупності методологічних принципів і теоретичних положень, які дають змогу розглядати кожний елемент системи у його зв'язку і взаємодії з іншими елементами, виявляти існуючі між ними зв'язки й відношення, простежувати зміни, що відбуваються в системі у результаті змін окремих ланок і визначати оптимальний режим її функціонування.

Системний підхід до дослідження і опису технічних об'єктів на основі процедур процесу формування загального й детального уявлення про систему передбачає її декомпозицію на підсистеми, що взаємодіють між собою, роздільне вивчення їх структури та функцій з подальшим синтезом отриманої інформації.

Основна проблема при декомпозиції полягає у тому, що доводиться знаходити компроміс між простотою опису та необхідністю врахування численних факторів і характеристик складної системи [1]. Як правило, цю проблему вирішують через ієрархічний опис системи, тобто система описується кількома моделями (блоками), кожна з яких описує поведінку системи з погляду різних рівнів абстрагування. Це пов'язано з тим, що зазвичай зв'язки елементів

складних систем різні як за типом, так і за силою, що дозволяє розглядати ці системи як деяку сукупність взаємозалежних підсистем.

З позицій системного підходу конструкція зернової сівалки (на прикладі СЗ-3,6А) є складною технічною системою, що складається з окремих робочих органів, агрегатів, вузлів, деталей. Декомпозиція конструкції сівалки проводиться на основі блочно-ієрархічного підходу. Він дозволяє провести структурування конструкції за ступенями детальності опису з виділенням ієрархічних рівнів. Використання принципу декомпозиції (блоковості) забезпечує представлення кожного рівня у вигляді складових частин (блоків) з можливостями роздільного (поблочного) вивчення об'єктів на кожному з рівнів.

У машинобудуванні у відповідно до ГОСТ 2.101-68 [2] є рівні деталей, збірних одиниць, комплексів і комплектів. Базові елементи представлені деталями. Деталі визначаються як елементи, які фігурують в описах нижчого ієрархічного рівня, на якому системами є збірні (складальні) одиниці. Вони є елементами комплексів (агрегатів) - систем наступного ієрархічного рівня.

В результаті проведеного аналізу сформульовано процедури щодо виявлення значущих складових частин сівалки (рис. 1).

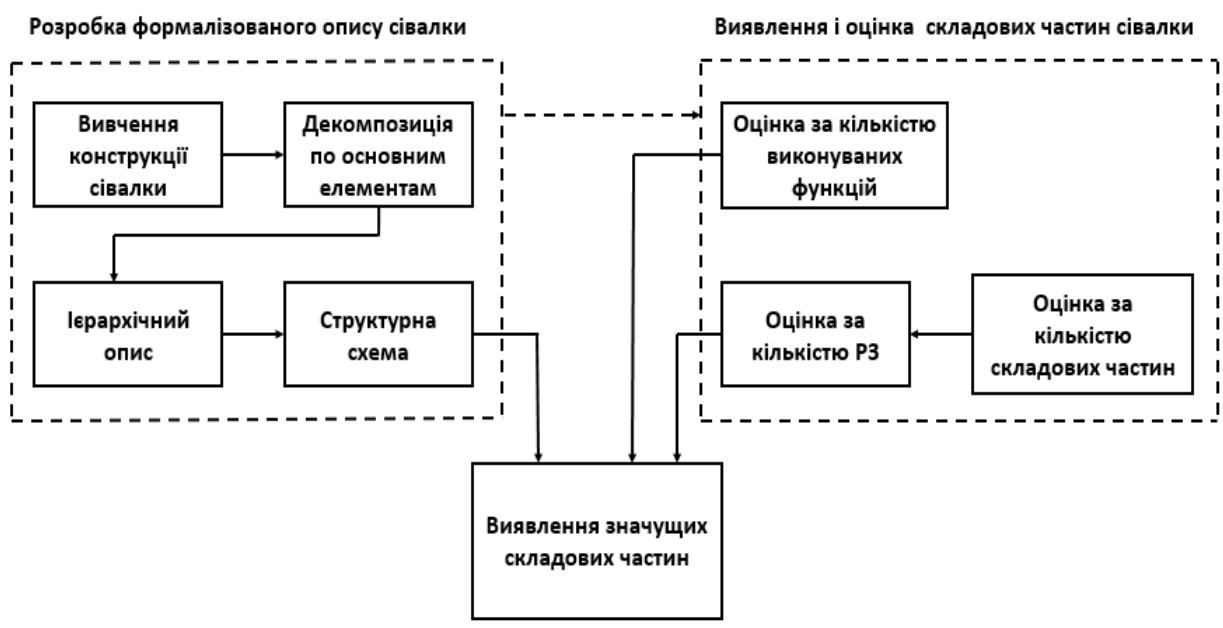


Рис. 1. Виявлення значущих складових частин сівалки.

Представлений метод структурної декомпозиції конструкції сівалки дав змогу визначитися з агрегатами, вузлами, деталями, які входять до її складу, провести їх аналіз і розробити формалізований опис конструкції зернової сівалки типу СЗ-3,6, що передбачає виділення п'яти ієрархічних рівнів [3].

Проведений аналіз свідчить, що дана посівна машина включає велику номенклатуру складових частин (рис. 2). При цьому багато компонентів на різних рівнях складності мають різьбові з'єднання, що дозволило нам виділити їх важливість.



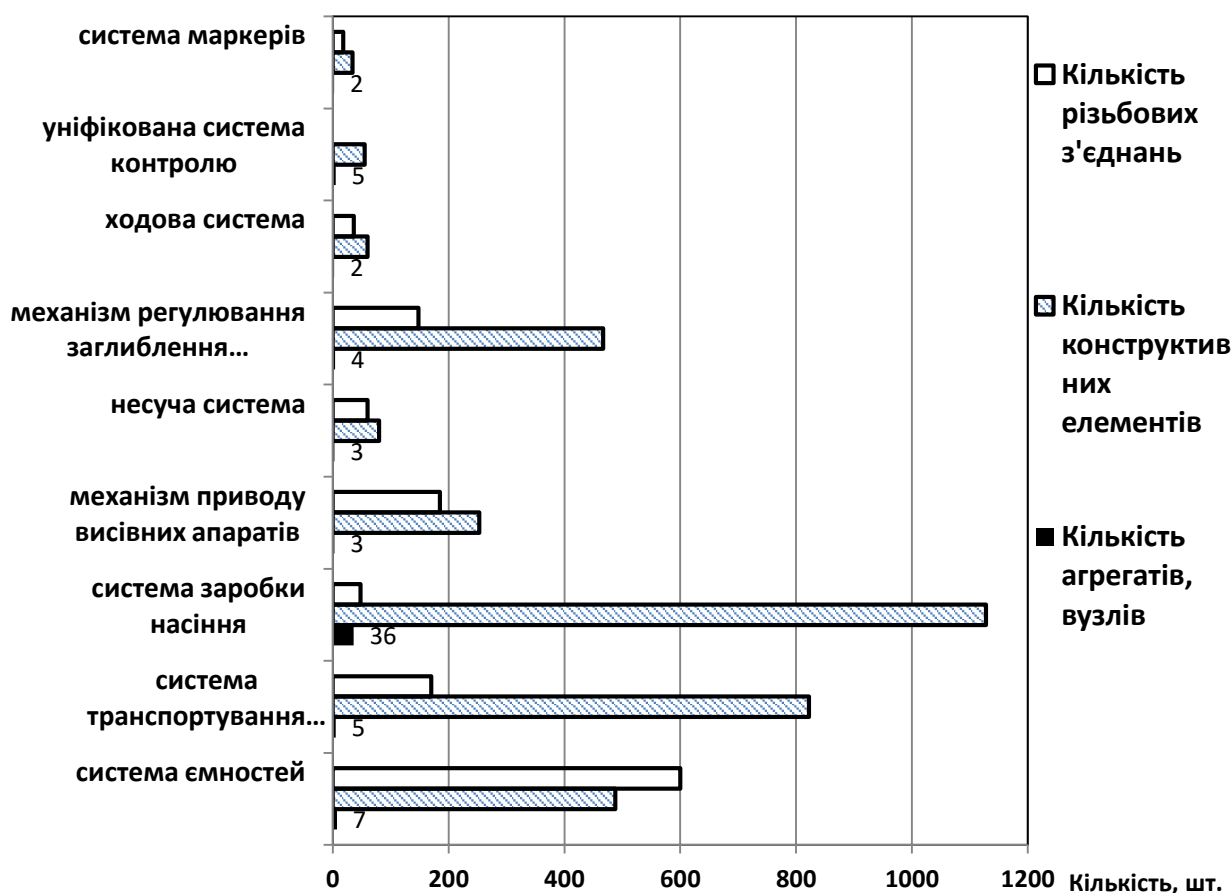


Рис. 2. Результати аналізу кількості складових частин сівалки.

Різьбові з'єднання приймають участь у формуванні технічного рівня сільськогосподарських машин: вони визначають працездатність вузлів і агрегатів, їх надійність в процесі експлуатації, впливають на дизайн і безпеку обслуговування. Актуальність даного питання визначається практичним аспектом використання інформації для розробки рекомендацій щодо покращення якості машин і складових частин, їх експлуатації і технічного обслуговування.

#### Список літератури

1. Теслер Г.С., Косс В.А. Методика системного аналізу з позиції методології системного підходу для потреб проектування систем управління. Математичні машини і системи. 2008. № 1. С. 139–150.
2. ГОСТ 2.101-68. Единая система конструкторской документации. Виды изделий. Дата введения 1971-01-01. Москва. Стандартиформ. 1971. 5 с.
3. В. І. Рубльов, В. Г. Опалко Структуризація будови зернових сівалок. Механізація і електрифікація сільського господарства. 2013. Вип. 97(1). С. 447-459.



УДК 658.3.1

## **SOWING AREA IN SYSTEM OF SEEDING MACHINES**

***Mamuka Benashvili***

*Georgia Agricultural University*

The sowing area this year will be 2.69 million hectares, which exceeds last year's figures by 152 thousand hectares. This year, 2.69 million hectares will be sown, which exceeds the area of sowing in 2016 by 152 thousand hectares, the Ministry of Agro-Food. Grain crops will be sowed with 53% of sown areas (14.3 million hectares), of which spring crops and leguminous crops with maize make up 7.17 million hectares, and winter crops for grain make up 7.15 million hectares. In the section of spring crops 177 thousand hectares will be sown with wheat, 159 million hectares with barley, 199,000 ha with oats, 386,000 with peas, 4.47 million hectares of corn for grain and 154,000 hectares of buckwheat. Several billion hectares will be allocated for winter crops. In particular, 6.103 million hectares will be sown with winter wheat, 169 thousand hectares of rye, 872 thousand hectares of winter barley. Of the technical crops will be sown: sugar beet – 313 thousand hectares, sunflower – 5.6 million hectares, soybean – 1.88 million hectares. Recall previously reported that Ukraine continues to expand the geography of agricultural products sales.

Exports in January-March 2017 increased by 38.6% Ukrainian agrarian exports increased by 38.6% in January-March 2017 and amounted to \$ 4.56 billion. This was reported in the press service of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine, with reference to the State Statistics Committee. "Agrarian exports in January-March 2017 increased by 38.6% and amounted to \$ 4.56 billion, which is \$ 1.26 billion more than in the same period last year," the report said. According to the press service, the largest increase in exports was observed in the supply of live animals and products of animal origin (159.1% of the I quarter of 2016). In absolute figures of this production was exported to 213 million dollars. For example, vegetable products were exported to foreign markets worth \$ 2.3 billion (135% against the same period last year), animal and vegetable fats and oils – by \$ 1.28 billion (136% against the same period last year), Finished food products – by \$ 0.75 billion (151% against the same period last year).

The increase in exports was observed for all groups of agricultural products, due to the supply of: sunflower oil (by \$ 315.7 million), soybeans (by \$ 225.9 million), corn (by \$ 140.4 million), sugar (by 116, \$ 3 million), wheat (by \$ 110.6 million), barley (by \$ 65.8 million) and other products. The main trade partners in the agrarian sector for Ukraine are the countries of Asia – 44.4% (from all Ukrainian exports), EU countries – 28.6% and African countries – 18%. Recall earlier reported that the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine predicts a fall in the harvest of fruits and berries in Ukraine by 29%.

## ВІБРОСИГНАЛ ДИЗЕЛЯ ТА МОДЕЛЬ ВІРТУАЛЬНОГО ПРИЛАДУ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

*Надточій О. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Одним з напрямків у розвитку мобільних діагностичних комплексів для оцінки стану ДВЗ є оперативність збору та достовірність інформації, а також зниження вартості апаратного обладнання та програмного забезпечення.

Проблемою ж застосування методів вібраційного аналізу полягає у відсутності досить простих у використанні та обслуговуванні систем аналізу віброакустичних сигналів.

Сучасне сьогодні диктує свої нові правила та підходи у виборі засобів для проведення віброакустичних досліджень. Більшість дослідників і установ не мають достатньої матеріальної забезпеченості, щоб придбати дорогий осцилограф чи аналізатор спектру.

Використання для моделювання процесів відомих систем моделювання типу LabVIEW чи MATLAB теж не позбавлено цих недоліків (вартість одного робочого місця LabVIEW на сьогодні становить 1200\$).

Таким чином, виникає задача розробки апаратури для вимірювання параметрів вібрації незалежна від задач і вартості обладнання. Таким чином народилася концепція віртуальних приладів.

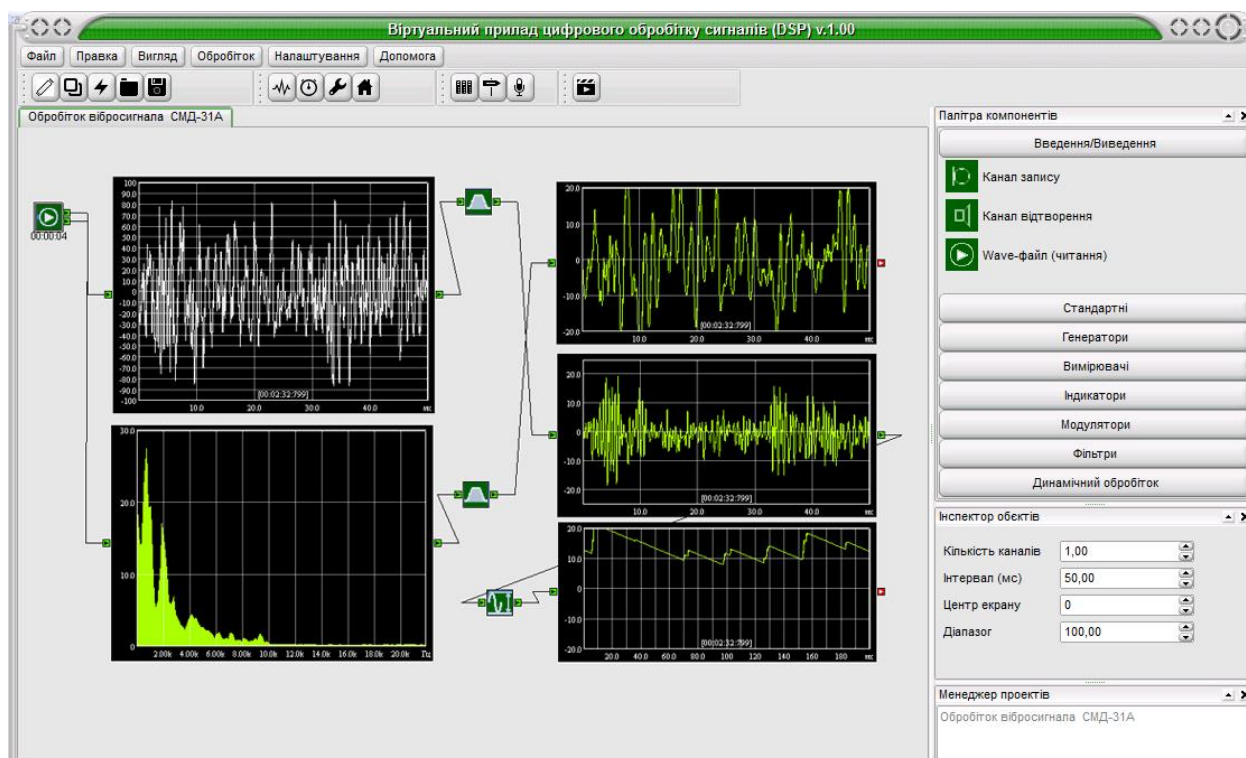


Рис. 1. Головне вікно віртуального приладу ЦОС (DSP).

Віртуальний вимірювальний комплекс створений на основі звукової карти з частотою дискретизації 96 або навіть 192 кГц використовує її як аналого-цифровий (АЦП) і цифро-аналоговий (ЦАП) перетворювачі, дозволяючи оцифрувати аналоговий сигнал і потім якісно його проаналізувати та провести його обробіток. На кафедрі технічного сервісу і інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка НУБіП України зроблена спроба розробити такий віртуальний прилад для цифрового обробітку сигналів отриманих від звукової плати (рис. 1).

Програма «Віртуальний прилад цифрового обробітку сигналів (DSP)» призначена для захоплення сигналу, що надійшов на вхід звукової плати комп'ютера, обробки сигналу з використанням алгоритмів ЦОС, і виведення обробленого сигналу через вихід звукової плати.

Для виділення спектру віброакустичного сигналу, як правило використовується швидке перетворення Фур'є (ШПФ) (рис. 2).

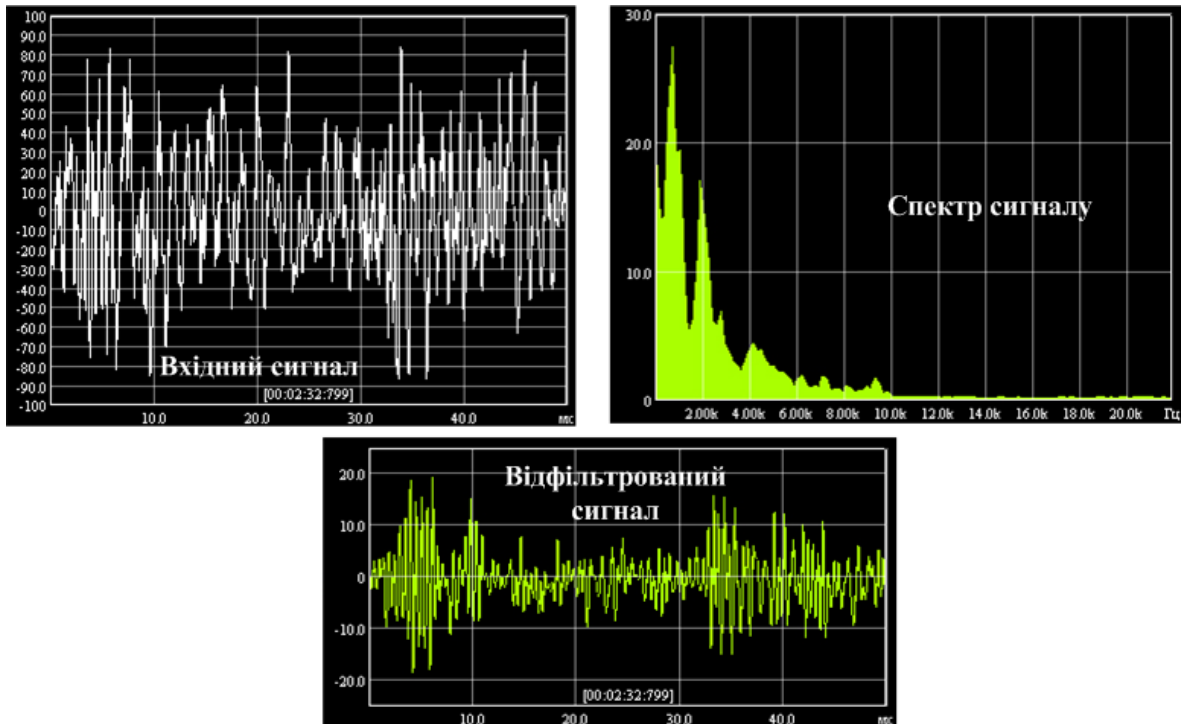


Рис. 2. Реалізація обробітку (отримання спектральної щільності, фільтрація).

В програмі функціонують і можуть бути використані: фільтр нижніх частот (ФНЧ) (LowPass) передає складові в нижньому діапазоні і зменшує складові верхніх частот; фільтр верхніх частот (ФВЧ) (HighPass) передає складові в верхньому діапазоні і зменшує складові нижніх частот; полосові фільтри (ПФ) (BandPass) передають складові, які відповідають певній полосі частот; режекторний фільтр (ЗФ) (BandReject) зменшує амплітуди складових певної полоси (загороджувальний).

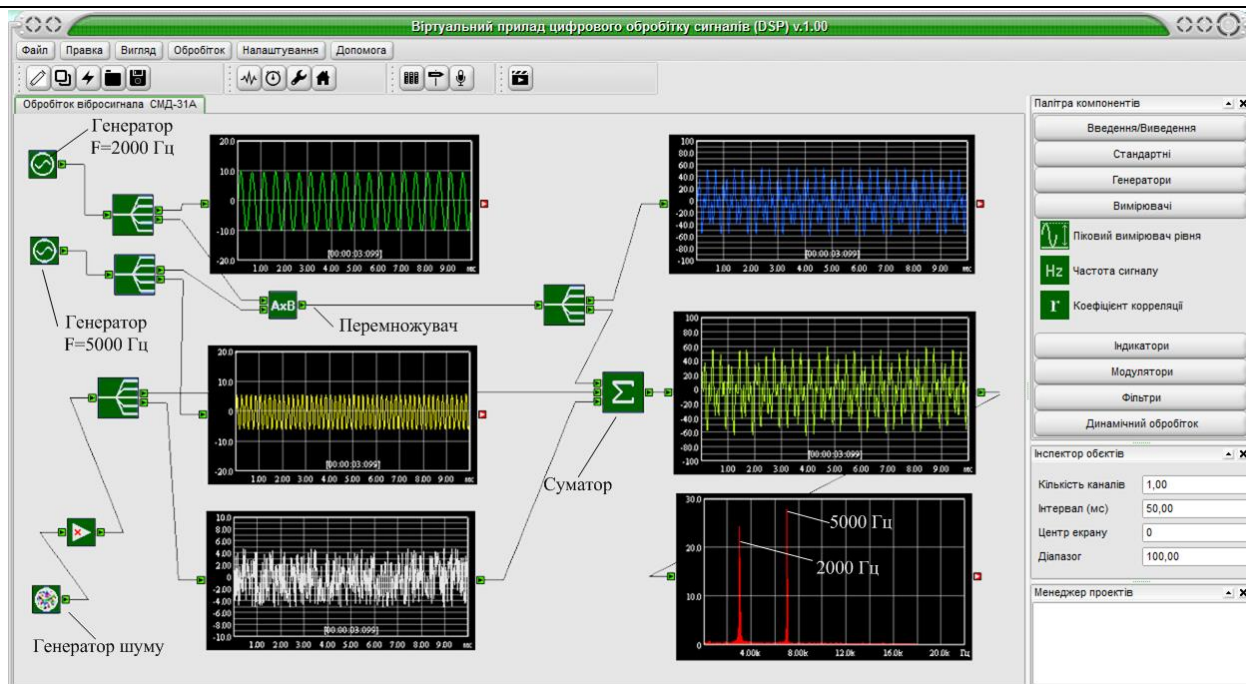


Рис. 3. Моделювання сумарного сигналу з генераторів та їх обробіток.

За допомогою віртуального приладу можна створювати і моделювати різні процеси (рис. 3) використовуючи генератори, суматори, перемножувачі сигналів, тощо.

Програма не є закінченим продуктом і її функціонал поступово вдосконалюється і розширяється (оптимізуються алгоритми, створюються нові обробники, виправляються помилки тощо).

Також у програмі присутні обробники, що дозволяють оцінити рівень сигналу, частоту основної гармоніки, коефіцієнт кореляції двох сигналів тощо. Кожен компонент-обробник має свою власну панель налаштувань параметрів.

УДК 631.3

## ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТНО-ОБСЛУГОВУЮЧИХ РОБІТ КОМБАЙНІВ

*Мельник В. І.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Ремонт сільськогосподарської техніки складає понад половину сумарного обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт (РОР), які проводяться в умовах аграрних підприємств, тому необхідне безперервне удосконалення організації ремонтної служби. В останні роки науково-дослідні організації свою увагу зосередили, головним чином, на питаннях технології та організації технічного обслуговування та ремонту (ТОР) машин. Разом з тим, багато важливих і досить складних питань організації робіт ремонтних майстерень господарств

залишаються не вирішеними. Особливо це стосується ремонту таких багатоопераційних машин, як зернозбиральні та кормозбиральні комбайни, фермські комбайни (засоби для приготування і роздавання кормів).

В силу багатьох причин та обставин, близько 60-70% комбайнів експлуатуються за межами встановлених термінів експлуатації і представляють певну небезпеку для обслуговуючого персоналу. Відомо, що технічний стан комбайна залежить від терміну його експлуатації, тому для забезпечення якості виконання РОР та забезпечення безпеки персоналу, необхідно підтримувати технічний стан комбайнів у відповідності до норм техніки безпеки та охорони праці. Під час роботи комбайнів у польових умовах усувають пошкодження, несправності, проводять технічне обслуговування та технологічні регулювання спеціально підготовлені слюсарі-ремонтники.

Основними причинами незадовільного технічного стану комбайнів є: низька пристосованість до проведення операцій ТОР; істотне відхилення режимів роботи механізмів та робочих органів внаслідок несвоєчасного та неякісного проведення РОР; недосконалість матеріально-технічної бази. Крім того, значна частина операцій є невідповідними, складними, трудомісткими. Але разом з тим, як показує аналіз, для комбайнів, які надходять в експлуатацію в останні роки відсутня інформація про пристосованість до налагодження та регулювань, ТОР.

При виконанні багатьох операцій РОР не дотримуються норми робіт та правила виконання технологічних операцій, порушуються умови праці. Тому, такі проблеми як зниження якості проведення РОР, поліпшення умов праці слюсарів-ремонтників, зменшення ризику виникнення травм, підвищення пристосованості до проведення ТОР, усунення відмов є актуальними. Організація ефективного проведення технічного обслуговування та ремонту комбайнів в умовах ремонтних майстерень аграрних підприємств є важливим завданням, яке в значній мірі залежить від умов роботи слюсарів-ремонтників.

УДК 631.3

## **МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ НАРАЛЬНИКОВИХ СОШНИКІВ**

*Тарасенко С. Є.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Причинами пошкоджень сошників сівалок можуть бути їх зношування під дією ґрунту або аварійні пошкодження у випадку зіткнення зі сторонніми твердими предметами. Основною причиною виходу з ладу сошників є їх зношування. Особливо це характерно для сошників сівалок, які працюють за технологіями мінімального обробітку ґрунту. В конструкціях сошників

вітчизняних сівалок в основному використовуються середньо вуглецеві марганцеві сталі типу сталь 65Г. При відповідному гартуванні вони поєднують в собі зносостійкість і ударну в'язкість, яка необхідна робочому органу при раптових динамічних навантаженнях.

В роботі [1] пропонується застосування переривчастого наплавлення для формування при зношуванні зубчастої робочої поверхні. Таке лезо краще взаємодіє з ґрунтом, але в даному випадку контактна взаємодія розглянута для підкопувача цукрозбиральної машини з робочим органом дискового типу.

Ефективними проти зношування і перевіреними на практиці експлуатації робочих машин є технологічні методи, які включають в себе застосування різних матеріалів і технологій підвищення зносостійкості поверхонь. Але робочі органи ґрунтообробних машин мають свою специфіку експлуатації втрати роботоздатності при зношуванні, які обумовлені зміною геометрії робочої частини [2]. Як правило робоча частина займає по площі незначну поверхню, але дуже суттєво впливає на роботоздатність. Тому зміцнення в якості тільки підвищення фізико-механічних властивостей матеріалу поверхні робочого органу без урахування особливостей його взаємодії з технологічним середовищем є або малоефективним або потребує застосування високо зносостійких матеріалів.

Для підвищення довговічності сошників у вигляді стрілчастих лап в роботі [3] пропонується індуктивна наплавка сплаву „Сормайт”. Відомо, що тверді сплави не завжди задовільно працюють в умовах динамічних навантажень. Так, підвищити довговічність ґрунтообробних робочих органів можливо при нанесенні наплавки „Реліт” або „КБХ”. Нові перспективи у підвищенні довговічності наральникових сошників відкривають локальні методи нанесення зміцнюючих наплавки з метою формування при зношенні відповідних форм робочих поверхонь.

#### Список літератури

1. Блезнюк О. В. Дослідження технології наплавлення леза дискового копака зносостійким матеріалом перемінної товщини. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків. 2003. Вип. 21. С. 394—398.
2. Бойко А. И., Балабуха А. И. Особенности повреждений и пути повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин. Научный вестник Национального аграрного университета. 2000. Вип. 33. С. 97—101.
3. Ткачев В. Н. Технологические методы повышения долговечности деталей и узлов сельскохозяйственных машин. Сборник работ НИИТМА. Ростов-на-Дону. 1968. Вып. 13. С. 90—96.

УДК 631.3.004

## **TRANSMISSION IN SYSTEM SYNTHESIS TECHNICAL SUPPORT FOR EARLY DIAGNOSIS OF INTERNAL DISEASES OF CATTLE**

***Eugeniusz Krasowski***

*Polish Academy of Sciences, Department in Lublin, Lublin, Poland*

As in any system, one of the main problems in the systems of remote diagnostics is the measurement accuracy. It is therefore necessary to consider the frequency bandwidth of the system. The main causes of accuracy degradation are noise and interference channels. Atmospheric noises are introduced into an electromagnetic wave (a signal that is transmitted) by means of amplitude modulation method (AM), i.e. the noise signal causes changes in the amplitude of the useful signal. This means that AM radio is most sensitive to atmospheric interference. To improve the noise characteristics of the AM-line communication possible by increasing transmission power. The signal of the FM method (FM, frequency modulation) carries information related to frequency changes and not amplitude, so the amplitude change can be eliminated at the receiver using the "limiter". The limiter is designed to align the amplitude of the FM-signal, keeps constant the amplitude of the FM signal and reduces all AM components.

Increased noise immunity of the FM-channels of communication often acts as the deciding factor. In this frequency division multiplexing is widely used to "seal", that is, the connection of one phone line for multiple subscribers with the preservation of frequency standards in each channel (400-4000 Hz). However, for the organization of the system of remote diagnostics of animals such an approach is fundamentally impossible. From the above it is known that unlike the human voice, which has a wide range of several kilohertz, most of the physiological parameters of animals is preisolone plot of the energy spectrum. To communicate this range of frequencies does not matter. For the diagnosis of animals, on the contrary, it is necessary to transmit a narrower range of frequencies and at a much lower frequency portion of the spectrum. Therefore, the bandwidth of telephone channel filters must be divided into several strips which are discharged through separate channels. To minimize mutual influence of channels, filters, emit signals of individual channels of transmission and reception must have a sufficiently large attenuation in the frequency bands that are occupied by other channels. The advantage of the system with frequency division is that there are various modes of operation. Separate channels can run independently from each other or team up for more broadband information channel. You must calculate the possibilities when using the FM radio channels of cellular communication for remote diagnostics of animals.

According to DSTU telephone network has a bandwidth  $G = 400 - 4000$  Hz. When using the specific the world Cup compacted telephone channel that is dividing the bandwidth into a number of frequency bands  $RK$  width of 400 Hz, will receive at least 8 information channels. Taking theoretical guidance regarding the exclusion of



the mutual influence of the channels the frequency deviation  $O = -7.5\%$  and a modulation index of  $1 = 5$  to get the real bandwidth  $F1 - F2$  of each of the 8 channels:

$$F1 - F2 = Fx a \times D/T = 400 \times 0,075 / 5 = 6 \text{ Hz.}$$

The rise time  $T$ , knitted with a bandwidth of  $F$  as:  $T = 0,35 / (F1 - F2)$ , where  $T$  is in MS,  $F1 - F2$  in kHz. If the real signal has a bandwidth of 6 Hz, then the minimum rise time will be:  $T = 0,35/0,006 = 58 \text{ ms}$ . Current rise time can be used for praneshacharya signals.

Usually, the conditions of communication need of modulation index of 5. Some data can be used over a wide frequency band. If the modulation index remains unchanged, it is necessary to use a large frequency deviation of  $\pm 15\%$ . It is possible to apply such a frequency deviation not at all, but on certain channels selectively.

Thus, it becomes possible to transmit per-channel physiological parameters 1-5 using a modified channel of cellular communication. To obtain information on item 6 by combining all channels into one and using a high index modulation up to  $\pm 15\%$ . To transfer 7 parameter modifications of the channels is not necessary. High-frequency sensor may be included instead of the mobile phone's microphone and receiver-side signal input from the earphone Jack need to apply directly to the Registrar. In this case, one phone can transmit only one signal.

УДК 631.3

## **IDENTIFICATION OF APPLE BRUISING AFFECTED TRANSPORT, SORTING AND STORAGE CONDITION**

***Bohdan Dobrzański<sup>1</sup>, Tomasz Lipa<sup>2</sup>, Jacek Rabcewicz<sup>3</sup>***

*<sup>1</sup>Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, University of Life Sciences, Lublin, Poland*

*<sup>2</sup>University of Life Sciences, Lublin, Poland*

*<sup>3</sup>Research Institute of Horticulture, Skierniewice, Poland*

Bruising of apple at harvest and transport affected final quality of fruit during storage and self-life. Transport and unloading of fruits are the production stages when the apple is most exposed to damage. The fruit resistance to damage is related to variety and maturity, harvest date, type of packing and means used at transport and loading operations, as well as, road surface and transport speed. Non adequate firmness of apples of immature or overripe fruit at delayed harvest may affect the extent of damage in transport.

On the other hand, damage of fruit is strongly related to the container properties. It depends on the container type, designing and material used, capacity, and height. Design and special foam coating reduced the level of damage in transport by 35-40%. An important indicator of the suitability of a packing container for fruit transport is the ratio of the area and number of fruit contact with the walls of the container.



Mechanical damage of apple is strongly related to the reaction of vehicle suspension and feedback to road surface. Vibrations and shocks caused by road roughness are transmitted through the suspension of the vehicle onto its frame and then, through the packing bins or boxes to the fruit.

To define the factors that affect the character and extent of damage to fruit, the mechanical properties of fruit tissue and skin for numerous varieties were tested in a previous study [2]. Estimating the mechanical strength of fruits of 10 varieties of apple, three classes of skin resistance and three classes of flesh resistance to destructive damage were defined. The mechanical tests relating to the firmness at harvest ripeness indicate that the values of apple firmness of the Shampion and Idared varieties are 70.2-74.8 and 84.2-89.3 N, respectively. In terms of tissue strength, Idared variety was classified in Class I (resistant fruits), and Shampion was classified in Class II (medium resistant fruits).

More extensive damage is caused by vibrations with higher acceleration values, even if their duration is relatively short. It has been observed that when the combination of amplitude and frequency in the surface layers of fruits is sufficient to generate vibrations close to 1 g (g – gravitational acceleration), the fruits in those layers can move freely as they receive sufficient energy from the lower layers.

According to Brown et al. [1] even sporadic occurrence of strong vibrations in the load, with acceleration values of up to 7.0 g, can generate load forces that create a hazard for the middle and bottom layers of fruits. Soft suspension dissipates more energy generated by bumps on road surface irregularities, which reduced apple damage by 40% compared to hard suspension.

Damage to apples was assessed on Shampion and Idared apples, that it based on different resistance to mechanical damage (Shampion is susceptible to damage, and Idared is more resistant. Both varieties played strong role on Polish and EU market. In 2015/2016, European production of Idared apples reached 1 129 thousand tons, while Shampion exceeded 513 thousand tons. Most of them are produced in Poland more than 800 thousand tons and 400 thousand tons, respectively.

Studying the effect of transport condition on apple damage were in two ways:

- 1) practice - the apples in bins were placed on vehicle and were transported on gravel and tarmac at various speed, and
- 2) laboratory - the apples were loaded using machine dedicated to fatigue test - Instron model 8872, that it allows to simulate transport condition at different amplitude and frequency on individual fruit.

According to the first way, harvested fruits were collected in metal bins with removable canvas bottoms, and immediately were transported to the storage facility. To determine the response of the transport vehicles to the road surface, in all transport trips the values of acceleration or vibrations frequency are collected.

The apples came from the orchard to the storage facility at three different speeds in accordance to the following assumptions:

- $V_1 = 3.87 \text{ m s}^{-1}$  (13.9 km h<sup>-1</sup>) – all vehicle speed reach on gravel in the orchard, no vibrating fruit observed,
- $V_2 = 5.49 \text{ m s}^{-1}$  (19.8 km h<sup>-1</sup>) – average speed on gravel and tarmac, that single

fruits vibrating on top layer of bin,

- $V_3 = 7.27 \text{ m s}^{-1}$  (26.2 km h<sup>-1</sup>) – all vehicle speed reach on tarmac between orchard and storage facility, that most of fruits on top layer vibrating.

According to the second way the apples after storage were loaded using Instron machine and were kept till 15 days at self-life condition to estimate bruise color. The color was determined three times: at the day when the fruits were removed from the storage, after 7 days, and 15 days of shelf-life. During shelf-life, the fruits were bruised twice: on the both side of fruit; on the blush and on the opposite side of ground color. The color of apples were tested each day, during the first week and then after 9, 13, and 17 days at shelf-life.

The measurements were performed with the Braive Instruments 6016 supercolor™ colorimeter according to the L\*a\*b\* system. The L\*a\*b\* color system, recommended by CIE as a way of more closely representing perceived color and color difference. In this system, L\* is the lightness factor; a\* and b\* are the chromaticity coordinates (Good, 2002).

- L\* (lightness) axis – 0 is black; 100 is white.
- a\* (red-green) axis – positive values are red; negative values are green; 0 is neutral.
- b\* (yellow-blue) axis – positive values are yellow; negative are blue; 0 is neutral.

The color coordinates of Champion apples during the shelf period kept up to 17 days at the same conditions, however, bruising caused darkening of the fruit skin. All changes of color at shelf-life are well describe by linear regression, while the multiplicative model indicates more closely bruising. The high color of blush consists of more intensive components, which is the reason why bruising is invisible on this area. More distinct differences are visible on the skin of the ground area. The lightness coordinate L\* of the ground color is stable during shelf-life. Darkening of apple increases each day, especially during the first five days after bruising when L\* rapidly decrease from 72.4 to 55.2. Keeping bruised apples for a long time at this condition involve further darkening and large differentiation in lightness.

After bruising, the red color represented by chromaticity parameter a\* increases for ground area from 3.27 to 18.3, while slightly increases from 0.39 to 4.78 at shelf-life. Champion apples, having no red in ground color, gave a\* values very near to zero, while at that time bruising caused browning of tissue, which appearing intensity of red color component on the skin and increase of the index a\*. One day after bruising, the skin of this area becomes statistically different to the ground color of Champion apples, being stable during further period of shelf-life from 4 to 17 days. It is easy to conclude, that only the bright side of fruit changes its color significantly ( $R = -0.82$  and  $R = 0.86$ ) for L\* and a\* respectively. It easy to conclude, that red component of bruising is similar to the color of blush, being invisible on this area, while, the bruising appears on the ground area, just after 2 days of shelf-life, affecting not satisfactory quality estimation.

The increase of yellow color co-ordinates b\* of Champion apples, is similar to results presented previously for Idared apples over the range of shelf-life. Positive linear regression ( $b^* = 47.76 + 0.59 \text{ d}$ ), slope, and correlation coefficient ( $R = 0.63$ )

indicates similar influence of shelf-life on the coordinate  $b^*$  for Champion apples. On the ground color of Champion apples the bruising was statistically different after four days. The shelf-life caused further decrease of coordinate  $b^*$ , however, the values covering larger differentiation in the range from 28.3 to 42.4.

Lightness  $L^*$  describing intensity of skin color indicating freshness of product. The change of this parameter as a result of storage or shelf-life depends on storage conditions or bruising and low value of  $L^*$  indicates dark skin. More distinct differences are visible on the ground color area. Darkness of apple increases each day, especially during five days after bruising when  $L^*$  rapidly decrease. Keeping bruised apples for a long time at this condition involve further darkening and large differentiation of lightness.

Estimation of fruit quality based on  $L^*a^*b^*$  system describing coordinates of color could be useful in connection with marketing, for monitoring consumer preferences and assessing the products quality and bruising after storage and at shelf-life. This system, if properly integrated into a marketing plan, could improve appearance of fruits, making consumers more aware of true quality factors.

#### References

1. *Brown G.K., Armstrong P., Timm E., Schulte N.* Methods for avoiding apple bruising during truck transport. Selected papers of IV International Symposium on Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering, Zaragoza, March 22-26. Spain, 1993. 117-125.
2. *Dobrzański B., Rabcewicz J., Rybczyński R.* Handling of apple. IA PAN. 2006. 1-234.

УДК 631.3

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАПОВНЮВАЧІВ НА ДЕФОРМАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ФЕНІЛОНУ

*Клименко А. В., Анісімов В. В.*

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

Полімерні матеріали знайшли широке застосування у вузлах тертя сучасних машин і механізмів [1-3]. Використання полімерів дозволяє збільшити надійність та ресурс машин, покращити їх експлуатаційні, техніко-економічні характеристики і технологічність, відмовитися від дефіцитних сплавів кольорових металів і знизити вартість машин.

Перспективною є технологія покриття деталей машин зносостійким полімером – фенілоном замість використання цільної деталі з кольорового сплаву, що призводить до значної економії на матеріалі. Проте для використання цієї технології необхідно забезпечити не тільки високі фізико-механічні

показники полімерного покриття, а і гарні показники адгезії покриття до основного матеріалу.

У якості об'єктів досліджень обрано ароматичний поліамід полі-м-,п-феніленізофталамід (фенілон С2), зокрема покриття з нього, та композиційні покриття на його основі, що містять функціональні наповнювачі.

В результаті проведених досліджень встановлено вплив обраних наповнювачів на деформаційні властивості композиційних покриттів на основі фенілону. На графіках (рис. 1) представлено отримані залежності відносного подовження  $\varepsilon$  від вмісту різних типів наповнювача С.

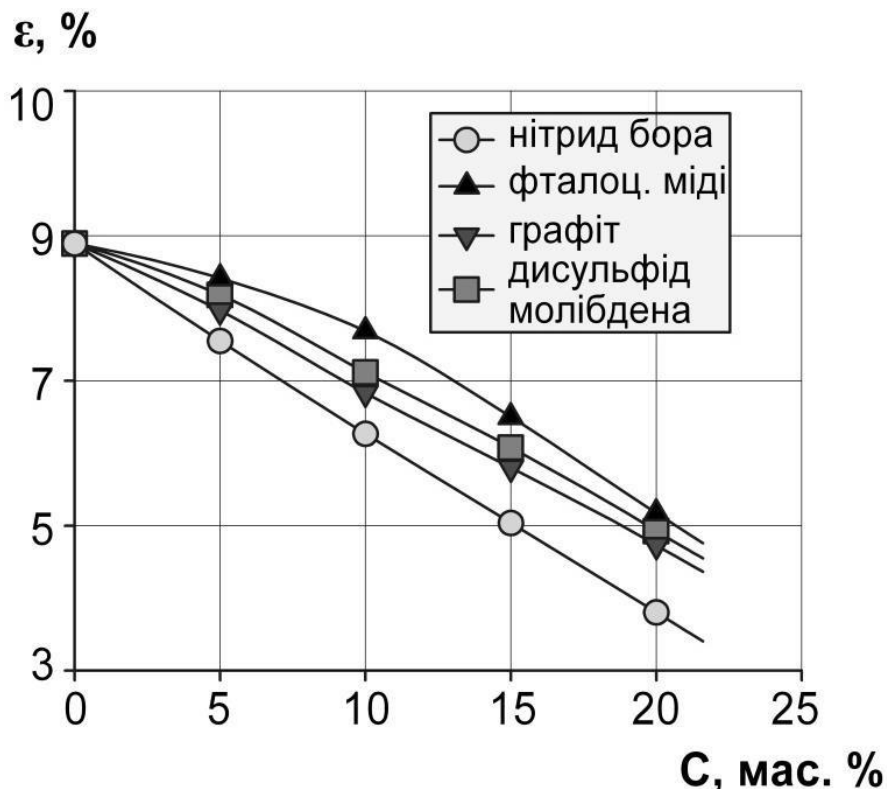


Рис. 1. Залежність відносного подовження ( $\varepsilon$ ) від вмісту наповнювача (С) у складі покриття.

Введення твердих частинок в фенілонове покриття призводить до обмеження рухливості надмолекулярних утворень та їх елементів в процесі деформування. В результаті чого підвищується їх опір до деформування та знижується величина відносного подовження при розтягуванні.

#### Список літератури

1. Машков Ю. К., Овчар З. Н., Байбарацкая М. Ю., Мамаев О. А. Полимерные композиционные материалы в триботехнике. Москва. Недра, 2004. 262 с.
2. Pocius A. V. Adhesion and Adhesives Technology. Carl Hanser Verlag, Munich, 2012. 370 p.
3. Yang H. H. Aromatic high-strength fibers. New York: Wiley, 1989. 248 p.

УДК 631.171.075.4

## **INFLUENCE OF SLUDGE OF BIOGAS PRODUCTION ON YIELD AND SUSTAINABILITY OF CROP PRODUCTION**

**Waclaw Romaniuk<sup>1</sup>, Andrzej Marczuk<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Institute of Technology and Life Sciences Branch in Warsaw*

*<sup>2</sup>University of Life Sciences in Lublin*

Manure, which is a waste product of livestock production, usually applied to increase the fertility of the soil as an organic fertilizer. However, in the first year of application of fresh cattle manure plants use 30-40% of phosphorus, 60-70% of potassium and only about 18% of the nitrogen contained in it. Full assimilation by plants of nutrients of manure occurs within three years. The decomposition of manure simultaneously with the mineralization of nitrogen, phosphorus and sulfur, at least 70% of the carbon of the organic substance is converted into carbon dioxide. On the one hand, this improves the nutrition of plants through photosynthesis, but significant amounts of carbon dioxide not used by plants gets into the upper atmosphere, enhancing the greenhouse effect.

So before you make fresh manure in the soil must be prepared. Composting produces humus, nutrients which can be digested much better. However, the composting process takes quite a long time, it does not solve the problem of emissions of carbon dioxide. Another method of preparing the manure to a more complete utilization of nutrients by plants is methane fermentation. This forms a valuable organic fertilizer in different sources is called differently: biochem, slurry biogas production, effluent, biogas residue, biogaratie, digestate, digestate pulp, etc., and a significant portion of carbon, which in other cases participated in the greenhouse gas, carbon dioxide is converted into energy methane gas, which is mixed with carbon dioxide forms a biogas.

In the works indicated that the sludge of biogas plants, including those obtained after anaerobic digestion of sewage sludge, due to the high content of nutrients (N, P, K) can be used as organic fertilizer for agricultural L. Baader, W. Dohne and M. Brenndorfer explained the mechanism of formation of such a quality organic fertilizer in the process of methane fermentation of waste, according to which the process of fermentation, the ammonia is released from organic nitrogen compounds together with compounds of phosphorus and potassium present in the substrate and formed as a result of decomposition, and turns pereobrazhennya mass in the nutrient-rich organic fertilizer. In addition, depending on the degree of fermentation, reduced carbon content compared with its content in the initial substrate. The resulting decrease in C/N ratio is favorable when using sludge as fertilizer. In addition, during anaerobic decomposition of organic matter the decomposition of organic compounds responsible for the presence of unpleasant odors in the initial substrate. Therefore, the sludge of biogas plants, as a rule, does not have the odor that is characteristic for the initial product prior to its anaerobic digestion.

The degree of decomposition of organic matter (bioconversion) liquid manure depends on exposure. According to V. I. Kravchuk, V. S. Targoni and V. P. Klimenko, the maximum degree of bioconversion of organic substances 53% (technical digestion) is achieved only when long-term exposure and in practice not used. Best organic fertilizer for methane fermentation under mesophilic mode is obtained when the degree of bioconversion of organic matter 30-33%. To achieve this level of bioconversion of organic matter in flow-through reactors complete mixing of the necessary exposition 20-22 days. It should be borne in mind that in equipment of continuous and quasi-continuous action part of the substrate can exit from the installation is not completely processed. In installations of periodic action, the average duration of the fermentation raw materials in the psychrophilic temperature range is 30-40 days or more, in mesophilic mode – within 10-20 days under thermophilic – within 5-10 days.

УДК 631.01.007

## **SPECIFICS OF OPERATING CONDITIONS OF MACHINES FOR FORESTRY WORK**

*Vadym S. Maslay*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Caterpillar forest machines work in a fairly wide range of operating conditions, but mostly off the roads of General purpose. Exploitation of forest machines is year-round. When performing logging operations typical operating background are soil and groundwater conditions of allotments and apiaries with the character of mainly natural obstacles (boulders, holes, tree stumps, forest residues, etc.). Skidding forest is performed by a specially prepared die. Transportation of cargo, shift teams work in resolving crisis situations (elimination of fires, etc.) may require overcoming machine marshy area. This does not prevent the movement of vehicles on unpaved roads (in this case, you must use the statistics of road conditions for vehicles, but keep in mind that the speed of movement of forest machines is significantly lower – a consequence of the relatively low power density of the power plant and relatively large gear ratios in the transmission even at the highest gear, as well as design features of the running system).

A feature of the surface movement in the woods is (in contrast to, for example, from the fields and virgin land) having, as a rule, very thin soil layer at the background of the actual layers of soil (hence forth to refer to such a surface the movement will use the term soil). In this context, it is impossible to take on the characteristics of the surface motion defined for agricultural tractors. The work of a skidder or logging vehicle under conditions similar to the terms for a farm tractor, is not typical.

Soil and groundwater conditions according to the conditions of permeability forestry machines divided into four categories.

Category 1. Operation is possible throughout the year (with a break for the period after the snow melts). Precipitation in the summer and autumn periods on the throughput of cars is not significantly affected. Examples: dry Sands, stony gravelly soil (forest types – pine forests of lichen, belomonte, grass lichen).

Category 2. For example the repeated passage of machinery rummaging, the free movement of workers in the cutting area. Pronounced during the spring and autumn slush, but summer precipitation on the permeability of the cars influence is small. Examples: sandy soil, fine loam, clay soil (forest types – the regarding red bilberry, blueberry fields).

Category 3. Typically, the persistence of significant soil moisture during the warm period of the year. The formation of deep ruts on the wires, often filled with water. The formation of quicksand on the wires in the rainy season. Examples: loamy soil, sandy loam with clay interlayers (forest types –lime, snative, herbal, herbs).

Category 4. Excessively wet soil. During the thaw, become impassable for vehicles. In dry weather fiber filled with liquid mud. Examples: peaty-boggy, humus-gley soil (stagnation of damp and swampy places in the depressions along rivers and lakes, flow-raw logs).

Skidder works with a full load, while slope up to  $8^{\circ}$ . When deviations ( $9...18^{\circ}$ ) skidding difficult, and with further increase of bias, the use of tractors is limited. Actually critical to ensure the stability of the tractor is the slope  $25^{\circ}$ , although this value depends on the design of the machine.

Methods of moving trees (skidding) is different, apply the dragged skidding, skidding in a half-sunk and submerged provisions, timber suspended and semi-suspended. The most common at the present time the method is skidding in a half-sunk condition. The method of loading of trees (choker/bessokirnaya skidding) in this work, attention is not given. The volume remueve bundles in favorable conditions (2nd category of soil the summer) while skidding over the butt – up to  $5...8\text{ m}^3$ , and the top – 50...60% more.

Thus, selecting characteristics of surface movement in the process of creating a model for evaluating energy efficiency, should pay attention to the soil the 2nd category, provided that the slope is not more than  $8^{\circ}$  (such surface motion is usually regarded as horizontal) are characteristic of the technological mode of the skidding of whips or trees in the half-sunk condition, weight Telemaco cargo reaches approximately 5000 kg, the total width of the portage (in accordance with the need to ensure the safety requirements of the works) shall be not less than 5,0...5,5 m (however, the width of the trailing kroner while skidding trees can reach 6...8 m).

## STATE OF PROBLEM OF FORMATION OF REPAIR-SERVING INFLUENCES COMBINE HARVESTERS

*Dmytro I. Martinyuk*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

All studies on the subject, made earlier by different authors, can be divided into several groups. First group: research on optimization of resources diamantado and overhaul of its complex Assembly, representing the car indivisible object with inherent characteristics of dynamics of costs of technical maintenance. On optimized limit value of the accumulated costs of repair or spare parts set the rules for the cessation of use of the product for purpose of techno-economic considerations. Second group: studies on the rationale of the strategy the technical operation of individual machine elements, which condition is characterized by changing with the growing developments of the parameters. Studies in this group reported to the working methodology, but these methods allow to determine the optimal frequency of monitoring and the permissible deviations of the parameters are applicable only to independent access to control and repair component parts. Third, the research on grouping strategies repair-serving for the elements in the strategy TOR for the machine. Known methods of forming compound repair-serving use principles of supporting transactions and other decisions, but do not provide a single, integrated solution on the level "an integral part – Assembly – machine".

The study of repair-serving for group replacements of parts dedicated to the work of A. V. Barinova, E. A. Volodarsky, A. T. Saeva, G. S. Rahutin, V. Rogozhkin, A. S. Streltsov, V. I. Chernoiwanov, J. M. Sinugina and many other scientists. Considered the development does not meet the requirement, given the structure of the object, the results obtained justify operating rates effective for use in maintenance, diagnosis, and also for grouping these operations, but cannot be applied to justify the set of control indicators of the system of repair-serving elements with sequential dependent access to the product. Held in conditions of control and diagnostic operation specified for parameters whose measurement is possible is capable of cleaning methods. If it does not specify the depth of disassembly and rules for decision-making in the refinement of the preliminary diagnosis for diagnostic the signs.

Comprehensively the issues of health management of machines studied by V. M. Vlasov, S. V. Golovin, A. S. Denisov., L. V. Dichterischen, I. E. Dyumin, S. A. Egorov, D. V. By Karagodin, E. G. Keenom, G. V. Kramarenko, A. G. Krause, K. Koshkin, Etc., E. S. Kuznetsov, V. M. by Malinin, A. I. Selivanov, M. T. Hasimom, A. M. Sanina etc. In some of these works by minimizing a function of the total unit cost determined the range of group replacements parts and time to their maintenance. However, the authors do not consider the possibility of conducting tests on partial write-off in connection with preventative replacement or elimination of the consequences of failure. The authors ' advice for effective elements, but not for the



object of repair in General, as prescribed by its strategy of maintenance and repair is not associated with the management of the technical condition of individual components.

The analysis of researches proves insufficient justification assignment rules repair: they are not considered complex and relationships that are often optimized on a variety of methodological and information basis and the component parts are considered from the standpoint of the individual repair, while it is not the damage to the environment as a result of work of internal-combustion engines of combines.

Thus, the analysis allowed to approach the evaluation of the achieved level of development of the problem of optimization of the process of determining the need for repair and maintenance. Thanks to the work done by the scientists mentioned above, made possible the formation of research directions for improving the system repair-serving combines.

УДК 631.01.007

## **ЗАДАЧІ ДІАГНОСТУВАННЯ ВУЗЛІВ І АГРЕГАТІВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

***Черник Ю. О.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Безперервне ускладнення технічних об'єктів висуває на перший план проблему оптимальної експлуатації складних технічних об'єктів. Важливу роль при цьому відводять визначенню стану об'єктів, який внаслідок впливу зовнішніх і внутрішніх факторів змінюється з плином часу. Знання стану технічних об'єктів в будь-який момент часу дозволяє оператору використовувати їх оптимальним чином, тобто в найкоротший час здійснити ремонт і тим самим підвищити надійність об'єкта.

Рішенням питань, пов'язаних з визначенням стану технічних об'єктів і характеру його зміни з плином часу, займається технічна діагностика.

На етапі експлуатації об'єкту діагностування здійснюється персоналом, який не має спеціальної підготовки, що значно підвищує роль автоматизації діагностування.

При діагностуванні вирішуються такі основні завдання: перевірка справності об'єкта, перевірка його працездатності, визначення правильності функціонування і пошук несправностей:

- перевірка справності дозволяє виявити відсутність дефектів і вимагає проведення повного комплексу випробувань для оцінки технічного стану об'єкта діагностування і тому є найбільш складною;

- перевірка працездатності встановлює, чи здатний об'єкт виконувати покладені на нього функції. Вона може бути менш повною порівняно з

перевіркою справності (деякі дефекти можуть не впливати на правильність виконання робочих функцій), але також є досить трудомісткою, так як передбачає аналіз правильності виконання всіх заданих функцій у всіх режимах роботи об'єкту;

- перевірка правильності функціонування дає можливість виявляти несправності і помилки в процесі роботи об'єкта, тобто вона виконується в робочому режимі і оцінює його роботу в режимі реального часу при конкретному робочому входному сигналі. Вона також менш повна порівняно з перевіркою справності (деякі дефектів можуть не проявлятися в даному режимі або при даному входному сигналі), але вимагає менших витрат. Перевагою перевірки правильності функціонування є оперативність отримання інформації про перехід об'єкта в несправний стан, а недоліком є невисока повнота контролю;

- пошук несправностей, визначення причин втрати працездатності, виявлення елементів, що відмовили - важливі завдання діагностики особливо складних об'єктів.

У загальному випадку процес діагностування містить 9 основних етапів (рис. 1).



Рис. 1. Етапи діагностування.

В процесі діагностування приймається, що всі стани об'єкта утворюють множину технічних станів  $S$ . Ця множина розпадається на підмножини  $SC$  справних і  $SH$  несправних станів, причому множина  $SC$  часто включає єдиний стан, що відповідає справності усіх складових елементів об'єкта.

Хоча несправний об'єкт може бути працездатний, наприклад, завдяки інформаційній або апаратурній надмірності, будь-які несправності обмежують його функціональні можливості. В силових колах відмови збільшують навантаження на решту справних елементів, підвищуючи ймовірність їх відмови. Тому до підмножини  $SH$  відносяться як непрацездатні, так і несправні стани. Перехід об'єкта з одного стану в інший, як правило, пояснюється виникненням несправності в об'єкті. Можливі несправності поділяють на несправності елемента, які визначають як неприпустимі кількісні зміни будь-якого параметра (характеристики) внаслідок незворотних фізико-хімічних змін, і несправності об'єкта, які трактуються як неприпустимі кількісні зміни параметрів (характеристик) або зміни структури зв'язків в об'єкті загалом.

Для визначення приналежності стану об'єкта до однієї з підмножин  $SH$  або  $SC$  необхідно виконати вимірювання ряду характеристик (діагностичних ознак) об'єкта і здійснити їх аналіз.

УДК 631.01.007

## **ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗАДАЧ ДІАГНОСТУВАННЯ КОРМОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

***Гненюк М. В.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Формування математичної моделі об'єкта, опис основних режимів його роботи і особливостей функціонування (за допомогою диференціальних рівнянь, передавальних функцій або частотних характеристик) є першим етапом, який дозволяє в подальшому дослідити об'єкт діагностування в різних станах.

Формування мети діагностування може полягати у визначенні технічного стану об'єкта, оцінці його справності, працездатності, правильності функціонування, отримання якісної або кількісної інформації і характеристиках дефектів. Також може ставитися завдання прогнозування дефектів. Залежно від поставленої мети будуть змінюватись методи дослідження та діагностичні дані, які будуть використовуватись.

Діагностична модель об'єкту відображає мету дослідження і є його математичною моделлю, яка враховує можливі джерела дефектів і похибок (модель об'єкта плюс модель дефектів).

Для визначення діагностованості, побудована діагностична модель об'єкта використовується для виявлення множини неспостережуваних дефектів, класів еквівалентних і нерозпізнаних дефектів, оцінки чутливості діагностування (без прив'язки до конкретного методу контролю або набору діагностичних ознак).

Вибір діагностичних ознак передбачає визначення характеристик об'єкта, які використовуються для визначення його технічного стану. Після цього

здійснюється вибір методу контролю обраних параметрів та синтез пристроїв діагностування.

Безпосереднє проведення вимірювань, їх математична обробка та формування остаточного результату є завершальними етапами і найбільш важливими в плані практичної реалізації.

Вимірювані параметри повинні відповідати таким вимогам:

- вимірюваність – можливість безпосереднього вимірювання параметра за допомогою певного датчика;
- інформативність – параметр повинен нести істотну інформацію про дефекти і допускати можливість кількісного визначення їх характеристик;
- інваріантність – мала чутливість до шумів і іншим завадам.

На практиці не завжди можливо реалізувати одночасне виконання всіх вимог, але саме параметри, що задовольняють всі ці принципи, слід використовувати в процесі діагностування.

Класифікацію існуючих методів контролю і діагностики динамічних систем можна здійснити за рядом ознак.

1. Вид математичних моделей об'єкта діагностування:

- методи діагностування в часовій і частотній областях,
- статичні та динамічні методи,
- детерміновані,
- імовірнісні (статистичні);

2. Режим діагностування

- функціональне діагностування, яке здійснюється в робочому режимі,
- тестове діагностування, коли на вхід об'єкта подаються спеціальні тестові сигнали, і перевірка проводиться в контрольному режимі;

3. Стадії проведення перевірки

- апріорна,
- поточна
- апостеріорна;

4. Модель дефектів

- спотворення сигналів об'єкта (оцінка змінних стану і вихідних сигналів),
- спотворення параметрів об'єкта (оцінка параметрів системи, коефіцієнтів математичної моделі);

5. Характер діагностичних ознак

- діагностування в просторі сигналів (відбувається вимірювання поточних значень параметрів об'єкта діагностування (ОД) і потім здійснюється оцінка відхилення їх від номінального значення),
- діагностування в просторі параметрів (перевірка відхилення вихідних сигналів від теоретичного значення);

6. Принцип діагностування

- теорія інваріантів,
- використання моделей об'єкта, що перевіряється,
- аналітична надмірність.

Вибір типу процедури визначається наступними критеріями, необхідною глибиною пошуку дефектів та організацією ефективного процесу діагностування.

УДК 631.2.057

## КЛАСИФІКАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ДІАГНОСТУВАННЯ САМОХІДНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

*Діденко Н. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Глибина пошуку дефектів пов'язана з обсягом одержуваної інформації про стан самохідних сільськогосподарських машин, кількістю датчиків інформації і набором джерел тестових сигналів, а, отже, з матеріальними витратами.

Вибір типу процедури в значній мірі залежить від конструктивного виконання вузлів і блоків самохідних сільськогосподарських машин, які можуть замінюватися при ремонті. Так, блокова конструкція систем керування не вимагає виявлення елемента, що відмовив, досить упевнитися в непрацездатності змінного блоку. Силова частина перетворювача, як правило, вимагає більш глибокого діагностування: до одного.

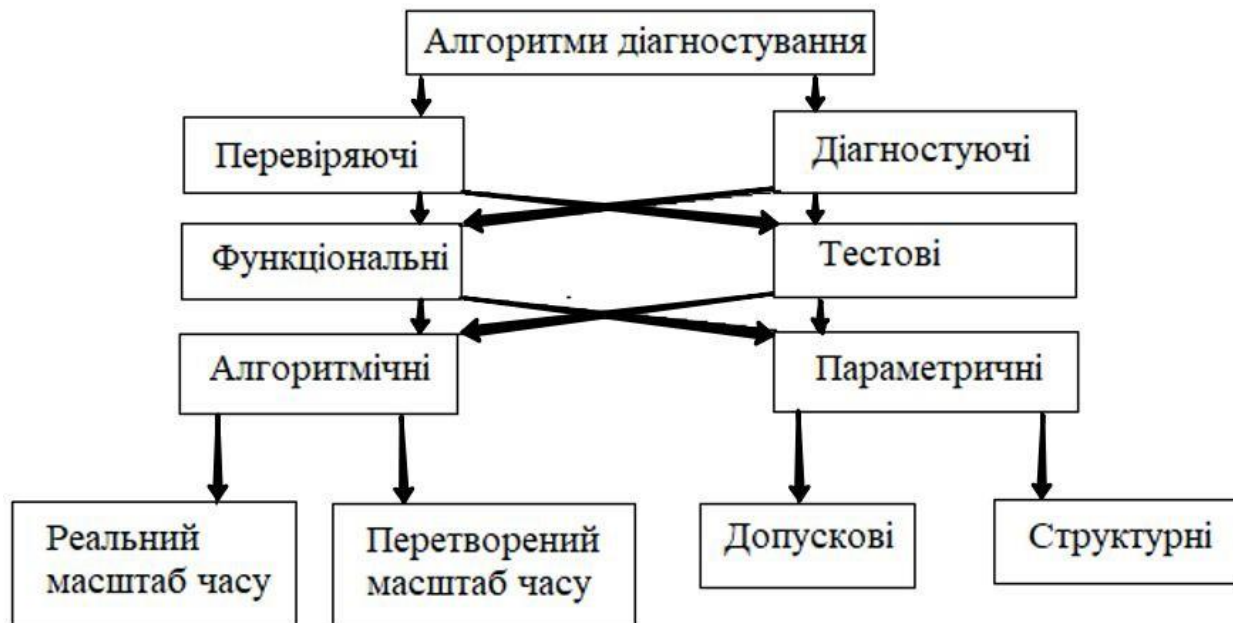


Рис. 1. Класифікація алгоритмів діагностування.

Оскільки в системах і елементи самохідних сільськогосподарських машин пов'язані між собою, діагностування зазвичай не може бути зведене до перевірки

стану кожного елемента, а вимагає глибокого розуміння зв'язків, взаємних впливів елементів і вузлів.

Відповідно до класифікації алгоритмів діагностування (рис. 1) на етапі діагностування діючих самохідних сільськогосподарських машин можуть використовуватись або перевіряючі, або діагностуючі алгоритми.

На етапі моделювання та модельного дослідження самохідних сільськогосподарських машин доцільно використовувати тести, які можна розділити на дві групи: алгоритмічні і параметричні.

Алгоритмічні тести перевіряють правильність функціонування самохідних сільськогосподарських машин – використовуються для виявлення катастрофічних (постійних) несправностей, найчастіше в логічних схемах і цифрових системах, що пояснюється характером найбільш ймовірних несправностей.

Діагностуючі алгоритми можуть з успіхом застосовуватися і для самохідних сільськогосподарських машин, в тому числі комбайнів, оскільки вони з інформаційної точки зору є цифровими або аналого-цифровими пристроями, в яких перетворення енергії здійснюється за певною програмою. Перевірка правильності виконання цієї програми може проводитися як в реальному, так і в перетвореному масштабі часу.

В таких схемах можливе отримання діагностичної інформації шляхом швидкого опитування датчиків і напруги на інтервалах. В результаті опитування робиться висновок про можливість чергової комутації, необхідності припинення роботи, відключення навантаження або аварійного відключення самохідних сільськогосподарських машин.

Діагностування параметрів дає відповідь на такі питання як:

- чи відповідають електричні режими кола розрахунковим або заданим значенням - при цьому перевіряються такі величини, як амплітуди імпульсів, коефіцієнти передачі, гармонійний склад, тимчасові співвідношення (затримки, інтервали);
- чи відповідають параметри елементів паспортним величинам.

Вимірювання параметрів ускладнюється тим, що в колі може бути виміряна лише деяка еквівалентна величина, обумовлена декількома пов'язаними елементами. Тому важливим завданням діагностування параметрів є пошук таких методів отримання інформації, при яких порівняно легко визначаються і розраховуються параметри окремих елементів.

Значні труднощі викликає визначення граничних параметрів, пов'язаних з подачею великих амплітуд тестових сигналів. Цей вид діагностування параметрів представляє особливий інтерес в перетворювальній техніці, оскільки працездатність перетворювачів залежить від їх здатності витримувати максимальні електричні навантаження та зберігати при цьому необхідні динамічні параметри. З цим видом діагностування тісно пов'язаний такий напрям досліджень як прогнозування стану об'єкта, яке за поточним значенням вектору параметрів і його похідної, забезпечує передбачення поведінки самохідних сільськогосподарських машин в майбутньому.

Таким чином, діагностування параметрів може використовуватися для виявлення поступових відмов (допускові перевірки), для прогнозування стану самохідних сільськогосподарських машин, а також для виявлення раптових відмов, включаючи ті, які викликають зміну структури кола: структурне діагностування.

УДК 631.2.057

## **ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ОБ'ЄКТІВ ДІАГНОСТУВАННЯ САМОХІДНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

***Можарівський Д. М.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Показники реального стану самохідних сільськогосподарських машин і їх працездатності в деякий дискретний момент часу несуть в основному інформацію про функціонування самохідних сільськогосподарських машин в минулому і не дозволяють сказати про поведінку об'єкта в майбутній період експлуатації. Ефективність діагностування істотно зростає, коли при цьому вирішується завдання прогнозування зміни стану в майбутньому.

Необхідність передбачення зміни стану технічних об'єктів виникла в той час, коли ступінь складності самохідних сільськогосподарських машин стала випереджати рівень якості та надійності елементів, на базі яких створювалися ці об'єкти.

Основна ідея прогнозування полягає насамперед у кількісній оцінці стану або ступеня працездатності самохідних сільськогосподарських машин в певні моменти часу в майбутньому.

Прогнозування є ключовим моментом при прийнятті рішень в керуванні.

Зазвичай, прийняте рішення визначається результатами прогнозу (при цьому передбачається, що прогноз правильний) з урахуванням можливої помилки прогнозування. Система прогнозування є частиною великої системи керування і, як підсистема, взаємодіє з іншими компонентами системи.

Рішення задач прогнозування стану технічних об'єктів важливо як для виробників так і для фахівців, експлуатаційників, тому застосування прогнозування застосовується вже на стадії проектування при введенні норм терміну служби, а також при вхідному і регулярному контролі в процесі експлуатації. Прогнозування дозволяє також перейти до нового, більш раціонального і прогресивного принципу експлуатації – експлуатації самохідних сільськогосподарських машин за технічним станом (на відміну від експлуатації за ресурсам) шляхом періодичної оцінки термінів служби самохідних сільськогосподарських машин в процесі експлуатації. За допомогою прогнозування на необхідний інтервал часу вперед можна прискорено оцінити

працездатність і терміни служби технічних об'єктів і скоротити період розробки виробів за рахунок скорочення тривалості виробничих випробувань.

В даний час в промисловості широко використовуються складні самохідні сільськогосподарські машини. Найбільш значущими рисами, яких є:

- велика кількість взаємодіючих частин або елементів системи;
- можливість розчленування на окремі підсистеми найтісніше взаємодіючих елементів;
- наявність ієрархічної структури зв'язків підсистем;
- складність поведінки системи через наявність випадкових зовнішніх збурень і великої кількості зворотних зв'язків усередині системи;
- неможливість строгого визначення поняття відмови системи.

Безсумнівно, що в таких умовах стає актуальним перенесення в сферу промислових технологій результатів наукових досліджень, що дозволяють діагностувати і прогнозувати стан самохідних сільськогосподарських машин. Важливий напрямок в технічній діагностиці та прогнозуванні пов'язано із застосуванням методів штучного інтелекту: експертних систем, нейронних мереж і нечіткої логіки.

УДК 631.01.007

## **СИСТЕМНІ ПРИНЦИПИ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНІВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

*Любарець Б. С.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Відповідно до методології побудови системи діагностування та прогнозування складної системи зернозбиральних комбайнів (рис. 1) основі необхідно здійснити системний аналіз даної системи, за результатами якого повинні бути виділені її окремі структурні елементи і обґрунтовані їх показники захищеності, визначені потенційно можливі відмови окремих елементів і системи в цілому, сформульовані конкретні цільові вимоги (функціональні, технічні, економічні, організаційні, ергономічні) до підсистем зернозбиральних комбайнів.

Завдання формування повної множини дестабілізуючих факторів є однією з найбільш неформалізованих проблем.

На початковому етапі формування множини дестабілізуючих чинників можливе шляхом використання експертних оцінок в різних їх модифікаціях. Уточнення і поповнення множини факторів має йти регулярно за допомогою організації експериментальних досліджень. Відповідно до цієї методики повинно проводитися формування повної множини факторів.





Рис. 1. Загальна структура методології

Після оцінки дестабілізуючих факторів (ДФ) потрібно виявити факти їх прояву та вжити заходів до запобігання їх впливу на систему.

Для дослідження цих фактів потрібно побудувати діагностичні моделі системи, досліджувати їх і напрацювати ряд заходів для виявлення, запобігання і ліквідації ДФ, тобто для забезпечення можливостей практичного використання отриманих при дослідженні знань про відмови в реальній системі. Основними компонентами методології прийняття рішення є методи, моделі та алгоритми діагностування та прогнозування технічного стану системи.

Після побудови діагностичної моделі зернозбиральних комбайнів потрібно виконати аналіз різних несправностей з метою виявлення та локалізації дефектів за наявною діагностичною інформацією. В результаті, визначається множина принципово спостережуваних дефектів та даються рекомендації по розміщенню контрольних точок.

## КЛАСИФІКАЦІЯ ВІДМОВ В ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ТА ОСНОВНІ МАТЕМАТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

*Кузьмич І. М.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Відмови, що можуть виникати в зернозбиральних комбайнах загалом і в агрегатах зокрема, можуть бути класифіковані за різними ознаками (див. табл. 1).

*Таблиця 1*

Класифікаційна ознака	Вид відмови
Характер виникнення відмови	Раптова, поступова
Час існування відмови	Постійна, тимчасова
Характер прояву відмови	Явна, неявна
Залежність відмов між собою	Залежна, незалежна
Причина виникнення відмови	Конструктивна, виробнича, експлуатаційна, деградаційна

Раптова відмова (миттєва) – характеризується стрибкоподібною зміною значення одного або декількох параметрів зернозбиральних комбайнів та зазвичай спричиняє повну втрату працездатності.

Поступова відмова – виникає в результаті поступової, безперервної та монотонної зміни значення одного або кількох функціональних параметрів та виходу їх за межі норм, вказаних в технічній документації.

За своєю фізичною суттю відмови елементів і пристроїв зернозбиральних комбайнів є подіями випадковими, і тому для їх кількісного опису придатні прийоми теорії ймовірностей. При цьому, випадковою величиною, яка описує відмови, є час до відмови (в загальному випадку напрацювання до відмови). На практиці в переважній більшості випадків користуються припущенням про експоненційний розподіл часу до відмови елементів зернозбиральних комбайнів, при якому щільність розподілу часу до відмови задається виразом:

$$w(t) = \lambda e^{-\lambda t}; \lambda \geq 0, t \geq 0.$$

де  $\lambda$  - параметр розподілу для елемента зернозбиральних комбайнів, що розглядається, чисельно рівний його інтенсивності відмов.

Характеристика  $w(t)$  на практиці не знаходить широкого застосування в якості показника надійності зернозбиральних комбайнів, однак вона використовується для визначення показників безвідмовності зернозбиральних комбайнів.

Іншим показником, що характеризує роботу зернозбиральних комбайнів є його надійність, для опису якої на практиці користуються показниками

надійності - кількісними характеристиками однієї або декількох властивостей, що визначають надійність зернозбиральних комбайнів. На практиці використовують п'ять груп таких показників:

- 1) показники безвідмовності;
- 2) показники ремонтпридатності;
- 3) показники довговічності;
- 4) показники зберігання;
- 5) комплексні показники надійності.

Усі показники, крім комплексних, відносять до одиничних показників. Під одиничним розуміють такий показник, який характеризує одну з властивостей складових надійності зернозбиральних комбайнів, в той час як комплексний показник характеризує кілька властивостей з числа, що складають надійність зернозбиральних комбайнів (дві і більше).

Основні одиничні показники надійності, що використовуються в інженерній практиці, вказані на рис. 1 та в табл. 2.

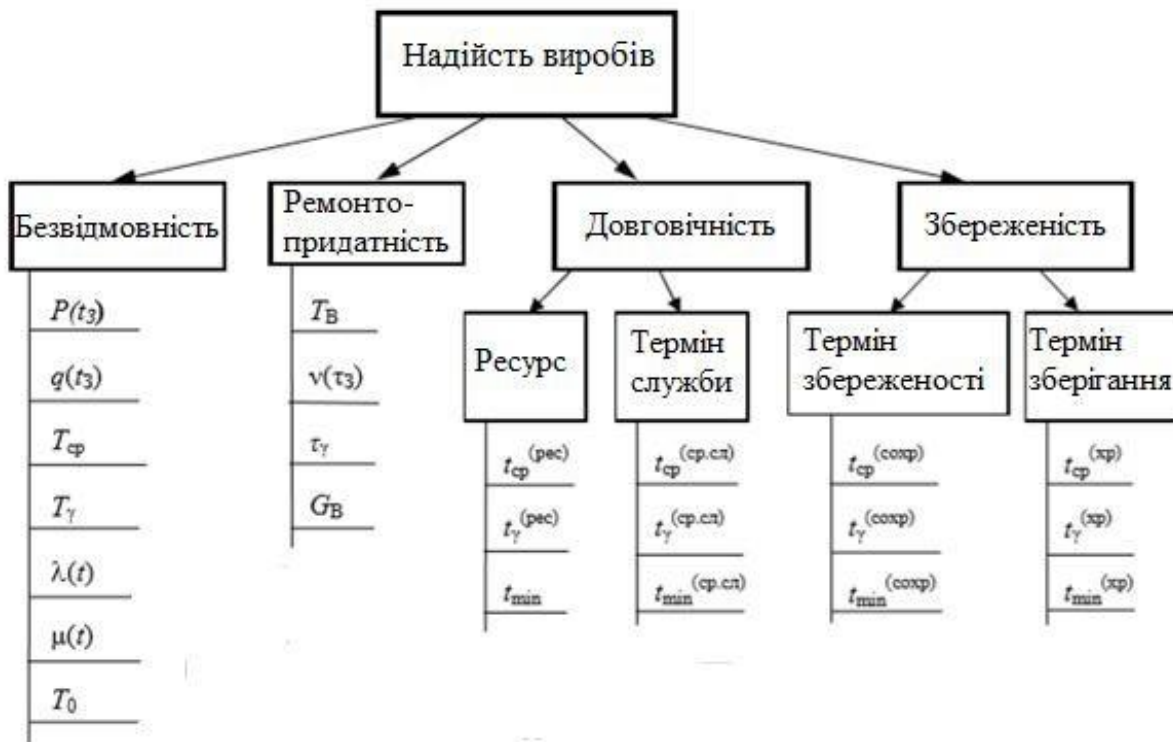


Рис. 1. Основні показники та складові надійності.

Таблиця 2

Позначення	Пояснення показників надійності
Показники безвідмовності	
$P(t_3)$	Імовірність безвідмовної роботи за заданий час $t_3$
$q(t_3)$	Імовірність відмови за заданий час $t_3$
$T_{ср}$	Середнє напрацювання до відмови. Якщо напрацювання виражається часом, то показник називають середнім часом безвідмовної роботи

Продовження табл. 2

Позначення	Пояснення показників надійності
$T_\gamma$	Гамма-процентна напрацювання до відмови (зазвичай $\gamma \geq 90\%$ )
$\lambda(t)$	Інтенсивність відмов, в загальному випадку є функцією часу. Використовується в якості основної довідкової характеристики безвідмовності елементів, причому приймається $\lambda(t) = \lambda_0 = \text{const}$ при напрацюванні, що дорівнює $t_H$ (вказується конкретне значення $t_H$ в годинах)
$T_0$	Середнє напрацювання на відмову, коротко - напрацювання на відмову. Має фізичний зміст тільки для відновлюваних елементів.
Показники ремонтпридатності	
$T_B$	Середній час відновлення. Являє математичне очікування часу відновлення.
$v(t_3)$	Імовірність відновлення за заданий час $t_3$
$t_\gamma$	Гамма-процентний час відновлення (зазвичай $\gamma \geq 90\%$ )
$GB$	Середні витрати на відновлення. Показує, скільки в середньому потрібно коштів на відновлення працездатності.
Показники довговічності	
$t_{cp}(\text{рес})$	Середній ресурс виробу. Являє собою математичне очікування ресурсу виробів розглянутого типу.
$t_\gamma(\text{рес})$	Гамма-процентний ресурс (зазвичай $\gamma \geq 90\%$ )
$t_{\min}$	Мінімальне напрацювання. Характеризує ресурсні можливості виробу, вважають, що $t_{\min}$ відповідає значенню $t_\gamma(\text{рес})$ , при $\gamma = 99,99\%$
$t_{cp}(\text{ср.сл})$	Середній термін служби виробу. Являє собою математичне очікування терміну служби виробів розглянутого типу
$t_\gamma(\text{ср.сл})$	Гамма-відсотковий термін служби (зазвичай $\gamma \geq 90\%$ )
$t_{\min}(\text{ср.сл})$	Мінімальний термін служби. Вважають, що $t_{\min}(\text{ср.сл})$ відповідає гамма-відсотковому терміну служби $t_\gamma(\text{ср.сл})$ при $\gamma = 99,99\%$
Показники збереженості	
$t_{cp}(\text{збер})$	Показники зберігання Середній термін зберігання виробу. Являє собою математичне очікування терміну зберігання виробів розглянутого типу
$t_\gamma(\text{збер})$	Гамма-відсотковий термін зберігання (зазвичай $\gamma \geq 90\%$ )
$t_{\min}(\text{збер})$	Мінімальний термін зберігання. Вважають, що $t_{\min}(\text{збер})$ відповідає значенню $t_\gamma(\text{збер})$ При $\gamma = 99,99\%$
$t_{cp}(\text{зб})$	Середній термін зберігання виробу. Являє собою математичне очікування терміну зберігання виробів розглянутого типу

Продовження табл. 2

Позначення	Пояснення показників надійності
$t_{\gamma}^{(зб)}$	Гамма-пвідсотковий термін зберігання (зазвичай $\gamma \geq 90 \%$ )
$t_{min}^{(зб)}$	Мінімальний термін зберігання. Вважають, що $t_{min}^{(зб)}$ відповідає гамма-відсотковому терміну зберігання $t_{\gamma}^{(зб)}$ при $\gamma = 99,99 \%$

Під ймовірністю безвідмовної роботи за час  $t_3$  розуміють ймовірність виду

$$P(t_3) = \text{Ймовірність} \{T \geq t_3\},$$

де  $T$  - випадковий час безвідмовної роботи виробу (час до відмови).

Якщо відома функція щільності розподілу часу до відмови  $w(t)$ , то ймовірність безвідмовної роботи виробу за час  $t_3$  може бути визначена як

$$P(t_3) = \int_{t_3}^{\infty} w(t) dt$$

Геометрична інтерпретація виразу зрозуміла з рис. 3.

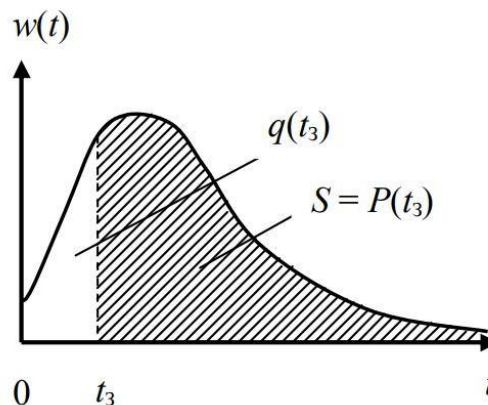


Рис. 3. Для визначення ймовірностей  $P(t_3)$  й  $q(t_3)$ .

В разі експоненціального розподілу часу до відмови з використанням виразу можна отримати

$$P(t_3) = e^{-\lambda t_3}.$$

де  $\lambda$  - параметр експоненціального розподілу для розглянутих зернозбиральних комбайнів.

Формулою широко користуються в інженерних розрахунках. Вона також відома під назвою експонентний закон надійності.

Під інтенсивністю відмов елементів для інтервалу часу  $\Delta t_i$  розуміють значення умовної щільності розподілу часу до відмови за умови, що до початку розглянутого моменту часу  $\Delta t_i$  відмов не було. З використанням результатів випробувань інтенсивність відмов чисельно можна визначити як

$$\lambda_i^* = \frac{n(\Delta t_i)}{N_{cp i} \Delta t_i}$$

де  $n(\Delta t_i)$  - кількість елементів, які відмовили в  $i$ -му часовому інтервалі;  $N_{cp\ i}$  – середня кількість елементів, безвідмовно працювали в  $i$ -му часовому інтервалі;  $\Delta t_i$  - ширина  $i$ -го часового інтервалу.

Надійність однотипних комбайнів або елементів з точки зору тривалості їх роботи до першої відмови характеризують середнім часом безвідмовної роботи зернозбиральних комбайнів, під яким розуміють математичне очікування часу безвідмовної роботи.

Основною характеристикою безвідмовності елементів зернозбиральних комбайнів, що наводиться в технічних умовах або інших технічних документах, є інтенсивність відмов  $\lambda_0$ . Значення  $\lambda_0$  приймається постійним, вказується в технічній документації і відповідає номінальному електричному режиму і нормальним (лабораторним) умовам експлуатації, якщо явно не вказано інше.

Розмірність інтенсивності відмов:  $[\lambda] = 1/\text{год} = \text{год}^{-1}$ .

УДК 536.01.007

## **СИНТЕЗ АЛГОРИТМУ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ БУРЯКОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН**

*Западловський О. С.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Оптимальні алгоритми діагностування бурякозбиральних машин визначають число елементарних перевірок, достатніх для вирішення завдань діагностики. Для отримання оптимального алгоритму діагностування бурякозбиральних машин скористаємося методом теорії інформації, тобто при складанні алгоритму в якості ведучої функції використовується кількість інформації, що міститься в перевірці. Алгоритм починається з перевірки бурякозбиральних машин, що несе найбільшу кількість інформації, наступна перевірка вибирається з урахуванням результату попередньої, також виходячи з найбільшої кількості інформації. При цьому приймається ряд припущень: система несправна, в системі є тільки одна несправність, відомі апіорні ймовірності появи несправностей.

З цієї моделі пошук дефекту може здійснюватися на основі перевірок  $P = \{p_i\}$ , перелік яких міститься в підсумковій ТФН (таблиця 1). Кожна перевірка містить деяку інформацію  $I_{p_i \rightarrow s}$  про стан об'єкта:

$$I_{p_i \rightarrow s} = H(S) - H(S/p_i)$$

де  $H(S)$  – ентропія стану системи, яка визначається до початку її функціонування;  $H(S/p_i)$  – середня умовна ентропія стану системи за умови здійснення перевірки  $p_i$ .

Ентропія стану системи може бути обчислена за формулою

$$H(S) = -\sum_{k=1}^N q_k \log_2 q_k .$$

Значення  $q_k$  визначають на основі статистичних даних про надійність елементів системи бурякозбиральних машин. Якщо немає достатнього обсягу статистичного матеріалу, то задача може бути вирішена наступним чином. Імовірність відмови елемента з одним входом і одним виходом приймається за  $q_0$  з  $n$ -входами - за  $nq_0$ . Ймовірності  $q_i$  всіх елементів бурякозбиральних машин підсумовуються і дорівнюють 1. З цієї умови знаходиться величина  $q_0$ , а потім розраховуються значення інших ймовірностей  $q_i$ .

Пошук несправності по таблиці ТФН починається з перевірки, що несе найбільшу кількість інформації. Як встановлено в сума ймовірностей відмов такої перевірки близька до  $1/2$ . Наступну перевірку вибирають за допомогою того ж критерію, що і першу, але виходячи з нового стану системи, яка характеризується ентропією  $H(S/p_i)$ , тоді:

$$I(p_i / p_k) \rightarrow s = H(S / p_k) - H(S / p_i, p_k)$$

Якщо при перевірці визначено, що дефект виявлено ( $R_i = 0$ ), то наступну перевірку, вибирають по таблиці, що містить тільки  $m$  елементів, по максимуму кількості інформації:

$$I_{p_k \rightarrow s / R_t=0} = H(S / R_t=0) - H(S / p_k)$$

Якщо несправність не знайдено, тобто результат перевірки  $R_i = 1$ , то по таблиці, що містить елементи з номерами  $m+1, \dots, N$ , знаходять:

$$I_{p_k \rightarrow s / R_t=1} = H(S / R_t=1) - H(S / p_i)$$

Відбір перевірок триває до тих пір поки  $H(S/p_1, p_2, \dots, p_k)$  не стане рівною нулю, тобто  $I_{p \rightarrow S} = H(S)$  а безліч  $E$  не буде розділене на окремі стани (рис. 1).

Внутрішні вершини дерева пошуку відмов є елементарні перевірки  $p_j$  технічного стану  $j$ -х елементів логічної моделі об'єкта діагностування бурякозбиральних машин, кінцеві вершини графа відображають ті  $j$ - ті елементи, несправність яких виявлено, а дуги графа відповідають результату перевірки технічного стану  $j$ -го елемента, з вершини якого виходять дуги. Для наочності кінцеві вершини графа зображені квадратами з номерами елементів бурякозбиральних машин, несправності яких виявлені, а над дугами вказується справний (1) або несправний (0) технічний стан  $j$ -го елемента, з вершин якого виходять дуги. Число перевірок в програмі пошуку по даному алгоритму значно менше, ніж при послідовних перевірках елементів.

$$p_1 \cap p_3 \cap p_4 \cap p_5 \cap p_6 \cap p_7 \cap p_8 \cap p_{10} \cap p_{13} \cap p_{17} \cap \\ \cap p_{18} \cap p_{19} \cap p_{20} \cap p_{21} \cap p_{23} \cap p_{24} \cap p_{25} \cap p_{26} \cap p_{28}$$

або

$$p_3 \cap p_9 \cap p_{11} \cap p_{12} \cap p_{14} \cap p_{15} \cap p_{16} \cap p_{22} \cap p_{27}$$

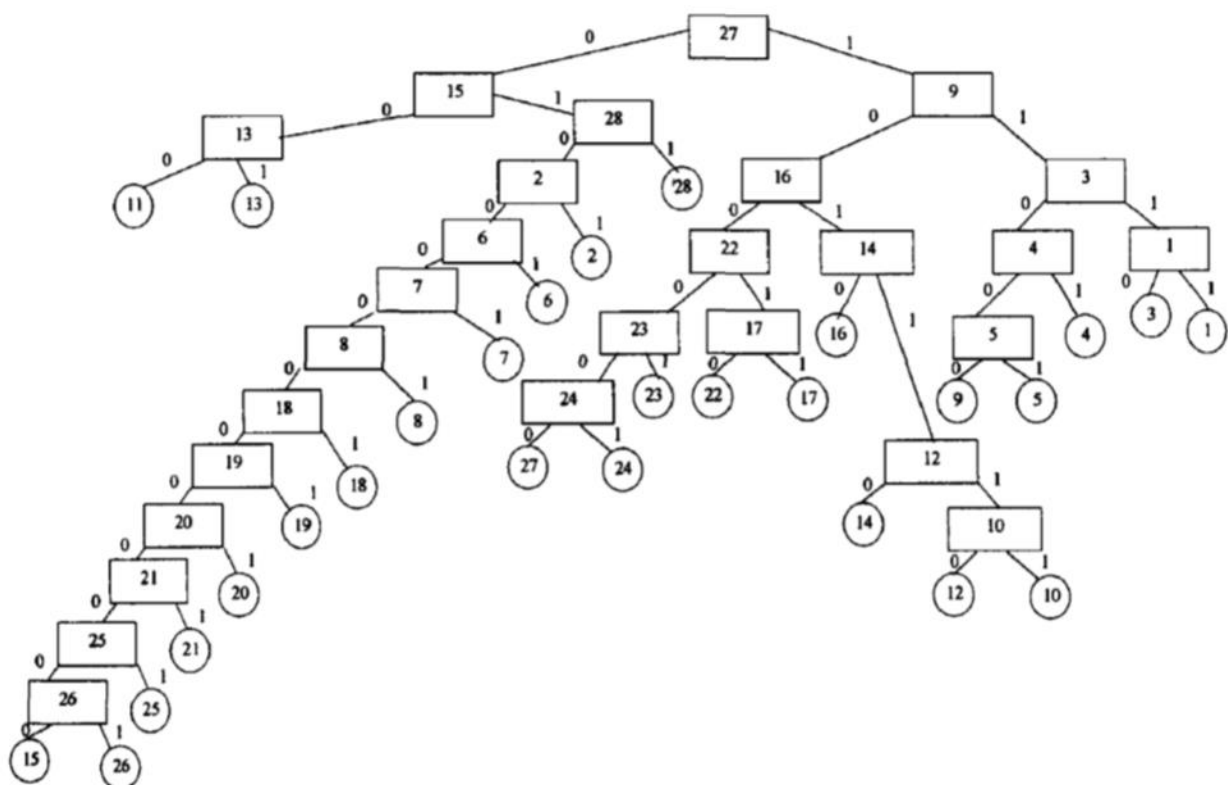


Рис. 1. Дерево пошуку несправностей.

Визначення мінімальної сукупності перевірок об'єкта діагностування бурякозбиральних машин дозволяє спростити подальшу технічну реалізацію системи діагностування, оскільки скорочує число елементів, що вимагають перевірки їх технічного стану, без зменшення необхідної глибини діагностування бурякозбиральних машин.

УДК 005.342:62-192

## НАДІЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В СИСТЕМІ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

*Новицький А. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

В останні десятиріччя перед агропромисловим комплексом України стоїть важлива проблема підвищення ефективності та надійності сільськогосподарської техніки, а також зменшення втрат продукції при її функціонуванні. Реалізація вказаних проблем можлива за рахунок використання нових елементів та принципових схем реалізації конструктивних рішень не лише на стадії проектування та виготовлення, а також в процесі її експлуатації, завдяки своєчасному забезпеченню працездатності агрегатів та вузлів.



Метою досліджень є підвищення надійності сільськогосподарської техніки як соціотехнічних систем в системі інноваційних процесів.

В сучасних умовах посилення вимог до конкурентоспроможності сільськогосподарської техніки, досягнення сталого розвитку аграрних підприємств можливе лише за умови ефективної реалізації усіх основних складових інноваційного потенціалу: наукової, виробничо-технологічної, маркетингової, кадрової, матеріально-технічної, фінансової та інформаційної.

Проаналізуємо стан забезпечення тваринницької галузі засобами для приготування і роздавання кормів (ЗПРК). Незважаючи на те, що в тваринництві використовуються різні технології приготування і роздавання кормів, а відповідно різні ЗПРК, для їх реалізації, великі аграрні холдинги та компанії використовують, в переважній більшості, машини іноземного виробництва. Але сьогодні, поряд з великою кількістю заводів-виробників та цілою гаммою сучасних машин [3, 4], споживачів сільськогосподарської техніки цікавлять питання їх обґрунтованого вибору, надійного використання, забезпечення запасними частинами, підтримання працездатності, підготовки операторів машин та фахівців з сервісного обслуговування.

Слід зазначити, що в останнє десятиліття аграрний ринок сільськогосподарської техніки характеризується тим, що більшість світових виробників та продавців техніки істотно скорочують перелік своїх брендів на користь більш якісної передпродажної підготовки та обґрунтованого після продажного обслуговування. Аналіз показує, що однією із стратегій відомих міжнародних компаній, включаючи ТОВ «АМАКО Україна», ТОВ «Манн+Хуммель ФТ Україна» та інших, є поступовий перехід від продажу окремих продуктів, тобто техніки, агрегатів, деталей, витратних матеріалів до реалізації технічних рішень. Вказані технічні рішення включають цілий спектр напрямів: навчання операторів, додаткове сервісне обслуговування, постачання запасних частин та витратних матеріалів.

Аналіз показує, що компанії-лідери на аграрному ринку, включаючи AGCO Corporation, New Holland, CASE IH, CLAAS, AgroGeneration розглядаючи тренди та прогнози розвитку техніки також вказують на те, що у 2019-2020 роках фокус їх уваги сконцентовано на наступних напрямках: технології; сертифікація техніки; інвестиції; стратегія розвитку дилерських мереж; кадри; запити аграрних холдингів [2].

Але відомо, що відсутність по ряду позицій техніки вітчизняного виробництва, сервісного обслуговування, дефіцит кадрів інженерно-технічних працівників та операторів машин змушує великі аграрні холдинги та компанії купувати більш дорогі, але конкурентні сільськогосподарські машини, які активно супроводжуються системою дилерського обслуговування [2]. Саме тому, при оновленні парку ЗПРК у тваринництві, аграрні підприємства фокусують свій вибір на тих машинах, які не лише ефективні та надійні у використанні, але й супроводжуються заводом-виробником на протязі всіх життєвих циклів машини. Тобто, аграрне підприємство або ж фермер, який придбав сільськогосподарську машину, повинні стати складовою задекларованого заводом-виробником технічного рішення.

Але гарантом реалізації технічного рішення та впровадження у виробництво, є науковий супровід в межах інноваційних процесів.

В цьому розрізі слід назвати такі перспективні наукові напрями досліджень як [1, 3, 5]: використання можливостей біоінженерії при забезпеченні надійності соціотехнічних систем, в тому числі при врахуванні впливу складових «людина-оператор» та «машина»; дослідження особливостей природнього зносу і впровадження конструкторсько-технологічних методів підвищення довговічності деталей.

#### Список літератури

1. Boyko A., Novitskiy A. Mathematical model of reliability of human-machine system under reduced efficiency of its generalized work. *Machinery & Energetics*. Kyiv. Ukraine. 2018. vol. 9. no. 3. 271. p. 165-174.

2. <https://www.growhow.in.ua/rynok-sil-hospstekhniky-trendy-i-prohnozy-na-2019-2020>.

3. 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.

4. Andriy Novitskiy. Forming reliability of means for preparation and disposal of forage. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2017. Vol. 19. No 3. P. 123-128.

5. Спосіб термічної обробки сталейних деталей : патент 121471 Україна : МПК C21D 1/56. № c21d 1/56. заявл. 31.05.2017 , опубл: 11.12.2017 Бюл. №23.

УДК 631.3.077

## ВАРІАНТИ ПОЄДНАНЬ МАШИН В СИСТЕМІ ПРИ СОРТИМЕНТІ МЕТОДІВ ЗАГОТІВЛІ

*Тітова Л. Л.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Для дослідження процесів і систем лісосічних машин були визначені варіанти систем лісосічних машин (рис. 1), що є об'єктами справжніх досліджень.

У формалізованому вигляді постановка завдань дослідження зводиться до наступного. Технологічний процес лісосічних робіт є об'єктом управління. Для оцінки функціонування і вибору системи лісосічних машин, що виконують технологічний процес сортиментної заготівлі, при заданих параметрах середовища  $s_1, s_2, \dots, s_m$  знайти елементи рішення  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , які забезпечують виконання завдань  $Q_i$ ,  $i \in I$ , в межах споживання відомих ресурсів  $Z_m$ ,  $m \in M$  і

за умови дотримання обмежень  $x \in W$ , а також забезпечують екстремальні значення критерію  $R$ , тоюто:

$$\begin{cases} R \rightarrow \exp \\ F_i(\bar{x}) \geq Q_i, i \in I \\ F_m(\bar{x}) \leq Z_m, m \in M \\ \bar{x} \in W \end{cases} \quad (1)$$

де  $\bar{x}$  - вектор рішення;  $R$  - головний критерій.

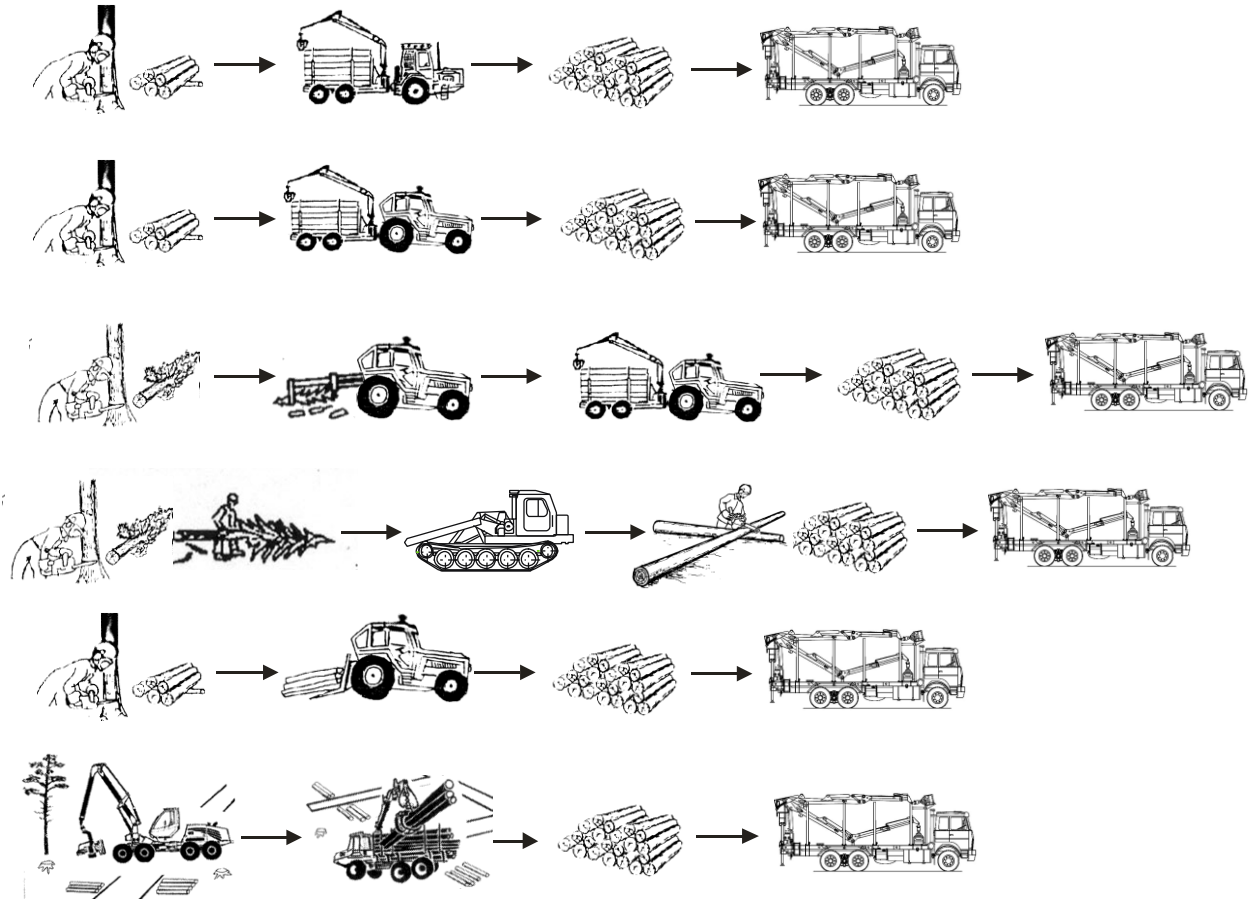


Рис. 1. Схеми варіантів поєднань лісосічних машин в системі при сортиментні методи заготовки: 1 - бензопила + форвардер; 2 - бензопила + сільськогосподарський трактор з лісовозних причепом; 3 - бензопила + навісний процесор + сільськогосподарський трактор з лісовозних причепом; 4 - бензопила + гусеничний чокерного трелювальник + бензопила; 5 - бензопила + колісний трактор з навісним технологічним обладнанням; 6 - харвестер + форвардер.

В якості критерію ефективності приймалася питома прибуток у розрахунку на  $1 \text{ м}^3$  заготовленої деревини при роботі  $k$ -й системи лісосічних машин  $\Pi_{\text{удк}}$ . Шуканий параметр  $R$  визначений з умови (1) таким чином, щоб задовольнявся функціонал такого вигляду:

$$R = f(C, C, \Pi_{\text{смм} ik}, \kappa_3) \Rightarrow \Pi_{\text{удк}} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{f=1}^F (\Pi_{\text{общк}} / Q) \rightarrow \max, \quad (2)$$

де  $\Pi$  - ціна одиниці продукції, грн;  $C$  - собівартість одиниці продукції, грн/м<sup>3</sup>;  $\Pi_{\text{смік}}$  - продуктивність  $k$  - й системи машин при розробці  $i$  - й лісосіки, м<sup>3</sup>/см;  $\kappa_z$  - коефіцієнт завантаження обладнання;  $i$  - число лісосік, відведених в рубку;  $j$  - кількість виконуваних операцій на лісосіці;  $f$  - кількість лісозаготівельних машин і устаткування на різних операціях;  $\Pi_{\text{общ } k}$  - загальний прибуток, отримана зі всіх розроблюваних лісосік  $k$  - й системою лісосічних машин, грн;  $Q$  - річний обсяг заготівлі, м<sup>3</sup>.

УДК 621.891:631.31

## **РЕОЛОГІЧНІ СКЛАДОВІ МЕХАНІЗМУ КРИШЕННЯ ҐРУНТУ**

*Аулін В. В., Тихий А. А.*

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

Ґрунт є елементом відкритої, складної, поліфункціональної, полідисперсної, чотирифазної, гетерогенної, структурної трибосистеми, що активно взаємодіє з навколишнім середовищем. Зазначимо, що проблема обробітку ґрунту, згідно з положеннями термодинаміки, включає в себе роботу над навколишнім середовищем. Вплив зовнішньої енергії на ґрунт проявляється в адсорбційних процесах, що змінюють саму поверхневу енергію ґрунту. Причому цей вплив посилюється при її деформації. З розглянутих концепцій напружено-деформованих станів взаємодіючих елементів видно, що найбільша інтенсивність впливу навколишнього середовища настає тоді, коли в ґрунті відбуваються пластичні деформації.

Деякий ґрунтовий об'єм ущільнюється поступальним рухом клину. Частинки ґрунту в ньому знаходяться в умовах гідростатичного стиснення. При цьому тріщини і пори закриваються, але всі вони повністю зникнути не можуть. В теоріях руйнування існуючі в матеріалі пори і тріщини розглядаються як дефекти. Саме вони стають осередками руйнування, оскільки при навантаженні матеріалу на їх поверхнях концентруються напруження, при відповідних значеннях яких відбувається зростання тріщин і пор, утворюються нові вільні поверхні. Тобто пружна потенціальна енергія деформування, накопичуючись в пласті ґрунту, стає вище величини енергії взаємодії між частинками ґрунту. При цьому міжчасткові зв'язки розриваються, і їх відрив один від одного супроводжується утворенням поверхні розриву, на якій вивільняється накопичена пружна енергія.

Звільнена енергія йде на розрив міжчасткових зв'язків, а отже значить, і на зростання тріщини, що володіє поверхневою енергією. При утворенні єдиної тріщини її поверхнева енергія явно менше, ніж та, що вивільняється через неї потенціальна енергія. Тому постійне зростання тріщини неможливе без

додаткових зусиль. Під час відриву пласту від масиву стає неможливим прикладання до нього цих зусиль. Просування відірваного пласта по робочій поверхні клина робочого органу ґрунтообробної машини (РОГМ) помітного додаткового його кришення не викликає. Тому вся робота кришення повинна проводитися на першому етапі впливу клина РОГМ на ґрунт. Для цього енергія, накопичена в пласті, повинна звільнятися через безліч тріщин, що утворюються тобто ґрунт повинен кришитися.

З наведеного випливає висновок про те, що при існуючих швидкостях руху ґрунтообробних агрегатів, РОГМ, які впливають на ґрунт шляхом стиснення, не забезпечують агротехнічно необхідної питомої поверхні ґрунту. Дослідження свідчать, що необхідні інші принципи впливу на ґрунтовий пласт. Крім цього встановлено, що ґрунт є елементом самодеформуючої системи, в якій безперервно відбувається зміна стану. Для дослідження стану цієї системи і зниження енергоємності обробки ґрунту потрібно розглянути реологічні методи. При силовій дії РОГМ на пласт ґрунту, елемент якого має об'єм  $V$  спостерігаються деформації стискування та розтягу (рис. 1).

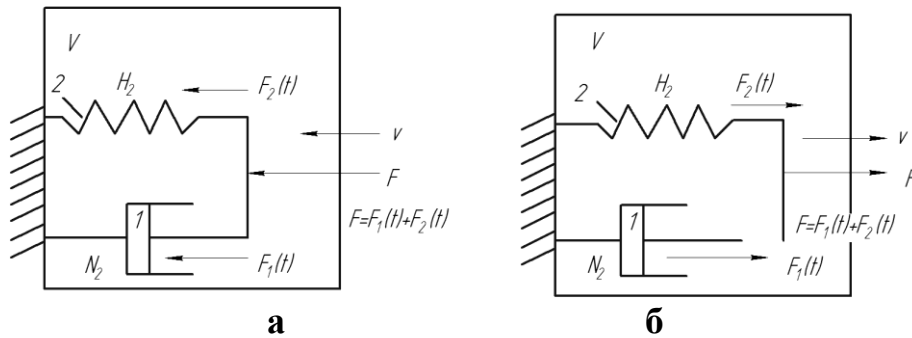


Рис. 1. Картина дії сил на об'єм пласту ґрунту при деформації стиску (а); розтягу (б): 1 – елемент в'язкості (реологічна модель Ньютона) ґрунту; 2 – елемент пружності (реологічна модель Гука).

Аналіз дій сил при різних деформаціях ґрунту описується рівняннями напруження ґрунту описується рівняннями:

- при деформації стиску:

$$\tau = \left( \tau_0 \exp \left( - \frac{G_{zc}}{\eta_M + \eta_K} t \right) \right)_I + (G_{zc} \dot{\gamma} + \eta_N \dot{\gamma})_{II} + \left[ \frac{2\dot{\gamma}}{\lambda_M} + \left( \frac{2\dot{\gamma}}{\lambda_M} + \eta \dot{\gamma} \right) \right]_{III}; \quad (1)$$

- при деформації розтягу:

$$\tau = 0,5 \left\{ \left( \tau_0 \exp \left( - \frac{G_{zc}}{\eta_M + \eta_K} t \right) \right)_I - (G_{zc} \dot{\gamma} + \eta_N \dot{\gamma})_{II} - \left[ \frac{2\dot{\gamma}}{\lambda_M} + \left( \frac{2\dot{\gamma}}{\lambda_M} + \eta \dot{\gamma} \right) \right]_{III} \right\}, \quad (2)$$

де:  $\tau_0$  – початкове напруження зсуву, Н/м<sup>2</sup>;  $G_{zc}$  – модуль зсуву, Н/м<sup>2</sup>;  $\eta_M$ ,  $\eta_K$ ,  $\eta_N$  – відповідно, коефіцієнти динамічної в'язкості елементів за реологічними моделями Максвелла, Кельвіна і Ньютона, Па·с;  $\dot{\gamma}$  – швидкість деформації, м/с;  $\lambda_M$  – коефіцієнт пропорційності, Н/м;  $t$  – тривалість деформації, с.

Характер динаміки зміни напружень в процесі деформацій стиску та розтягу елемента ґрунту у вигляді графіків наведено на рис. 2.

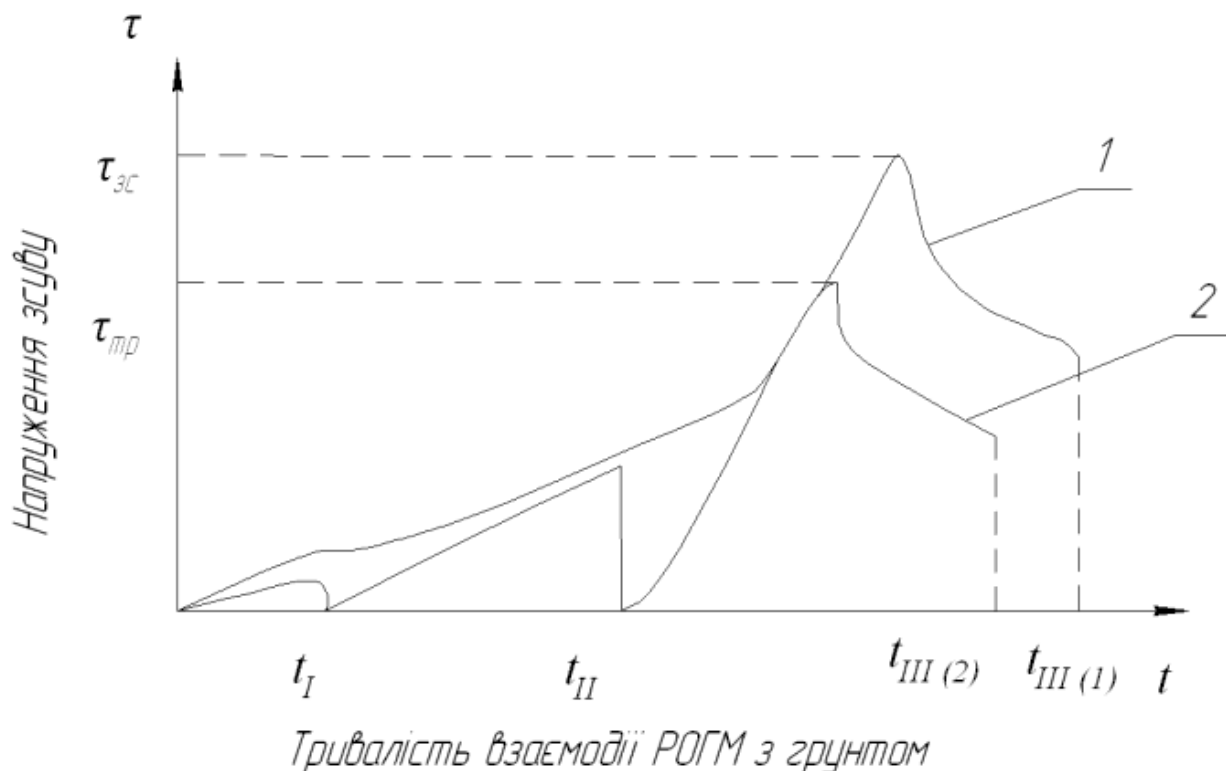


Рис. 2. Схема характеру зміни напруження в об'ємі елемента ґрунту шару прилеглого при РОГМ в процесі деформацій стиску (крива 1) і розтягу (крива 2).

Можна бачити, що руйнування ґрунту при деформації розтягу відбувається при меншій напрузі, ніж при деформації стиску. Це свідчить про те, що енергетичні витрати при дії РОГМ на ґрунт на основі деформації розтягу значно менші, ніж на основі деформації стиску.

Наведені реологічні рівняння та їх графічні інтерпретації показують, що в'язкість ґрунту знижується при збільшенні кількості видавлюваної рідкої фази при підвищенні тиску, тобто в'язкість ґрунту під час дії РОГМ не є постійною величиною. Процеси стиску і розтягу локальних об'ємів ґрунту супроводжуються зміною структури від макроагрегатів до елементарних частинок, в'язкість яких неоднакова. Для таких систем В. Оствальдом було введено поняття структурної в'язкості. Зміна в'язкості ґрунту в процесі його деформації свідчить про те, що відбувається зростання швидкості зсуву між дисперсною фазою і середовищем ґрунту, тобто, взаємодія між ними знижується. Знижують в'язкість ґрунту і деформації, що виникають в самих ґрунтових частинках, сприяючи їх розриву та руйнуванню.

Таким чином, враховуючи характер руйнування ґрунту при деформації стиску і розтягу, енергоємність процесу, а також зміну реологічних характеристик дії РОГМ на ґрунт можна вважати, що для ефективного обробитку ґрунту більш доцільні є комбіновані РОГМ та РОГМ зі змінною формою та геометрією поверхонь ковзання. Крім цього в якості позитивної рекомендації є необхідність в попередньому розпушуванні ґрунту, тобто зменшенні його в'язкості.

УДК 656:338

# МЕТОДИ ОЦІНКИ І АНАЛІЗУ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В НИХ

Аулін В. В., Голуб Д. В.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Методи оцінки і аналізу надійності транспортних систем та технологічних процесів в них включають застосування аналітичних методів розрахунку, методів імітаційного статистичного моделювання, основних, додаткових та комбінованих методів аналізу (рис. 1).



Рис. 1. Класифікація методів оцінки надійності складних транспортних систем і технологічних процесів в них.

Найбільше розповсюдження отримали аналітичні методи. Це пов'язано із забезпеченням необхідної точності результатів за відсутності або неможливості отримання початкової інформації. Методи імітаційного статистичного моделювання для розрахунку надійності технічних систем менш застосовні, оскільки не дозволяють одержувати достовірні результати, внаслідок неможливості коректного врахування моделлю великої кількості чинників функціонування системи.

Національним стандартом ДСТУ 2861-94, гармонізованим з вимогами міжнародного стандарту МЕК 60300-3-1:2003, регламентується рекомендації по застосуванню методів аналізу надійності складних процесів і систем, а також приводиться їх детальна характеристика. Згідно даних рекомендацій аналіз надійності системи має якісну і кількісну складові.

Якісний аналіз надійності технічних систем передбачає: аналіз функціональної структури; визначення режимів несправностей системи і компонентів, механізмів відмов, причин і наслідків відмов; визначення механізму деградації, який може привести до відмови; аналіз ремонтпридатності, з урахуванням часу, методу ізоляції і методу відновлення; визначення адекватності методів діагностики відмов; аналіз можливостей запобігання відмов; визначення стратегій профілактики і відновлення відмов, технічного обслуговування і ремонту.

Кількісний аналіз надійності технічних систем включає: розробку моделей надійності системи; визначення необхідних для розрахунку початкових даних; розрахунок показників надійності; проведення аналізу критичності і чутливості результатів розрахунку до прийнятих допущень.

В той час група загальнотехнічних методів в автомобільних транспортних системах носить допоміжний характер і ці методи також є методами підтримки. Комбіновані методи засновані на сумісному застосуванні методів двох перших видів. Аналіз розглянутих методів показав, що не всі методи, представлені на рис. 1, підходять для аналізу надійності складних автомобільних транспортних систем. Частина методів застосовуються лише для аналізу надійності складних технічних систем. До них можна віднести: метод прогнозування інтенсивності відмов, аналіз міцності та напружень, аналіз кінцевих елементів, обмеження допустимих відхилень і вибір частин, аналіз надійності програмного забезпечення.

Виявлено, що у порівнянні з технічними системами автомобільні транспортні системи більш складні, оскільки елементами їх структури є групи людей, взаємозв'язані між собою організованими процесами перевезень вантажів та пасажирів. У зв'язку з цим є необхідність більш детально розглянути методи аналізу надійності автомобільних транспортних систем та їх показників надійності, які можуть бути застосовані до будь-якої транспортної системи. З цією метою особливий інтерес викликають методи, що дозволяють не тільки проводити розрахунок кількісних показників надійності та якісну характеристику автомобільних транспортних систем, але також ті що, забезпечують наочне уявлення про їх роботу з точки зору надійності.



До цієї групи методів можна віднести: аналіз дерева відмов; аналіз дерева подій; аналіз мережі Петрі; таблиця інтенсивності відмов; діаграма причин і наслідків. До групи методів аналізу надійності автомобільних транспортних систем можна також віднести: побудова та аналіз структурної схеми надійності; функції алгебри логіки; матриця станів системи і підсистем; граф станів системи і підсистем; діаграма причин і наслідків; аналіз дерева відмов; аналіз дерева подій; диференціальні і алгебраїчні рівняння.

Коротка характеристика методів, які можна застосувати до аналізу надійності автомобільних транспортних систем, представлена в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика методів аналізу і оцінки надійності функціонування  
автомобільних транспортних систем

Назва методу	Призначення	Переваги	Недоліки
Аналіз видів і наслідків відмов транспортних систем	Ідентифікація усіх можливих відмов в системі і їх наслідків	Можливість використання в попередньому аналізі нових систем та процесів	Великий об'єм аналізованої інформації, ускладнення через відсутність зв'язків, причин і наслідків відмов
Дослідження небезпеки і працездатності транспортних систем	Ідентифікація потенційних відхилень системи від заданих цілей і їх причин	Ефективність при виявленні можливих причин і наслідків відхилень в роботі системи від заданих цілей до початку її роботи	Неможливість розгляду поведінки системи, а також досліджень їх поведінки в нестандартних режимах та умовах функціонування
Аналіз надійності людського фактору в транспортних системах	Оцінка факторів, що визначають надійність роботи людини з підсистемами та їх елементами, розподіл функцій між ними	Без урахування людського фактору, прогноз надійності системи може бути неправдивим	Необхідність в глибоких знаннях параметрів ефективності дій людини
Аналіз паразитних контурів в транспортних системах	Виявлення можливих прихованих факторів, що призводять до виникнення незапланованих режимів роботи системи	Сприяє скороченню помилок при проектуванні систем і людських помилок при їх експлуатації	Потреба у фахівцях з аналізу паразитних контурів, дороге програмне забезпечення

Продовження табл. 1

Назва методу	Призначення	Переваги	Недоліки
Аналіз найгіршого випадку в транспортних системах	Визначення можливого зниження ефективності систем на основі вивчення меж зміни початкових параметрів	Висока надійність системи, при будь-яких характери-тиках в межах заданих відхилень, не складний математичний апарат	Обов'язкове визначення усіх можливих математичних або логічних співвідношень між параметрами, аналітичні результати не є оптимальними
Аналіз Парето в транспортних системах	Виявлення проблем, рішення яких мають високий потенціал підвищення надійності	Простота, малі витрати часу і праці, можливість використання для будь-яких систем і процесів	Є лише інструментом для поліпшення огляду даних, вимагає залучення інших методів
Аналіз звіту про відмови і система коригуючих дій в транспортних системах	Виявлення і аналіз відмов системи, що виникають в процесі її експлуатації, розробка системи коригуючих дій	Можливість використання в якості початкових даних, інформації для різних умов експлуатації і зовнішнього середовища	Результати залежать від кваліфікації персоналу, оцінки і реєстрації відмов, не придатні для об'єднання числових оцінок у більшості випадків

Приведений огляд методичної бази дозволив встановити, що для оцінки або розрахунку надійності багатофункціональних виробничо-економічних процесів, яким є транспортний процес на автомобільному транспорті, може бути застосований лише частково, оскільки дуже складно врахувати такі особливості функціонування транспортної системи, як наявність надмірності елементів, існування прихованих відмов, динаміку структури системи і її підсистем та елементів, а також коректування мети, можливість зміни алгоритмів дії структурних елементів в ході розвитку транспортного процесу.

На основі зазначених методів можна розробити методичний інструментарій оцінки надійності процесів перевезень на автомобільному транспорті та вимагається формулювання та обґрунтування концепції забезпечення надійності функціонування транспортних систем перевезень вантажів і пасажирів.

УДК 631:86:631.17

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННИХ АГРЕГАТІВ НА ВНЕСЕННІ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ**

***Шатров Р. В.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Відомо, що до 50% приросту врожаю сільськогосподарських культур отримують за рахунок внесення органічних і мінеральних добрив. З розвитком інтенсивного землеробства підвищується роль органічних добрив для підтримання бездефіцитного балансу поживних речовин і гумусу в ґрунті [1]. Це сприяє також отриманню органічної, екологічно чистої продукції рослинництва. За прогнозом вчених ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О. Н. Соколовського» в Україні необхідно щорічно вносити 300-310 млн. тонн органічних добрив (10 т/га), в той час як річний вихід біомаси гною і посліду становить лише 35 млн. тонн [2].

Основним вітчизняним виробником машин для внесення органічних добрив є ВАТ «Ковельсьільмаш». Це розкидачі добрив МТО-6, МТО-7, РТД-7, РТД-9 і РТД-14. Відома також техніка французької групи компаній KUNN, фірми SIP Sempeter (Словенія), компанії JOSKIN (Бельгія) та ін. [3].

Залежно від наявності машин, відстані доставки органічних добрив до поля і норми внесення вибирають прямоточну, перевалочну і перевантажувальну технології. Найпоширенішою є прямоточна технологія.

Метою досліджень біло визначити граничні віддалі ефективного використання вітчизняної техніки за найбільш поширених умов: нормі внесення добрив 30 т/га, робочій ширині захвату агрегату 8 м, робочій і середньотехнічній транспортній швидкості руху, рівній відповідно 10 і 18 км/год.

Конструктивні особливості, агрегатування і рекомендації щодо використання машин для внесення органічних добрив моделей МТО і РТД вивчались за даними ВАТ «Ковельсьільмаш». Розрахунки показників роботи машинних агрегатів виконувались на ПК за програмою і методикою кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М. П. Момотенка НУБіП України [4].

Результати досліджень подано в таблиці.

Ефективність роботи машинних агрегатів на внесенні добрив можна підвищити за рахунок використання перевалочної технології. Органічні добрива транспортуються тракторами з причепами або автомобілями-самоскидами і буртуються на краю поля.

У міру потреби при основному обробітку ґрунту добрива навантажуються в розкидачі і вносяться на поверхню поля. Віддаль перевезень добрив розкидачами за перевалочної технології обмежується в середньому половиною довжини гону поля.

Таблиця

Співвідношення між часом транспортування і спорожнення органічних добрив

Марка розкидача	Віддаль до поля, км	Час транспортування, хв	Шлях спорожнення кузова, м	Час спорожнення кузова, хв	Відношення часу транспортування до спорожнення, разів
МТО-6	1	7	250	1,5	4,7
	3	20	250	1,5	13,3
	5	33	250	1,5	22,0
РТД-9	1	7	375	2,3	3,0
	3	20	375	2,3	8,7
	5	33	375	2,3	14,3
РТД-14	1	7	583	3,5	2,0
	3	20	583	3,5	5,7
	5	33	583	3,5	9,4

Усунути транспортну операцію машинного агрегату для внесення добрив, а отже, значно збільшити його продуктивність, можна за рахунок впровадження перевантажувальної технології внесення твердих органічних добрив.

Для цього використовують низькорамний розкидач типу РПО-6 (ТОВ «Торговий Дом Дніпропетровський комбайновий завод»).

Добрива з гноєсховища або польового бурта навантажуються в самоскидні транспортні засоби вантажопідйомністю до 6 тонн, доставляються до місця внесення і перевантажуються в розкидач.

Ширина захвату агрегату, який складається з трактора МТЗ-80 і машини РПО-6, дорівнює 10-12 м, продуктивність за годину основного часу до 10 га.

#### Висновки

1. Ефективне використання машин кузовного типу (МТО і РТД) обмежується граничними віддальми перевезень органічних добрив до поля.

2. При віддалі перевезень, більшій за граничну, органічні добрива доцільно вносити за перевалочною технологією.

3. При великих обсягах робіт і віддальх перевезень рекомендується використовувати перевантажувальну технологію внесення органічних добрив на базі низькорамної машини типу РПО-6.

#### Список літератури

1. Лінник Н. К. Совершенствование технологий и технических средств для использования органических удобрений. Техника в сельском хозяйстве. 1990. №5. С. 51–53.

2. Лінник М. К., Сенчук М. М. Технології і технічні засоби виробництва та використання органічних добрив: монографія. За ред. В. В. Адамчука. Ніжин. Видавець ПП Лисенко М. М. 2012. 248 с.

3. Комплексна механізація виробництва зерна: навчальний посібник. В. Д. Гречкосій, М. Я. Дмитришак, Р. В. Шатров та ін. За ред. В. Д. Гречкосія, М. Я. Дмитришака. Київ. ТОВ «Нілан-ЛТД». 2012. 288 с.

4. Мельник І. І., Гречкосій В. Д., Бондар С. М. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу. Київ. Видавничий центр НАУ. 2004. 151 с.

УДК 693.546

## РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСНОГО ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ РУХУ РОЛИКОВОЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З КУЛАЧКОВИМ ПРИВОДНИМ МЕХАНІЗМОМ

*Почка К. І.*

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

В існуючих установках поверхневого ущільнення залізобетонних виробів використовується кривошипно-повзунний або гідравлічний привод зворотно-поступального руху формувального візка з укочувальними роликами.

Під час постійних пускогальмівних режимів руху виникають значні динамічні навантаження в елементах приводного механізму та в елементах формувального візка, що може привести до передчасного виходу установки з ладу.

Для зменшення динамічних навантажень в елементах установки та для підвищення її надійності запропоновано приводний механізм для забезпечення зворотно-поступального руху формувального візка виконати у вигляді шарнірно встановленого на основі кулачкового механізму, що контактує з штовхачами, жорстко прикріпленими до формувального візка.

Особливістю даної установки є використання в ній кулачкового приводного механізму, що реалізує оптимальний динамічний режим зворотно-поступального руху формувального візка.

Однак при такому режимі руху формувальний візок має максимальне прискорення при досягненні крайніх положень.

Це приводить до підвищення динамічних навантажень і коливань в елементах приводного механізму, виникнення зайвих руйнівних навантажень на рамну конструкцію і, відповідно, до передчасного виходу установки з ладу.

Тому постає задача удосконалення конструкції приводного механізму з метою підвищення надійності та довговічності установки.

Диференціальне рівняння, що визначає умови оптимального режиму руху формувального візка, який враховує одночасний вплив енергетичних затрат, діючих динамічних навантажень та інтенсивності їх зміни в часі, має вид:

$$x^{VI} - n_1 \cdot \frac{x^{IV}}{t_1^2} + n_2 \cdot \frac{\ddot{x}}{t_1^4} = 0, \quad (1)$$

де  $x$  – координата центра мас формувального візка;  $t_1$  – тривалість руху формувального візка від одного крайнього положення до іншого;  $n_1 = \frac{60 \cdot \delta_2}{(1 - \delta_1 - \delta_2)}$ ;  $n_2 = \frac{720 \cdot \delta_1}{(1 - \delta_1 - \delta_2)}$ ;  $\delta_1$  та  $\delta_2$  – безрозмірні вагові коефіцієнти, що враховують долю енергетичних затрат та діючих динамічних навантажень відповідно.

В результаті розв'язку рівняння (1) отримано вираз переміщення центра мас формувального візка з одного крайнього положення в інше з комплексним оптимальним режимом руху:

$$x = A_1 + A_2 \cdot t + A_3 \cdot e^{\frac{P_1 \cdot t}{t_1}} + A_4 \cdot e^{-\frac{P_1 \cdot t}{t_1}} + A_5 \cdot e^{\frac{P_2 \cdot t}{t_1}} + A_6 \cdot e^{-\frac{P_2 \cdot t}{t_1}}, \quad (2)$$

де  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$  и  $A_6$  – постійні інтегрування;  $t$  – час;  $P_1 = \sqrt{\frac{n_1 + \sqrt{n_1^2 - 4 \cdot n_2}}{2}}$ ;

$$P_2 = \sqrt{\frac{n_1 - \sqrt{n_1^2 - 4 \cdot n_2}}{2}}.$$

Виходячи з початкових умов періоду руху  $t=0$ ,  $x=x_0$ ,  $\dot{x}=0$ ,  $\ddot{x}=0$  та його кінцевих умов –  $t=t_1$ ,  $x=x_1$ ,  $\dot{x}=0$ ,  $\ddot{x}=0$  ( $x_0, x_1$  – координати крайніх положень центра мас візка) визначено постійні інтегрування:

$$\begin{aligned} A_6 &= \frac{x_1 - x_0}{\left[ e^{-P_2} + P_2 - 1 - \frac{P_2^2}{P_1^2} \cdot \left( e^{P_1} - P_1 - 1 - \frac{(e^{-P_2} - e^{P_1}) \cdot (e^{-P_1} - e^{P_1} + 2 \cdot P_1)}{(e^{-P_1} - e^{P_1})} \right) - \right. \\ &\quad \left. - \left[ e^{P_2} - P_2 - 1 - \frac{P_2^2}{P_1^2} \cdot \left( e^{P_1} - P_1 - 1 - \frac{(e^{P_2} - e^{P_1}) \cdot (e^{-P_1} - e^{P_1} + 2 \cdot P_1)}{(e^{-P_1} - e^{P_1})} \right) \right] \right] \times \\ &\quad \times \frac{P_2 \cdot (e^{-P_2} - e^{P_1}) \cdot (e^{P_1} + e^{-P_1} - 2) + P_1 \cdot (e^{-P_1} - e^{P_1}) \cdot \left[ \frac{P_2}{P_1} \cdot (1 - e^{P_1}) + (1 - e^{-P_2}) \right]}{P_2 \cdot (e^{P_2} - e^{P_1}) \cdot (e^{P_1} + e^{-P_1} - 2) + P_1 \cdot (e^{-P_1} - e^{P_1}) \cdot \left[ \frac{P_2}{P_1} \cdot (1 - e^{P_1}) + (e^{P_2} - 1) \right]} \right]; \\ A_5 &= -A_6 \cdot \frac{P_2 \cdot (e^{-P_2} - e^{P_1}) \cdot (e^{P_1} + e^{-P_1} - 2) + P_1 \cdot (e^{-P_1} - e^{P_1}) \cdot \left[ \frac{P_2}{P_1} \cdot (1 - e^{P_1}) + (1 - e^{-P_2}) \right]}{P_2 \cdot (e^{P_2} - e^{P_1}) \cdot (e^{P_1} + e^{-P_1} - 2) + P_1 \cdot (e^{-P_1} - e^{P_1}) \cdot \left[ \frac{P_2}{P_1} \cdot (1 - e^{P_1}) + (e^{P_2} - 1) \right]}; \\ A_4 &= -\frac{P_2^2 \cdot [A_5 \cdot (e^{P_2} - e^{P_1}) + A_6 \cdot (e^{-P_2} - e^{P_1})]}{P_1^2 \cdot (e^{-P_1} - e^{P_1})}; \quad A_3 = -A_4 - \frac{P_2^2}{P_1^2} \cdot (A_5 + A_6); \\ A_2 &= -\frac{P_1 \cdot (A_3 - A_4) + P_2 \cdot (A_5 - A_6)}{t_1}; \quad A_1 = x_0 - A_3 - A_4 - A_5 - A_6. \end{aligned} \quad (3)$$

Із врахуванням постійних інтегрування (3) визначено коефіцієнти  $P_1 = 7,75$  та  $P_2 = 5,48$ . На основі цих коефіцієнтів отримано значення  $n_1 = 90$  та  $n_2 = 1800$ , а по ним – вагові коефіцієнти  $\delta_1 = 0,5$  та  $\delta_2 = 0,3$ .

Перетворивши вираз (2) для випадку, коли початок координат відраховується від середнього положення переміщення візка, отримано:

$$x = A_1 + A_2 \cdot t + A_3 \cdot e^{\frac{P_1 \cdot t}{t_1}} + A_4 \cdot e^{-\frac{P_1 \cdot t}{t_1}} + A_5 \cdot e^{\frac{P_2 \cdot t}{t_1}} + A_6 \cdot e^{-\frac{P_2 \cdot t}{t_1}} - \frac{\Delta x}{2}, \quad (4)$$

де  $\Delta x$  – хід формувального візка від одного крайнього положення до іншого.

Закон руху візка, описаний рівнянням (4), може бути здійснений приводом з кулачковим механізмом зворотно-поступального руху візка. При цьому рух візка в одному напрямку здійснюється за рахунок повороту кулачка на половину оберту (тобто  $\varphi = \pi$ ) і в зворотному напрямку ще на половину оберту; повний цикл руху візка – за один оберт кулачка. Для здійснення описаного закону руху візка необхідно, щоб приріст радіуса кулачка відповідав приросту переміщення візка. Згідно з цим змінний радіус кулачка визначається залежністю:

$$\rho = \frac{b}{2} + A_1 + A_2 \cdot t + A_3 \cdot e^{\frac{P_1 \cdot t}{t_1}} + A_4 \cdot e^{-\frac{P_1 \cdot t}{t_1}} + A_5 \cdot e^{\frac{P_2 \cdot t}{t_1}} + A_6 \cdot e^{-\frac{P_2 \cdot t}{t_1}} - \frac{\Delta x}{2}, \quad (5)$$

де  $b$  – відстань між штовхачами.

Час  $t$  можна виключити із попередньої залежності, оскільки  $t = \varphi / \omega$ , а  $t_1 = \pi / \omega$ . Тут  $\varphi$  – кутова координата повороту кулачка, а  $\omega$  – кутова швидкість кулачка. Після відповідних перетворень радіус кулачка, що описує його профіль, пов'язується з кутовою координатою наступним виразом:

$$\rho = \frac{b}{2} + A_1 + A_2 \cdot \varphi + A_3 \cdot e^{\frac{P_1 \cdot \varphi}{\pi}} + A_4 \cdot e^{-\frac{P_1 \cdot \varphi}{\pi}} + A_5 \cdot e^{\frac{P_2 \cdot \varphi}{\pi}} + A_6 \cdot e^{-\frac{P_2 \cdot \varphi}{\pi}} - \frac{\Delta x}{2}, \quad 0 \leq \varphi \leq \pi. \quad (6)$$

Аналогічно визначається профіль кулачка на ділянці його повороту від  $\pi$  до  $2\pi$ , який описується радіусом, що змінюється за залежністю:

$$\rho = \frac{b}{2} + A_1 + A_2 \cdot (2\pi - \varphi) + A_3 \cdot e^{\frac{P_1 \cdot (2\pi - \varphi)}{\pi}} + A_4 \cdot e^{-\frac{P_1 \cdot (2\pi - \varphi)}{\pi}} + A_5 \cdot e^{\frac{P_2 \cdot (2\pi - \varphi)}{\pi}} + A_6 \cdot e^{-\frac{P_2 \cdot (2\pi - \varphi)}{\pi}} - \frac{\Delta x}{2}, \quad \pi < \varphi \leq 2\pi. \quad (7)$$

При визначенні змінного радіуса кулачка залежностями (6) та (7) необхідно в формулах постійних інтегрування (3) для  $A_2$  використовувати  $\pi$  замість  $t_1$ . При застосуванні в роликовій формувальній установці кулачкового приводного механізму із кулачком, профіль якого забезпечує комплексний оптимальний режим руху формувального візка, зменшуються динамічні навантаження в елементах приводного механізму, зникають зайві руйнівні навантаження на рамну конструкцію і, відповідно, підвищується надійність та довговічність установки.

УДК 631.1.17

## КОНТАКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДВУХ УПРУГОВЯЗКИХ ТЕЛ НЕСОГЛАСОВАННОЙ ФОРМЫ

*Хайдер Аль-Хазаали Раад Надим*

*Министерство водных ресурсов и мелиорации Республики Ирак*

Во многих процессах взаимодействия рабочих органов машин и движителей ходовых систем машин возникают задачи о необходимости

определения как кинематических, так и динамических характеристик взаимодействия на поверхностях контакта.

Большинство результатов такого взаимодействия дано для случая, когда деформатор является абсолютно твердым телом.

Известны такие решения для задач взаимодействия абсолютно твердого тела различных геометрических очертаний с материалами и средами, представленными в виде упругих, упруговязких либо вязкопластических моделей.

Вместе с тем практически отсутствуют решения прикладных задач взаимодействия двух деформируемых тел.

При этом существуют решения прикладных задач в одномерном виде.

Такие постановки и решения не позволяют определить напряжения и деформации контактирующих тел, и в дальнейшем определить условия возникновения пластического течения либо разрушения, поскольку критерии перехода в такие состояния предполагают формализацию в виде трехмерной модели или, в крайнем случае, двумерной.

Одной из двумерных моделей контактного взаимодействия в упругой постановке есть решение, данное В.М. Александровым и М.И. Чебаковым в виде перемещений поверхности контакта тел:

$$\begin{aligned} u_1(x,0) &= \frac{1}{\pi\theta_1} \left[ \int_a^b \frac{\tau(\xi)}{\xi-x} d\xi - \pi\varepsilon_1 q(x) \right]; \quad v_1(x,0) = \frac{1}{\pi\theta_1} \left[ \int_a^b \frac{q(\xi)}{\xi-x} d\xi - \pi\varepsilon_1 \tau(x) \right]; \\ u_2(x,0) &= \frac{1}{\pi\theta_2} \left[ \int_a^b \frac{\tau(\xi)}{\xi-x} d\xi - \pi\varepsilon_2 q(x) \right]; \quad v_2(x,0) = \frac{1}{\pi\theta_2} \left[ \int_a^b \frac{q(\xi)}{\xi-x} d\xi - \pi\varepsilon_2 \tau(x) \right], (1) \\ \theta_1 &= \frac{G_1}{1-\nu_1}; \quad \varepsilon_1 = \frac{1-2\nu_1}{2(1-\nu_1)}; \quad \theta_2 = \frac{G_2}{1-\nu_2}; \quad \varepsilon_2 = \frac{1-2\nu_2}{2(1-\nu_2)}, \end{aligned}$$

где:  $\tau(\xi)$  – нормальные и касательные нагрузки, распределенные по длине контакта;  $G_i, \nu_i$  – модули упругости при сдвиговых деформациях и коэффициенты Пуассона для тел соответственно;  $a, b$  – границы зоны контакта.

Такое представление дает некоторые положительные результаты, но не позволяет использовать эти зависимости для пространственных случаев и для решения динамических задач зависящих от времени.

Нами были получены зависимости связей деформаций с напряжениями для пространственного деформирования среды (материала) в случае его представления его в виде вязкоупругих моделей (Кельвина-Фойгта) в виде:

$$\begin{aligned} \tau_x[t] &= - \frac{e^{-\frac{Gt}{\eta}} (-1 + e^{\frac{Gt}{\eta}}) ((-1 + 5\nu)\sigma_x + 2(-2 + \nu)(\sigma_y + \sigma_z))}{6G(1 + \nu)}, \\ \tau_y[t] &= - \frac{e^{-\frac{Gt}{\eta}} (-1 + e^{\frac{Gt}{\eta}}) (2(-2 + \nu)\sigma_x + (-1 + 5\nu)\sigma_y + 2(-2 + \nu)\sigma_z)}{6G(1 + \nu)}, \end{aligned}$$



$$\tau_z[t] = -\frac{e^{-\frac{Gt}{\eta}}(-1 + e^{\frac{Gt}{\eta}})(2(-2 + \nu)\sigma_x + 2(-2 + \nu)\sigma_y + (-1 + 5\nu)\sigma_z)}{6G(1 + \nu)},$$

$$\gamma_{xy}[t] = \frac{\tau_{xy} - e^{-\frac{Gt}{\eta}}\tau_{xy}}{2G}, \gamma_{yz}[t] = \frac{\tau_{yz} - e^{-\frac{Gt}{\eta}}\tau_{yz}}{2G}, \gamma_{xz}[t] = \frac{\tau_{xz} - e^{-\frac{Gt}{\eta}}\tau_{xz}}{2G},$$

где:  $\tau_i[t], \gamma_{ij}[t]$  – компоненты деформаций;  $\sigma_i, \tau_{ij}$  – компоненты напряжений;  $t$  – время.

Интегрирование последних зависимостей позволяет получить компоненты перемещений поверхности, а дальнейшее применение полученных зависимостей по аналогии с (1), т.е. применяя три интеграла функции нагрузки в каждом из уравнений получить решение трехмерной контактной задачи для упруговязких тел несогласованной геометрической формы.

УДК 631.1.004

## МОДЕЛЬ МІНІМІЗАЦІЇ ГРУПОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

*Роговський І. Л.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

При розробці комплексної системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин виникає проблема обґрунтування стратегії, яка б дозволила отримати максимально можливий ефект від експлуатації машин.

Зазвичай, при постановці завдання профілактики припускають задані характеристики надійності сільськогосподарських машин: функцію розподілу часу безвідмовної роботи системи  $P(x)$  або окремих її частин і функцію розподілу часу самостійного прояву відмови  $\Phi(v)$  і характеристики ремонтпридатності: функції розподілу часу різних відновлювальних робіт, які можна проводити в системі. Ці характеристики, а також стратегія, відповідно до якої призначаються терміни проведення відновлювальних робіт, визначають стан системи і еволюцію цих станів у часі.

Будемо вважати, що безліч  $E$  можливих станів системи є кінцевим  $E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$ . В такому випадку траєкторії процесу  $x(t)$ , що описує еволюцію станів системи в часі, є ступінчастими функціями. На траєкторіях цього випадкового процесу визначимо функціонал, який при фіксованих характеристиках надійності буде характеризувати стратегію обслуговування досліджуваної системи. За кінцевий відрізок часу  $[0, t]$  траєкторія процесу  $x(t)$  задається кількістю переходів  $m$ , моментами переходів  $t_0=0 < t_1 < t_2 \dots < t_m \leq t$  і  $E_{i0}, E_{i1}, \dots, E_{im}$ , в яких

процес знаходиться між моментами переходу. Тоді функціонал визначимо як математичне очікування:

$$M\{\sum_{k=0}^{m-1} c_{ik} \cdot (t_{k+1} + t_k) + c_{im} \cdot (t - t_m)\}, \quad (1)$$

де константи  $c_i$  можна трактувати як дохід, що отримується за одиницю часу перебування в стані  $E_i$ . При тривалій експлуатації ( $t \rightarrow \infty$ ) функціонал (1) прагне до нескінченності. Слід також розглядати питомий дохід, тобто

$$I = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} M\{\sum_{k=0}^{m-1} c_{ik} \cdot (t_{k+1} + t_k) + c_{im} \cdot (t - t_m)\}, \quad (2)$$

Для регенеруючого процесу функціонал  $I$  може бути визначений як

$$I = \sum_{i=1}^n c_i \cdot k_i = \sum_{i=1}^n c_{ik} \cdot \frac{M_i}{M} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \cdot M_i}{M}, \quad (3)$$

де  $k_i$  – відношення середнього часу  $M_i$ , проведеного в стані  $E_i$  за період регенерації, до середині тривалості цього періоду  $M$ .

Поведінка процесу  $x(t)$  залежить від функції розподілу часу безвідмовної роботи системи  $P(t)$ . Функція розподілу часу  $\xi$  самостійного прояву відмови  $\Phi(x)$  і характеристик, що визначають терміни проведення регенеруючих факторів (проведення запобіжних профілактик призначається через випадковий час  $\eta$ , розподілене за законом  $G(x)$ ). Отже, від цих функцій залежать і середні тривалості  $M$  і  $M_i$  ( $i = \underset{1,n}{\rightarrow}$ ). Вважаємо, що період регенерації починається в момент повного оновлення системи і в цей же момент призначається чергова профілактика. Досліджуваний функціонал (3) можна записати як дробово-лінійний функціонал виду

$$I = I(G, \Phi, P) = \frac{A(x, v, y) dG(x) d\Phi(v) dP(y)}{B(x, v, y) dG(x) d\Phi(v) dP(y)}. \quad (3)$$

Якщо процес  $x(t)$ , що описує еволюцію станів системи в часі, приймає кінцеве безліч значень і є регенеруючою, то функціонал, який характеризує якість роботи системи, має вид дробово-лінійного функціонала (4) відносно функції розподілу часу безвідмовної роботи  $P(t)$ , функції розподілу часу самостійного прояву відмови  $\Phi(x)$  і функції розподілу  $G(x)$ , що визначає періодичність проведення попереджувальних профілактик.

У виразі (4) функція  $A(x, v, y)$  і  $B(x, v, y)$  мають сенс умовних математичних очікувань за умови виконання події  $\{\xi = y, \eta = x, \zeta = v\}$ . Стратегію відновлення працездатності сільськогосподарських машин слід закладати на рівні формування системи управління. Важливою проблемою також є розподіл функцій між проектною та організаційною підсистемами, з-за чого частина функцій з управління (наприклад, визначення термінів реалізації, розподіл ресурсів) залишаються прерогативою центру, що не завжди ефективно. Даний тип структури доцільно застосовувати у великих системах відновлення працездатності сільськогосподарських машин, умови реалізації яких не повністю визначені. Таким чином, у чистому вигляді жодна з існуючих структур не є ідеальною.

Нехай визначено загальний обсяг робіт за комплексною системою відновлення працездатності сільськогосподарських машин, на підставі якого розробляємо графік робіт. У загальному вигляді такий графік може бути представлений у вигляді системи, складається з об'єктів трьох видів.

Будемо використовувати теоретико-графовий опис системи:  $\Sigma = (Q, U, \varepsilon)$ , де  $Q$  – множина вершин,  $U$  – множина ребер,  $\varepsilon$  – відношення інцидентності, яке кожному ребру з  $U$  ставить у відповідність пару вершин з  $Q$ :

$$u \in U \Rightarrow (\exists! \langle p, q \rangle \in Q \times Q)(u \varepsilon \langle p, q \rangle). \quad (5)$$

Функції описують поведінку елементів системи і представляються набором множин:  $F = \langle R, f \rangle$ , де  $R = (A_i)_{i \in I}$  – сімейство деяких базових множин  $A_i$  (сигналів, траєкторій, ресурсів, тобто множин, на яких задаються функції),  $f$  – множина всіх відтворень

$$\prod_{i \in I_1} A_i \rightarrow \prod_{i \in I_2} A_i, \quad I_1, I_2 \subset I \quad (6)$$

тобто, функцій, що відтворюють певні завдання реалізації комплексної системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин. Це пов'язано з витратою ресурсів. У цьому випадку необхідно враховувати зв'язки, обумовлені наявністю обмежень типу

$$\varphi_k[f_k(\prod_{i \in I} A_i)] \leq u_k. \quad (7)$$

де  $u_k$  – ліміт ресурсів, виділений для реалізації  $k$ -ої функції,  $\varphi_k$  – споживання ресурсів для реалізації функції  $f_k$ .

Таким чином, графік робіт – це структура, вершин якої поставлено у відповідність функції, а ребрам – базисні набори, на яких ці множини визначені. Кожна вершина характеризується обсягом споживаних ресурсів, часом виконання своїх функцій, а кожне ребро може характеризуватися, наприклад, пропускною здатністю.

Для побудови ефективної системи управління необхідно оптимізувати розподіл функцій  $f$  по вузлах системи  $Q$ . В якості цільової функції моделі розподілу функцій по вузлах можна взяти один з таких функціоналів:

- мінімізація сумарних витрат на виконання завдань;
- мінімізація сумарного часу виконання завдань;
- мінімізація максимального часу вирішення завдань.

В залежності від особливостей управління комплексною системою відновлення працездатності сільськогосподарських машин, цілочисельна оптимізаційна модель розподілу окремих завдань комплексної системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин по вузлам komponується з наведених цільових функцій і обмежень. Для формування стратегії відновлення працездатності сільськогосподарських машин і побудови ефективної структури управління комплексною системою відновлення працездатності сільськогосподарських машин необхідно виділити в групи елементи найбільш сильно пов'язані між собою і одночасно слабо пов'язані з іншими елементами. Такі групи називають комплексами робіт.

Висновок. Розглянута модель є оптимізаційною задачею і дозволяє об'єднати структурні елементи комплексної системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин у групи, оптимальні з точки мінімізації міжгрупових зв'язків. В підсумку об'єднуються два нижніх рівні ієрархічної комплексної системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин, на чолі кожного з яких стоїть система, що управляє функціонуванням комплексу.

## MATHEMATICAL MODEL OF DYNAMICS OF CHANGE IN DEPARTURE OF MANIPULATOR WHEN COMBINING THE MOVEMENTS OF JIB ELEMENTS

*Loveykin V. S., Romasevych Yu. O., Spodoba O. O.*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

In the enterprise of the national economy, cargo cranes-manipulators on vehicles, which increase productivity in carrying out load-lifting and transport operations, and also facilitate working conditions of workers, are widely used. The use of crane-manipulator makes it possible to accelerate the carriage of goods.

In the process of performing loading and unloading operations in the jib system of the crane-manipulator there are dynamic forces due to the uneven rotation of the jib system of the crane-manipulator with a hydraulic drive with hydraulic-cylinder rod.

These forces affect the load perceived by the jib system, and the elements of the crane-manipulator drive during its operation. Dynamic forces depend on the kinematic parameters of the crane-manipulator and on the speed of movement of the hydraulic-cylinder rod.

To reduce the dynamic loads and, accordingly, increase the reliability of metal structures and hydraulic equipment, it is rational to use the combination of the following operations:

- lifting (lowering) the jib and turning the crane-manipulator;
- lifting (lowering) of the arm and turning of the crane-manipulator;
- lifting (lowering) the jib and lifting (lowering) of the arm.

In addition, combining operations provides an opportunity to increase the productivity of the crane-manipulator.

To study the dynamic loads when combined movements of the links of the jib system crane-manipulator, is developed mathematical model in the process of flight change. To construct a mathematical model, a dynamical model of a crane-manipulator with a hydraulic drive was constructed. When constructing a dynamic model assumptions were made:

- we assume that all links of the jib system are absolutely solid, except for the cargo that fluctuates on the hinged suspension in the plane of change of radius;
- friction in moving elements and viscous friction of fluid in pipelines are not taken into account;
- the compressibility of the working fluid in the elements is neglected.

Based on the assumption, the crane-manipulator is represented as a holonomic mechanical system with four degrees of freedom. For generalized coordinates, the angular coordinates of the rotation of the jib, the arm and the deviation of the grab with the cargo from the vertical are taken, as well as the linear coordinate of the telescopic section of the arm. In this model, the driving forces in power cylinders are determined from the mechanical characteristics, which are represented in the form of quadratic

relationships between the force and speed of the displacements of the power hydraulic cylinders.

On the basis of the dynamic model, a mathematical model is compiled, in the form of a system of four nonlinear differential equations of the second order.

As a result of the numerical solution of these equations for a particular manipulator in the process of changing the radius of cargo with the combination of movements, determined kinematic characteristics of the links of the jib system, the existing forces and power in the drive hydraulic cylinders, as well as fluctuations of the device with the load, which made it possible to identify the structural and dynamic disadvantages of the hydraulic control system of the crane-manipulator.

УДК 631.356.02

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИСТИЧНОГО РОЗПОДІЛУ ВИСОТИ ВИСТУПАННЯ ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛОДІВ БУРЯКІВ НАД ПОВЕРХНЕЮ ҐРУНТУ**

***Булгаков В. М., Головач І. В.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Мета досліджень – мінімізувати втрати цукроносної маси після проведення суцільного безкопінного зрізу гички з головок буряків цукрових шляхом теоретичного обґрунтування висоти зрізу.

Для моделювання процесу дефоліації головки коренеплоду було розроблено геометричну модель, суть якої полягала у визначенні об'єму та маси головки одного коренеплоду із застосуванням геометричних співвідношень, представлених на рис.1. У разі відомого розподілу висот виступання головок коренеплодів втрачену масу та залишки гички по відношенню до висоти зрізу можна прогнозувати за спеціальною методикою. З метою переходу від одного коренеплоду до цілого зразка коренеплодів відповідно до вищезгаданої методики, укрупнення здійснювали по всьому діапазону висот виступання головок з урахуванням ймовірності появи кожного значення. Алгоритм визначення втрат цукроносної маси та залишків гички на коренеплодах залежно від їх положення щодо поверхні ґрунту та площини зрізу був реалізований у вигляді комп'ютерної програми для середовища MatLab.

Площина обрізання 1 знаходиться вище головки коренеплоду, в цьому випадку втрати цукроносної маси відсутні, але на головці коренеплоду наявні залишки гички:

$$h_{zk} = 0 \quad (1)$$

$$h_{zb} = h_{zL} - h_{zk} + h_z \quad (2)$$

$$B = 0, \quad (3)$$

$$G = \frac{\pi \cdot h_{zk} \cdot \rho_b \cdot d_{z1}^2}{4} - \frac{\pi \cdot \rho_b \cdot h_{zL} (d_1^2 + d_1 \cdot d_{z1} + d_{z1}^2)}{12}, \quad (4)$$

де  $G$  – залишки гички на коренеплоді, кг;  $B$  – втрати цукроносної маси, кг;  $\rho_b$  та  $\rho_b$  – густина відповідно гички і коренеплоду, кг·м<sup>-3</sup>.

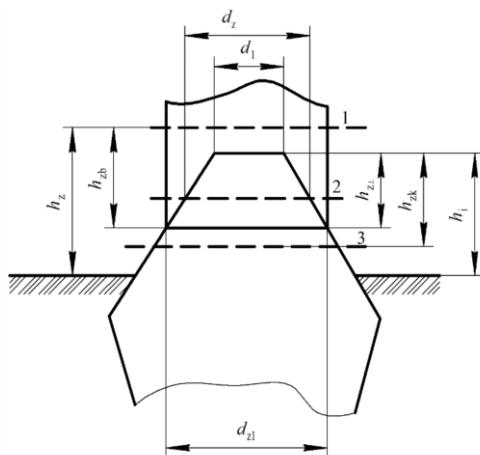


Рис. 1. Геометрична модель головки коренеплоду цукрових буряків, у якого нижня лінія черешків розміщена над поверхнею ґрунту:  $h_i$  – висота виступання коренеплоду, мм;  $h_{zL}$  – відстань від верхівки головки коренеплоду до нижньої лінії гички, мм;  $h_z$  – висота безкопінного зрізу гички, мм;  $h_{zk}$  – відстань від верхівки головки коренеплоду до площини безкопінного зрізу гички, мм;  $h_{zb}$  – відстань від площини безкопінного зрізу гички до нижньої лінії гички, мм;  $d_1$  – діаметр верхньої частини головки коренеплоду, мм;  $d_z$  – діаметр головки коренеплоду в площині безкопінного зрізу гички, мм;  $d_{z1}$  – діаметр головки коренеплоду в площині нижньої лінії гички, мм

Площина обрізання 2 знаходиться нижче вершин головок коренеплодів:

$$h_{zk} = h_i - h_z \quad (5)$$

$$h_{zb} = h_{zL} - h_i + h_z \quad (6)$$

$$B = \frac{\pi \cdot h_{zk} \cdot \rho_k (d_1^2 + d_1 \cdot d_{z1} + d_{z1}^2)}{12} \quad (7)$$

$$G = \frac{\pi \cdot h_{zb} \cdot \rho_b \cdot d_{z1}^2}{4} - \frac{\pi (h_{zL} - h_{zk}) (d_1^2 + d_1 \cdot d_{z1} + d_{z1}^2)}{12} \quad (8)$$

Площина обрізання головок коренеплодів 3 знаходиться нижче рівня черешків гички:

$$h_{zk} = h_i - h_z \quad (9)$$

$$h_{zb} = 0 \quad (10)$$

$$B = \frac{\pi \cdot h_{zk} \cdot \rho_k (d_{z1}^2 + d_z \cdot d_{z1} + d_z^2)}{12} \quad (11)$$

$$G = 0 \quad (12)$$

Результати розрахунку на ПК втрат цукроносної маси на основі отриманих геометричних моделей показані на рис. 2.

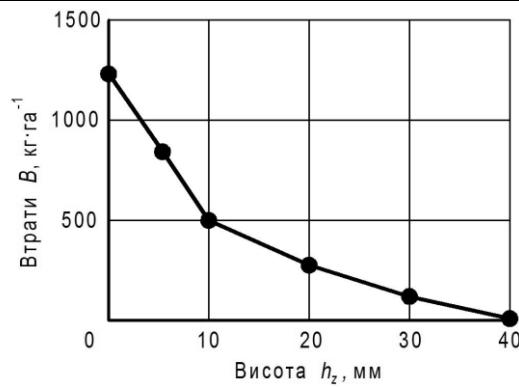


Рис. 2. Залежність між втратами цукронової маси  $B$  та висотою  $h_z$  безкопінного зрізу гички з головок коренеплодів.

На графіку, наведеному на рис. 2, показано залежність втрат цукронової маси буряків у конкретних умовах, після визначення статистичних параметрів розподілу ( $m$ ,  $\sigma$ ), використовуючи необхідну математичну модель. Це, у свою чергу, дозволяє створити автоматизовану систему оцінювання параметрів коренеплодів цукрових буряків для оперативного налаштування висоти зрізання гички з метою зниження втрат цукронової маси.

#### Висновки

1. Результати дослідження розподілу висот виступання головок коренеплодів цукрових буряків над поверхнею ґрунту підтверджують гіпотезу про їх розподіл за нормальним законом.
2. На підставі отриманих результатів встановлено, що цей розподіл має такі статистичні параметри: середнє відхилення  $\sigma = 20 \dots 30$  мм, математичне очікування  $m = 40 \dots 60$  мм.
3. Отримана залежність втрат цукронової маси від висоти безкопінного зрізу гички з головок коренеплоду.

УДК: 656.1

## ЛОГІСТИЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ АВТОТРАНСПОРТОМ ПРИ МІЖНАРОДНИХ АВТОПЕРЕВЕЗЕННЯХ

*Бондарєв С. І.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Складність оцінки стану розвитку транспортного коридору та ефективності функціонування транспортної системи полягає в створенні узагальненого показника, який кількісно визначає функціонування системи з багатьма вихідними величинами, з яким як з еталоном можна було порівняти кожен окремий і комплексний параметр транспортної системи. При цьому кожен

результативний параметр має свій фізичний зміст і розміреність, а тому для узагальненого показника необхідно ввести для всіх параметрів штучну метрику.

У дослідженні транспортної системи, оцінка якості проводиться по зміні ентропії, тобто зміна, що відбувається в найбільш ймовірному напрямку.

Складність оцінки стану системи за комплексом критеріїв, кожен з яких має свій фізичний зміст і розмірність, полягає у створенні узагальненого *безрозмірного показника*. Тому для оцінки окремих ознак прийняті безрозмірні відносні показники. Згідно з математичними методами вирішення оптимізаційних завдань приймали, що кожна з частинних функцій у границях прагне до деякого свого номінального значення. Як безрозмірного відносного показника максимальної функції, пропонується встановлення абсолютного значення 1-го показника ( $X_i$ ) до його максимального можливого, а в разі мінімізації функції - відношення мінімально можливого абсолютного значення до існуючого фактичного.

Запропонована методика для визначення нормативних оціночних значень і їх оцінки є кількісним, єдиним і універсальним методом оцінки стану будь-якого показника як по абсолютному, так і за відносним його значенням. Якість стану системи по окремій частинній ознаці ( $X_i$  -ому показнику) можна оцінити шляхом його фактичного абсолютного значення з його оцінним нормативним значенням. Однак оцінити якість стану транспортної системи в цілому можна лише за допомогою комплексного інтегрального показника – середньоквадратичного відхилення з усіх відхилень частинних показників - шляхом зіставлення.

При прогнозуванні розвитку транспорту на тривалу перспективу задається більш високий рівень ефективності функціонування транспортної системи. Отже, оптимальний розвиток транспортної системи полягає у виборі і впровадженні тільки тих заходів, які дозволяють забезпечити необхідну зміну всіх техніко-економічних і експлуатаційних показників, а також заданий приріст ефективності системи в цілому.

Результати дослідження щодо наукової концепції логістичної інформаційної системи управління автотранспортом для оптимізації його функціонування в міжнародних транспортних коридорах, дають можливість сформулювати такі основні висновки і рекомендації:

1. Процес функціонування автотранспортного комплексу в міжнародних транспортних коридорах характеризується великою складністю, виключно високим динамізмом як потреб, так і управлінських рішень. Розроблена методологія системно-ієрархічного підходу дозволяє визначити склад і методи вирішення основних проблем розвитку. Необхідність такого підходу зростає в зв'язку з посиленням вимог до підвищення ефективності роботи автотранспорту в міжнародному сполученні.

2. Комплексний підхід щодо дослідження функціонування автотранспорту, який знайшов своє конструктивне втілення в методології системного аналізу та логістичної концепції, вимагає розробки сукупності взаємопов'язаних економіко-математичних моделей для різних завдань міжнародних транспортних коридорів. Пропонований в роботі метод керуючих моделей



дозволить подолати труднощі, пов'язані зі значними обсягами обчислювальних робіт і забезпечить адекватний опис концептуальних моделей, що використовуються в сучасній методології аналізу і синтезу технічних систем.

3. На основі проведеного дослідження сформульовані методологічні принципи організаційної єдності автомобільного транспорту як складової частини єдиної транспортної системи, дана оцінка рівня забезпеченості послугами вантажного автомобільного транспорту, зроблено висновок про його зростаючу роль в умовах розвитку міжнародних економічних і науково-технічних зав'язків України з країнами учасниками зовнішньоекономічної діяльності. З наукових і практичних позицій представлено, що в діяльності автотранспорту і його взаємозв'язку з іншими видами транспорту є значні резерви щодо вдосконалення методів оптимізації та управління, які створюють умови для зростання ефективності транспорту, поліпшення якості перевезень і кращого використання провізних можливостей транспортних засобів.

4. В роботі сформульовані методичні принципи вирішення практичних завдань оптимізації та управління в транспортних коридорах, на основі яких:

- запропоновані заходи щодо вдосконалення методів оптимізації функціонування автотранспорту;

- визначені критерії оцінки стану й оптимізації роботи автотранспорту та надано аналіз функціонування різних видів транспорту при транспортування агропродукції;

- розроблено математичну модель комплексної оцінки оптимізації розвитку автотранспорту при міжнародних перевезеннях;

- запропоновані критерії і числові значення оціночних нормативів і узагальнений інтегральний показник комплексної оцінки стану якості та ефективності роботи автотранспорту, що дозволяють оцінити стан розвитку роботи транспортної системи в міжнародних коридорах.

5. Розглянуті в роботі об'єктивні передумови складають вихідний фундамент поширення логістичної концепції в сферах виробництва і обігу агропродукції. Транспортування виступає в якості інтегратора товарного потоку. Виходячи з цього, для транспортних і експедиторських підприємств, першою необхідністю є впровадження сучасних логістичних технологій транспортування вантажів: інтер- і мультимодальних та термінальних систем перевезення вантажів, логістики транспорту «від дверей до дверей», сучасних комунікаційних систем супроводу вантажоперевезень, що запроваджується в інформаційні системи міжнародних дорожніх перевезень (МДП).

6. Результати аналізу логістики автоперевезень показують, що ситуація, пов'язана з використанням транспорту, об'єктивно вимагає створення принципово нової системи стратегічного управління вантажопотоками, заснованої, як приклад, на термінальній технології і логістичних принципах руху агропродукції. Стратегія формування систем логістичного обслуговування повинна бути заснована на поетапному створенні навколо великих транспортних вузлів і міжнародних транспортних коридорів мережі вантажних переробних і накопичувальних терміналів, а також логістичних мультимодальних комплексів багатоцільового призначення, які здійснюють управління, координацію їх

роботи з логістичними партнерами за рахунок єдиної системи інформаційної підтримки. Така логістична система здатна гарантовано забезпечити замовників набором транспортно-експедиторських, складських, вантажопереробних, митних та сервісних послуг, що відповідають світовим стандартам.

УДК 631.361

## **ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ МОТОВИЛА ЖАТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА**

*Маліневський О. Д., Ловейкін В. С., Ляшко А. П.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Під час руху мотовила в елементах приводного механізму та робочого органу виникають динамічні навантаження, які впливають на якість виконання технологічного процесу та знижують надійність роботи комбайна. Для дослідження динаміки руху використано двомасову динамічну модель, елементами якої є зведені елементи приводного механізму та мотовила. За допомогою динамічної моделі складемо математичну модель, яка представляє собою систему двох диференціальних рівнянь другого порядку. В результаті розв'язку отриманої системи диференціальних рівнянь побудовано графічні залежності кінематичних характеристик зведених мас приводу та мотовила, а також силові та енергетичні характеристики приводного механізму. З отриманих залежностей встановлено, що усі характеристики носять коливальний характер і затухають через 10 с руху. Причому перша маса (приводного механізму) має значно більшу амплітуду коливань в порівнянні з другою масою (мотовилом). Максимальне значення кутового прискорення першої маси складає  $100 \text{ рад/с}^2$  а другої –  $40 \text{ рад/с}^2$ . Максимальне значення пружного моменту досягає  $3200 \text{ Н}\cdot\text{м}$ , що майже в 3,5 разів більше за усталене значення. Максимальне значення потужності набуває на сьомій секунді руху і становить  $10,05 \text{ кВт}$  при усталеному його значенні  $8,0 \text{ кВт}$ . З побудованого фазового портрету коливань видно, що коливання є затухаючим і зрівноважений етап встановлюється при відхиленні  $\varphi_{0,4} \text{ рад}$  при максимальному відхиленні  $1,23 \text{ рад}$ . Максимальне відхилення амплітуди швидкості становить  $8,5 \text{ рад/с}$ .

Для усунення коливань ланок приводного механізму мотовила та зменшення динамічних навантажень проведено оптимізацію режиму руху на ділянці пуску. За критерій оптимізації обрано середньоквадратичне значення пружного моменту в приводному механізмі. В результаті мінімізації обраного критерію отримано оптимальний режим руху, який забезпечує плавну (без коливань) зміну кінематичних характеристик приводу та мотовила. Пружний момент в приводному механізмі також змінюється плавно. Його максимальне значення складає  $1200 \text{ Н}\cdot\text{м}$ , що лише в 1,25 разів перевищує усталене значення.

Такий режим руху приводного механізму та мотовила дозволить підвищити їхню надійність в роботі та покращити технологічний процес збирання зернових культур.

УДК 621.873

## **ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ І ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА**

*Сорока О. В., Ловейкін В. С.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

На сучасному етапі розвитку скребкових конвеєрів спостерігається тенденція до підвищення їхньої продуктивності за рахунок збільшення швидкості та скорочення перехідних процесів. Особливо небезпечними є процеси пуску завантажених конвеєрів, під час яких виникають значні динамічні навантаження в елементах приводного механізму та тягового органу. Для дослідження цих навантажень розроблено двомасову динамічну модель скребкового конвеєра, в одну з мас ввійшли елементи приводу, а в другу – тягового органу з транспортуємим вантажем. Обидві маси зведені до валу приводної зірочки конвеєра. На основі такої динамічної моделі складено математичну модель, яка описується системою двох нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку. В цих рівняннях нелінійність пов'язана з нелінійним описом механічної характеристики приводного асинхронного електродвигуна. Отриману систему нелінійних диференціальних рівнянь розв'язано чисельним методом за допомогою комп'ютерної програми «Mathematica».

В результаті проведених розрахунків побудовані графіки швидкостей та прискорень кожної зі зведених мас, а також рушійного моменту та потужності приводного двигуна і пружного моменту в приводі. Аналіз побудованих графічних залежностей показує, що коливання швидкостей кожної зі зведених мас є незначними і затухають після третьої секунди пуску. Разом з тим, коливання прискорень є значними, максимальні значення яких для першої з мас воно складає  $85 \text{ рад/с}^2$ , а для другої майже вдвічі більше –  $150 \text{ рад/с}^2$ . Досягають ці максимальні значення прискорень на 0,5 секунді процесу пуску.

Пружний момент в приводному механізмі, що також носить коливальний характер, набуває максимального значення на 0,5 секунді пуску і складає  $3400 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Рушійний момент та потужність приводного двигуна також змінюються з коливаннями, які затухають після третьої секунди пуску. Зменшити максимальні навантаження в елементах конвеєра та усунути коливання можна за рахунок оптимізації режиму пуску.

## **ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ І ОПТИМІЗАЦІЯ ПРИВОДНОГО МЕХАНІЗМУ МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА**

*Ковтун Д. М., Ляшко А. П.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

При роботі молотильного барабана зернозбирального комбайна в елементах приводного механізму виникають значні динамічні навантаження, які суттєво впливають на якість обмолоту зерна, продуктивність процесу та надійність роботи всієї системи. Найбільш небезпечними ці навантаження бувають під час пуску завантаженого багатобарабанного молотильно-сепаруючого пристрою. Привод такої системи складається з гідродвигуна, редуктора та пасових передач, в яких приводяться в рух молотильні барабани.

Розроблений приводний механізм багатобарабанного молотильно-сепаруючого пристрою представлений у вигляді двомасової динамічної моделі, в якій зведена маса елементів приводу з'єднана зі зведеною масою молотильних барабанів за допомогою пружного елемента.

На першу масу діє рушійний момент від приводного гідродвигуна, а на другу – зведений момент сил опору, що діють на молотильні барабани. За допомогою розробленої динамічної моделі побудовано математичну модель, яка описується системою двох нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку. Нелінійність диференціальних рівнянь пов'язана з нелінійністю механічної характеристики приводного гідродвигуна.

Отриману систему диференціальних рівнянь розв'язано чисельним методом за допомогою комп'ютерної програми «Mathematica». В результаті цього розв'язку отримано кінематичні характеристики першої та другої зведених мас системи, які мають повільно затухаючий характер. При чому друга маса має більшу амплітуду коливань як швидкості, так і прискорення в порівнянні з першою масою. Максимальне значення прискорення першої маси складає  $120 \text{ рад/с}^2$ , а другої –  $475 \text{ рад/с}^2$ . Побудовано фазовий портрет коливань, якого видно, що максимальні відхилення координат становлять  $0,14 \text{ рад}$ , а швидкостей  $0,18, 0 \text{ рад/с}$ . пружний момент в з'єднанні мас має повільно затухаючий коливальний характер, максимальне значення якого досягається на початку пуску.

Зменшення динамічних навантажень в приводному механізмі багатобарабанного молотильно-сепаруючого пристрою досягнуто за рахунок оптимізації режиму руху.

УДК 621.873

## **ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ І ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ КОВШОВОГО ЕЛЕВАТОРА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА В СУШАРКАХ**

*Лапатюк А. В., Ляшко А. П.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Під час транспортування зерна в сушарки за допомогою ковшових елеваторів в елементах останніх виникають значні динамічні навантаження, які приводять до передчасного їхнього руйнування. Небезпечними є навантаження в процесі пуску завантаженого конвеєра. Серед елементів конвеєра найбільші навантаження сприймає стрічка під час набігання на приводний барабан.

Для дослідження динамічних навантажень в елементах ковшового елеватора розроблена його чотиримасова динамічна модель, в яку ввійшли елементи приводу з приводним барабаном, натяжний барабан, робоча гілка з наповненими зерном ковшами та неробоча гілка з ненаповненими ковшами.

На базі динамічної моделі побудовано математичну модель, яка являє собою систему чотирьох нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку. В цій моделі для опису механічної характеристики приводного двигуна використано залежність у вигляді формули Клосса. Опір зачерпування зерна ковшами описано у вигляді квадратичної залежності від швидкості стрічки.

Розрахунки побудованої математичної моделі здійснені за допомогою комп'ютерної програми «Mathematica». В результаті проведених розрахунків побудовано графіки кінематичних характеристик приводного та натяжного барабанів, а також зведених мас робочої та неробочої гілки конвеєра. Крім того побудовано графіки зусиль в стрічки при набіганні та збіганні на приводний та натяжний барабани. З наведених графіків встановлено, що найбільші зусилля в стрічці виникають при набіганні на приводний барабан, а найбільші коливання мають місце в зведеній масі робочої гілки конвеєра. Шляхом оптимізації режиму руху елеватора можна досягнути покращених характеристик ланок і тягового органу елеватора.

Для зменшення динамічних навантажень в елементах конвеєра та усунення коливань здійснено оптимізацію режиму його руху.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ БАШТОВОГО КРАНА**

*Тужіков С. М., Ляшко А. П.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

З підвищенням робочих швидкостей в елементах баштових кранів виникають значні динамічні навантаження, які зменшують їхню надійність та підвищують можливість виникнення аварійних ситуацій. Для дослідження динамічних навантажень в елементах приводу механізму повороту розроблено двомасову динамічну модель, яка представляє собою дві обертальні маси з'єднані між собою пружним елементом і зведені до осі повороту башти. На першу масу діє рушійний момент приводного електродвигуна. На базі цієї моделі побудовано математичну модель, яка описується системою двох диференціальних рівнянь. Отримані рівняння є нелінійними, оскільки нелінійною є механічна характеристика приводного двигуна, що описується за формулою Клосса. Диференціальні рівняння розв'язані чисельним методом за допомогою комп'ютерної програми.

В результаті розв'язку диференціальних рівнянь побудовані графічні залежності кутових швидкостей та прискорень першої та другої приведених мас, моментів на валу приводного двигуна та в пружному елементі, а також фазового портрету коливань вантажу на гнучкому підвісі.

З отриманих залежностей можна бачити, що всі елементи механізму повороту крана здійснюють затухаючі коливання, які усуваються через 20с руху. Причому коливання другої маси мають значно більшу амплітуду в порівнянні з першою масою. Так, наприклад максимальні значення першої та другої мас швидкості складають відповідно 0,115 рад/с та 0,175 рад/с, а прискорення – 0,16 рад/с<sup>2</sup> 0,22 рад/с<sup>2</sup>. Пружний момент досягає максимального значення. На першій секунді руху і складає 40 кН·м, що майже у 5 разів більше порівняно з усталеним значенням.

Для усунення коливань вантажу на гнучкому підвісі та зменшення максимальних значень кінематичних та силових характеристик ланок проведено оптимізацію режиму повороту баштового крана на ділянці пуску. В якості критерію оптимізації обрано середньоквадратичне значення пружного моменту в елементі, що з'єднує зведені маси поворотного механізму і вантажу. В результаті мінімізації обраного критерію отримано режим руху, який до мінімуму зводить навантаження в пружному елементі і їхнє максимальне значення складає 140 кН·м, що значно менше в порівнянні з некерованим рухом. При оптимальному режимі швидкості та прискорення зведених мас виходять на усталений рух за 5 с з усуненням коливань.

УДК 656.1

## **ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РУХОМИМ СКЛАДОМ ЗА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИМИ КРИТЕРІЯМИ**

***Бондарєв С. І.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Основні проблеми, з якими стикаються багато компаній, що використовують змішані схеми перевезень і застосування найманих автотранспортних засобів при виконанні міжнародних автомобільних перевезень (МАП) в напрямку Україна – ЄС є значні транспортні витрати, наднормативні і необґрунтовані простої на митних пропускних пунктах, не відповідає сьогоднішнім ринковим вимогам рівень організації та контролю управління перевезеннями, недостатня якість послуг, що надаються.

Також варто відмітити, що законодавче «запізнення» і недосконалість нормативних актів, які супроводжують транспортний процес при МАП призводять до низки необґрунтованої відповідальності перевізників.

В останні роки дещо кращими стали інформаційне забезпечення учасників транспортного процесу, дещо оновився рухомий склад (РС), що виконує МАП з покращеними техніко-економічними та екологічним показниками.

Однак неконтрольована наднормативна витрата пального в процесі виконання перевезень залишається проблемою.

До вирішення вищевказаних проблем, на нашу думку, можна віднести наступні шляхи:

- розробка рекомендацій з організації ефективного оперативного управління процесу МАП, прийняття управлінських рішень в режимі реального часу;
- створення конкурентоспроможних передумов участі в перевізному процесі вітчизняними перевізниками;
- використання методів і засобів інтелектуальних транспортних систем по всьому спектру оперативного управління МАП.

Оперативне управління на МАП передбачає вирішення всіх поточних питань, пов'язаних з діяльністю перевезень вантажів. Метою є забезпечення безперебійної, ритмічної і узгодженої роботи на всіх ланках ланцюга доставки вантажів. Традиційно під оперативним управлінням розумівся процес безпосереднього реагування на робочу ситуацію. Однак найчастіше ці заходи та відсутність необхідної поточної інформації, не могли принести очікуваного ефекту і оперативно знизити гостроту проблеми. Прогресивні технології сьогоднішнього дня дозволяють якісно змінити ситуацію, створюючи умови для здійснення постійного оперативного реагування за процесом виконання транспортної операції в реальному режимі часу.

У даній роботі запропонований і впроваджений в структуру оперативного управління одне з новітніх технологічних інформаційних рішень, а саме

запровадження системи «FMS» на рухомому складі, яка дозволила отримувати детальну інформацію про споживання палива машиною, фіксувати час і обсяги заправок палива і його зливів тощо.

Особливу увагу в роботі віднесено до економічної сторони проблеми вибору РС для МАП, яка тісно пов'язана з витратами на їх придбання. Ціна на старі вантажівки мало залежить від марки і визначається в основному терміном служби (рис. 1).

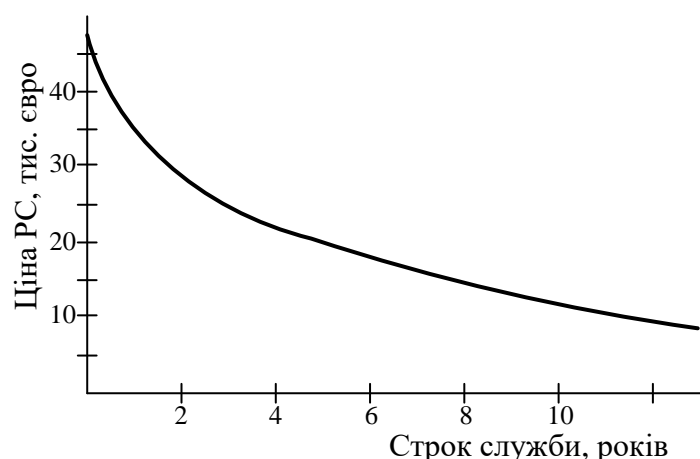


Рис. 1. Залежність ціни вантажних автомобілів від терміну їх служби (за середньостатистичними даними власних досліджень – MAN, DAF і Scania).

В українських перевізників через існуючі мита та податкову політику можливості придбання нових імпортних автомобілів значно скромніше, ніж у їхніх зарубіжних конкурентів. На даний час, наприклад, автомобілі екологічного класу Євро-6 трохи більше 1-ї тисячі, а Євро-5 – близько 4-х.

Крім правової існує і суто технічна проблема вибору РС для МАП, що стосується їх основних експлуатаційних властивостей: динамічності, паливної економічності, потужності двигуна тощо.

У цілому принципових альтернатив в придбанні РС крім як у провідних виробників в Європі і США не має. А втім, відповідальність вибору через високі ціни на вантажівки досить велика. Один із шляхів вирішення цієї проблеми - розробка критерію ефективності вибору АТС з метою виключення свідомо незадовільних варіантів і звуження області пошуку найкращих рішень. Оскільки МАП є в основному комерційними, то в якості критерію ефективності використовуваних для їх здійснення РС можна використовувати, наприклад, прибуток:

$$\Pi = \int_{L_0}^{L_k} [D(L) - S(L)] \cdot dL \quad (1)$$

де  $L_0$  - пробіг з моменту початку експлуатації РС (для нових і старих  $L_0 = 0$ );  $L_k$  - сумарний пробіг, після якого РС знімається з міжнародних перевезень;  $D(L)$  - поточний дохід від використання РС;  $S(L)$  - поточні витрати на РС.

У моделі (1) і дохід, і витрати мають сенс інтенсивності, тобто віднесені до одиниці пробігу. Дохідна складова визначається загальним пробігом  $L_s = L_k - L_0$  і тарифами на перевезення.



За інших рівних умов очевидно, що чим вище загальний пробіг  $L_s$ , тим більший прибуток. Проте цьому перешкоджають деякі обмеження.

Наприклад, витратну складову можна представити у вигляді суми постійних і змінних компонент:

$$S(L) = S(L_0) - S(L_k) + S_{mp}(L) + S_e(L), \quad (2)$$

де  $S(L_0)$  - вартість придбаного РС;  $S(L_k)$  - залишкова або продажна ціна знімається з експлуатації РС;  $S_{mp}(L)$  - витрати на обслуговування і ремонт;  $S_e(L)$  - експлуатаційні витрати.

Розглянемо складові витрат з урахуванням діючих і динамічно введених в дію обмежень в країнах ЄС. Старі вантажівки коштують значно менше нових. Однак їх використання в МАП з ЄС пов'язано з більшими експлуатаційними витратами, ризиком лінійних відмов і меншим у порівнянні з новими ТЗ річним пробігом. Орієнтуючись на цю перспективу, отримаємо обмеження до задачі (1):

$$L_k = L_p \cdot T_c$$

де  $L_p$  - річний пробіг РС;  $T_c$  - граничний термін служби РС для МАП.

Це обмеження стає серйозною перешкодою для придбання старих АТС, бо різко скорочує їх експлуатаційний період і, як наслідок, загальний прибуток. З іншого боку, воно стимулює більш інтенсивну експлуатацію транспортних засобів.

Експлуатаційні витрати  $S_e(L)$ , що визначаються витратою палива, досить переконливо демонструють переваги сучасних нових іномарок. Лінійні витрати пального нових європейських вантажівок за наведеними результатами тестування в експлуатаційних умовах при повному завантаженні складають від 24 до 30 л/100 км в залежності від потужності і умов перевезення. Проте варто особливо враховувати строк безвідмовної служби РС, ступінь надійності на відмову енергетичних установок РС та ремонтпридатність в умовах власних СТО перевізників.

При виборі рухомого складу для МАП необхідно керуватися перш за все вищезазначеними критеріями, що дозволяє оптимально оцінити роботу транспорту при конкретних умовах експлуатації.

УДК 656.1

## **ОСОБЛИВОСТІ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМ ПРОЦЕСОМ В МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ**

*Бондарєв С. І.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Для замовника перевезення особливе значення не лише терміновість і якість доставки вантажів, але й оцінка вартості перевезень. Одним із способів

вирішення цих проблем є моделювання процесу перевезення з урахуванням реальних маршрутних умов. В роботі розглянуто маршрут сполученням Данія (Хернинг) – Україна (Київ) з використанням порому.

Імітаційна модель *оперативного управління* (ОУ) процесом доставки вантажів в міжнародних автомобільних перевезеннях (МАП) повинна бути комплексною, що відбиває стан об'єктів управління і моделей, що забезпечують вибір оперативних рішень у процесі вантажоперевезень. Модель факторів, що впливають на ОУ процесу МАП, представимо таким чином (рис. 1).



Рис. 1. Структура факторів, що впливають на ефективне ОУ процесу МАП.

Імітаційна модель забезпечує визначення потенційних і конкурентних можливостей за такими чинниками: соціальний, економічний, фінансовий, виробничий, ресурсний, інформаційний, що дозволяє визначити пріоритети в розвитку ключових напрямків функціональної орієнтації АТП. Крім того, створюються передумови пріоритетного розподілу наявних ресурсів, виходячи з умови досягнення максимального ефекту кожної окремо взятої транспортної операції.

Наприклад, нелінійну модель з постійним значенням контрольованого показника на маршруті м.Хернинг – м.Київ можна описати в моделі рівнянням:

$$T_{\text{рейсу}} = T_{\text{рух. до пором}} + T_{\text{рух. на поромі}} + T_{\text{оф. док./ож-я тягач.}} + T_{\text{рух. до корд.у}} + T_{\text{оф. корд.}} + T_{\text{рух. до Києва}} + T_{\text{митн./розв.}} \rightarrow \min$$

Перша розглянута модель часу доставки вантажів на прикладі реальних маршрутних характеристик дозволяє оперативно реагувати на мінливі умови на всьому ланцюгу МАП з Данії в Україну. Завдання визначення імовірнісних характеристик часу доставки вантажу вирішувалася моделюванням вхідних випадкових величин методом Монте-Карло. Нами розроблений алгоритм і технологія моделювання часу доставки вантажу в МАП реалізовані у вигляді МАТСТАТ - програми. Використання функції розподілу дозволяє оцінити надійність перевезень за часом, стверджуючи, що з імовірністю 0.91 час рейсу не перевищить 185 годин і т.і. Реальність маршрутних умов в моделях МАП забезпечується поряд з детермінованими параметрами (протяжність маршруту, категорія дороги, обмеження за умовами руху на маршруті тощо) і ймовірнісно-

статистичними показниками їх основних випадкових характеристик. Такими характеристиками є: середня швидкість руху АТС на маршруті; час проходження маршруту; час для підготовки, перевірки й оформлення документів; час, для виконання вантажно-розвантажувальних операцій; час перерв, відпочинку і випадкових що не враховуються в документах зупинок на трасі відповідно до вимог ЄУТР; час дорожнього інспекційного контролю на трасі та час очікування на прикордонних переходах.

Нами розроблена методика прийняття рішень про вибір прикордонного переходу в момент відправлення автомобіля. Однією з найбільш важливих характеристик транспортного процесу є час переміщення вантажів по ділянках маршруту. Час виконання комплексу операцій руху має властивість сезонної стаціонарності. Оцінка часу руху на кожній ділянці маршруту для певної пори року стійка і надійна. Найбільш тривалою ланкою руху є проходження митного КПП ЄС-Україна. Проблему становлять на прикордонних переходах черги автомобілів. У зв'язку з цим, оптимальне управління повинно включати процедуру вибору проміжних КПП, а прикордонні переходи - як систему масового обслуговування (СМО), яка характеризується набором таких параметрів: кількість постів перевірки, довжина авточерги, інтенсивність транспортного потоку на митному КПП, середній час перевірки АТЗ.

Критерієм оптимізації є час проходження КПП з очікуванням обслуговування в черзі. В рамках класифікації СМО, КПП слід розглядати, як багатоканальну систему з очікуванням без відмов. Отже введемо позначення:  $j$ -номер КПП;  $\lambda_j$ - інтенсивність потоку прибуття АТЗ на КПП;  $t_{обсл.j}$  - середній час обслуговування автомобіля на КПП;  $\mu_j = \frac{1}{t_{обсл.j}}$  - інтенсивність потоку обслуговування:

$$\chi_j = \frac{p_j}{n_j}$$

де

$$p_j = \frac{\lambda_j}{\mu_j}$$

де  $n_j$  - число постів перевірок.

Отже інтерес представляє час перебування вимог в системі, що складається з середнього часу перебування в черзі й обслуговуванні на КПП:

$$t_{сист.j} = t_{черг.j} + t_{обсл.j}$$

Складові правої частини даного рівності обчислюються як:

$$t_{черг.j} = \frac{r}{\lambda_j}$$

де  $r$  - середня довжина черги; ( $\lambda_j < 1$  / в чисельнику), що визначається рівністю:

$$\bar{r} = \frac{p_j^n + 1_{p_{0j}}}{n_j n_{j-1} (1 - \lambda_j)^2}$$

З огляду на необхідність оперативного прийняття рішень, в якості першого наближення можна використовувати формули найпростішого вхідного потоку.

При постійних значеннях числа каналів обслуговування й інтенсивності і середній час перебування АТЗ на КПП постійно. Однак, якщо всі автомобілі направляються до того пункту, де час перебування в системі є мінімальним, тоді зі зростанням інтенсивності вхідного потоку, при збереженні значень інших двох параметрів, буде рости черга АТЗ на обслуговування і, отже, час очікування у черзі, тому характеристики і динамічно змінюються.

У зв'язку з цим, пропонується в динамічному режимі використовувати схему прийняття рішень, засновану на постійному спостереженні за ситуацією на КПП і використанні прогнозних значень інтенсивності вхідного потоку на момент прибуття автомобілів. Застосовуючи зазначену методику на момент формування маршруту спаду інтенсивності АТЗ в маршрут включають КПП з мінімальним часом очікування у черзі.

Наведений алгоритм особливо ефективний в умовах спонтанного або сезонного росту черг автомобілів на КПП.

УДК 656.1.5

## **ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ЗАХИСТУ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВІЗНИКІВ ВІД НЕОБҐРУНТОВАНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ В КРАЇНАХ ЄС**

*Стиранкевич Г. Р., Бондарєв С. І.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

На автоперевізника покладається велика відповідальність за своєчасну доставку вантажу і тому сам перевізник має бути юридично захищеним від необґрунтованих звинувачень, які можуть призвести до порушень умов договору. З цією метою необхідно обґрунтувати такі «механізми» юридичного регулювання взаємовідносин перевізника і замовника перевезень, щоб перевізник був захищеним від необґрунтованого звинувачення і не ніс відповідальності за невиконаний матеріальний збиток.

Однією з ключових вимог, що стосуються автомобільних перевізників або експедиторів полягає у «великій швидкості доставки продукції з міць виробництва в пункти споживання в чітко обумовлені строки» в області автомобільних перевезень вантажів та відносно відповідальності перевізника вітчизняний і «міжнародний» законодавець віддає перевагу чітко визначеним договірним зобов'язанням щодо недотримання умов. Така позиція є обґрунтованою, а саме з причин:

- законне порушення чи невиконання у повному обсязі зобов'язань являється механізмом, котрий не здатен враховувати всі особливості конкретних правовідносин, а також є загроза щодо неадекватного захисту прав обвинуваченого;

- При виконанні міжнародних автоперевезень вантажів сторони несуть зобов'язання згідно з положеннями Конвенції КДПВ. Вона чітко не прописує розмір відповідальності за прострочення доставки, порушення правил перевезень вантажів тощо. Таким чином, закріплення в законодавстві кожної країни, яка є гравцем в зовнішньоекономічній діяльності (ЗЕД), широкого переліку законних зобов'язань, зазначених вище, лише збільшить кількість розходжень в правовому регулюванні міжнародних автоперевезень.

Судова практика з питання відшкодування перевізником непрямих збитків неоднозначна, тому щоб уникнути виникнення спірних ситуацій доцільно визначити долю таких збитків безпосередньо на стадії укладання договору (прямо передбачити, що вони відшкодовуються або прямо передбачити, що не відшкодовуються). Однак, гонитва автоперевізника за прибутком, як правило, призводить до необґрунтованого ризику при підписанні договорів перевезень на умовах замовника.

Питання обмеження відповідальності перевізника за штрафні санкції третіх осіб часто стає предметом палких дискусій на етапі укладання договору. Результатом переговорів може бути включення в договір застереження про повну відповідальність перевізника за такі збитки або про повне її виключення або ж компромісні варіанти, наприклад:

- про пропорційний розподіл таких збитків між замовником і перевізником (50/50, 75/25 тощо), що сприяє сумлінному запереченню клієнта проти необґрунтованих вимог третіх осіб;

- про встановлення граничного розміру таких збитків, що підлягають відшкодуванню (найчастіше в твердій сумі або пропорційно вартості товару).

- при міжнародних перевезеннях, до яких може бути застосована Конвенція КДПВ, перевізник не зобов'язаний відшкодовувати замовнику непрямі збитки, такі як упущена вигода (неодержаний прибуток) і штрафні санкції, сплачені третім особам, ні в разі втрати або пошкодження вантажу, ні в разі прострочення його доставки.

Отже, перевізник чи експедитор, розуміючи, що міжнародне законодавство в сфері міжнародних перевезень чітко не регулює зазначену відповідальність, а також, що обов'язок безпосередньо не покладено ні на перевізника, ні на вантажовідправника повинен виходити з:

- національного законодавства;
- договірних відносин;
- правозастосовної практики.

Але, відповідно до сформованої практики перевізник відповідає за кріплення вантажу в цілях безпеки дорожнього руху. Вантажовідправник, в свою чергу, відповідає за питання кріплення вантажу в цілях забезпечення його збереження.

Однак, виходячи із специфіки вантажу і транспортного засобу, на перевізника може бути покладено обов'язок по кріпленню вантажу з метою його збереження. Такий обов'язок повинна бути узгоджена в договорі на перевезення вантажу.

Тому, проблематика збереження вантажів під час транспортування є досить проблематичним питанням. В умовах господарювання українських перевізників в ЗЕД (міжнародні перевезення вантажів) з країнами ЄС необхідно мати свій особливий підхід щодо кріплення вантажів і правил його транспортування по догам різних класів, особливо українським. Тому і відповідальність в даному аспекті питання перекладається на перевізника у повному обсязі.

Також варто звернути увагу на умови праці і оплати тарифу за перевезення, наприклад за тонно-кілометр, погодинна оплата. Отже, під час транспортування вантажів виникають вимушені простої з різних причин, але не з вини перевізника. В такому випадку є потреба в уточненні і правового підкріплення окремих норм про порушення термінів доставки вантажів. Однак, можливість реалізації даної норми на практиці утруднена. Проблема у тому, що визначити розмір відшкодування за прості рухомого складу, виходячи з погодинного тарифу можливо лише у тому випадку, якщо робота ТЗ оплачується відповідно погодинному тарифу. Таким чином, за умови встановлення, що вантажовідправник повинен заплатити за простій, тоді було б доцільно закріпити норму щодо розміру такого відшкодування перевізнику, яка має бути обґрунтована за двома критеріями – оплата робочого часу та оплата можливих фінансових втрат перевізника за час перебування в простої не з його вини.

УДК 621.87

## **ВИБІР КРИТЕРІЇВ ПОДІБНОСТІ ДЛЯ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ СТІЛОВОГО КРАНА**

*Ловейкін В. С., Кадикало І. О.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Для проведення експериментальних досліджень була побудована фізична модель механізму повороту стрілового крана, 3D модель якої наведена на рис. 1.

Для дослідження обрано реальний кран QTZ-80, який відрізняється від лабораторної установки (фізичної моделі) механізму повороту стрілового крана конструктивними, силовими та енергетичними параметрами, тому в експериментальних дослідженнях використано фізичне моделювання, яке зазвичай змінює масштаб та залишає фізичну природу явищ. Тому для визначення характеристик фізичної моделі застосовано теорію подібності.

При цьому використано тримасову динамічну модель механізму повороту стрілового крана (рис. 2).

В цій моделі прийняті такі позначення:  $m$  – маса вантажу на гнучкому підвісі;  $I_o$ ,  $I_1$  – моменти інерції приводного механізму та поворотної частини

зведені до осі повороту крана;  $M_o$ ,  $M_1$  – рушійний момент на валу двигуна та момент сил опору зведені до осі повороту крана;  $\varphi_o$ ,  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ , – кутові координати повороту ротора електродвигуна, поворотної частини крана та вантажу, які прийняті за узагальнені координати;  $C$  – коефіцієнт жорсткості приводного механізму, зведений до вісі повороту крана;  $r$  – виліт вантажу;  $l$  – довжина гнучкого підвісу вантажу;  $\gamma$  – кутлова координата відхилення вантажного каната від вертикалі;  $g$  – прискорення вільного падіння.

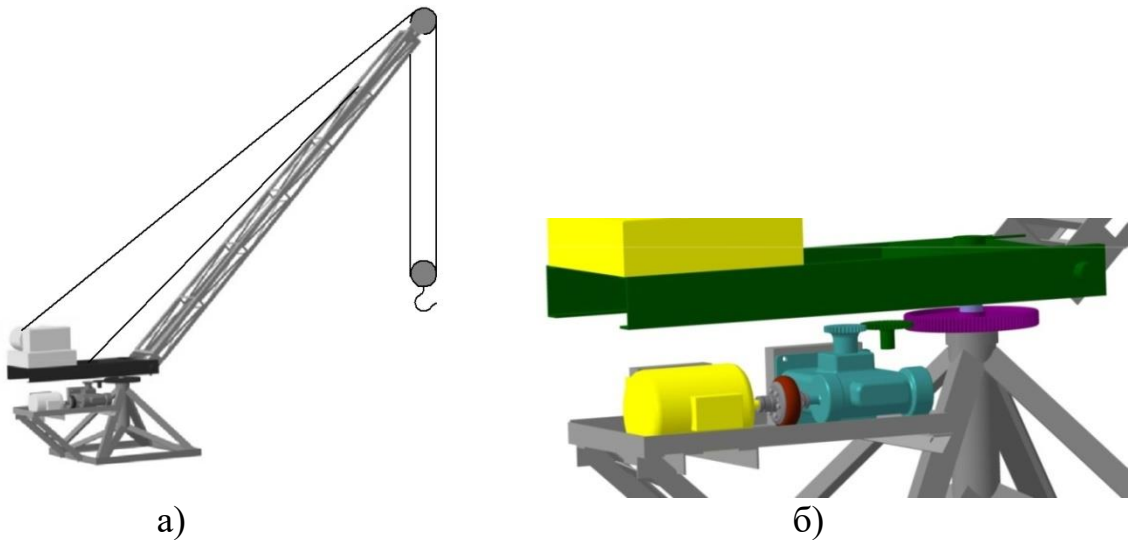


Рис. 1. Схема лабораторної установки стрілового крана: а) загальний вигляд крана; б) механізм повороту стрілового крана.

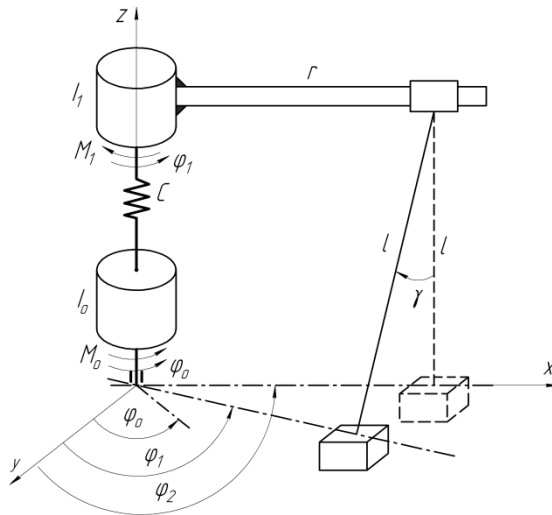


Рис. 2. Динамічна модель механізму повороту.

На основі динамічної моделі складено математичну модель, яка являє собою систему трьох диференціальних рівнянь другого порядку:

$$\begin{cases} I_0 \frac{d^2 \varphi_0}{dt^2} = \frac{M_n \lambda u \eta}{2} - c(\varphi_0 - \varphi_1); \\ I_1 \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} = c(\varphi_0 - \varphi_1) - m r^2 \frac{g}{l} (\varphi_1 - \varphi_2) - M_1; \\ \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} = \frac{g}{l} (\varphi_1 - \varphi_2). \end{cases} \quad (1)$$

Параметри в системі рівнянь позначені наступними індексами для реального крана "n", для фізичної моделі "m".

Виразивши параметри реальної системи через відповідні параметри її фізичної моделі та коефіцієнти подібності, отримано:

$$\begin{cases} I_{0n} = v_I I_{0m}; I_{1n} = v_I I_{1m}; \\ M_{nn} = v_M M_{nm}; M_{1n} = v_M M_{1m}; \\ m_n = v_m m_m; l_n = v_l m_l; r_n = v_l r_m; \\ \lambda_n = v_\lambda \lambda_m; u_n = v_u u_m; \eta_n = v_\eta \eta_m; c_n = v_c c_m; t_n = v_t t_m; \\ \varphi_{0n} = v_\varphi \varphi_{0m}; \varphi_{1n} = v_\varphi \varphi_{1m}; \varphi_{2n} = v_\varphi \varphi_{2m}. \end{cases} \quad (2)$$

де  $v_I; v_m; v_M; v_\lambda; v_u; v_\eta; v_c; v_l; v_t; v_\varphi$  – коефіцієнти подібності;

$I_{0n}; I_{1n}; m_n; M_{nn}; M_{1n}; \lambda_n; u_n; \eta_n; c_n; l_n; r_n; t_n; \varphi_{0n}; \varphi_{1n}; \varphi_{2n}$  – параметри реального крана;  $I_{0m}; I_{1m}; m_m; M_{nm}; M_{1m}; \lambda_m; u_m; \eta_m; c_m; m_l; r_m; t_m; \varphi_{0m}; \varphi_{1m}; \varphi_{2m}$  – параметри моделі крана.

Рівняння (1) з урахуванням виразів (2) мають вигляд:

$$\begin{cases} I_{0n} \frac{d^2 \varphi_{0n}}{dt_n^2} = \frac{1}{2} M_{nn} \lambda_n u_n \eta_n - c_n (\varphi_{0n} - \varphi_{1n}); \\ I_{0m} \frac{d^2 \varphi_{0m}}{dt_m^2} = \frac{1}{2} M_{nm} \lambda_m u_m \eta_m - c_m (\varphi_{0m} - \varphi_{1m}). \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} I_{1n} \frac{d^2 \varphi_{1n}}{dt_n^2} = c_n (\varphi_{0n} - \varphi_{1n}) - m_n r_n^2 \frac{g}{l_n} (\varphi_{1n} - \varphi_{2n}) - M_{1n}; \\ I_{1m} \frac{d^2 \varphi_{1m}}{dt_m^2} = c_m (\varphi_{0m} - \varphi_{1m}) - m_m r_m^2 \frac{g}{l_m} (\varphi_{1m} - \varphi_{2m}) - M_{1m}. \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \frac{d^2 \varphi_{2n}}{dt_n^2} = \frac{g}{l_n} (\varphi_{1n} - \varphi_{2n}); \\ \frac{d^2 \varphi_{2m}}{dt_m^2} = \frac{g}{l_m} (\varphi_{1m} - \varphi_{2m}). \end{cases} \quad (5)$$

Після певних математичних перетворень та скорочень отримаємо співвідношення між коефіцієнтами подібності:



$$\frac{v_I v_\varphi}{v_t^2} = v_M v_\lambda v_u v_\eta = v_c v_\varphi; \quad (6)$$

$$\frac{v_I v_\varphi}{v_t^2} = v_c v_\varphi = v_m v_l v_\varphi; \quad (7)$$

$$\frac{v_\varphi}{v_t^2} = \frac{v_\varphi}{v_l}. \quad (8)$$

Проаналізувавши вирази (6-8), отримано наступні залежності:

$$\begin{cases} \frac{v_I v_\varphi}{v_t^2} = v_m v_\lambda v_u v_\eta; \frac{v_I v_\varphi}{v_t^2} = v_c; \\ \frac{v_I}{v_t^2} = v_m v_l; \frac{1}{v_t^2} = \frac{1}{v_l} \rightarrow v_t^2 = v_l. \end{cases} \quad (9)$$

Отже отримані співвідношення коефіцієнтів подібності механізму повороту стрілового крана дають можливість за параметрами реального крана визначити параметри його фізичної моделі.

УДК 621.873

## ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ РОБОТІ МЕХАНІЗМУ ЗМІНИ ВІЛЬОТУ ВАНТАЖУ БАШТОВОГО КРАНА

*Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О., Стехно О. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

На сьогоднішній день в умовах швидкого зведення будівельних споруд доволі складно провести експериментальні дослідження на реальному баштовому крані. Крім того, проведення експериментальних досліджень з використанням реального баштового крана ускладнене через вимоги техніки безпеки, складність монтажу вимірювально-реєструючого обладнання тощо.

У зв'язку з цим експериментальні дослідження запропоновано проводити на відомій конструкції фізичної моделі стрілової системи баштового крана, яка знаходиться в лабораторії динаміки машин кафедри конструювання машин і обладнання Національного університету біоресурсів і природокористування України. Загальний вигляд конструкції фізичної моделі стрілової системи баштового крана зображено на рис. 1.

Мета проведення експериментальних досліджень полягає у перевірці достовірності отриманих теоретичним шляхом результатів, а також реалізації оптимальних режимів руху системи «візок-вантаж» механізму зміни вильоту.

Фізична модель стрілової системи баштового крана (рис. 1) являє собою зварну конструкцію трикутного перерізу. Привід вантажного візка складається

із асинхронного електродвигуна із короткозамкненим ротором 4АА56 В4У3 (ГОСТ 12139-74), циліндричного двоступеневого редуктора із загальним передаточним числом 20, канатного барабана радіусом 0,060 метра та втулко-пальцевих муфт за допомогою яких з'єднуються всі перераховані компоненти.



Рис. 1. Загальний вигляд конструкції фізичної моделі стрілової системи баштового крана.

Швидкість руху вантажного візка складає 0,46 м/с. Максимальна вантажопідйомність становить 100 кг. Найменший та найбільший вильоти захватного пристрою складають 1 та 3,8 метри відповідно.

Підготовка та проведення експериментальних досліджень відбуватиметься у наступній послідовності: 1) розробка системи керування механізмом зміни вильоту вантажу баштового крана; 2) підбір і монтаж необхідного вимірювального-реєструючого обладнання; 3) розроблення програмного забезпечення, яке дозволить керувати механізмом зміни вильоту вантажу на фізичній моделі; 4) проведення експериментів для визначення основних динамічних та енергетичних параметрів руху механізму зміни вильоту вантажу при некерованому русі та при оптимальному керуванні.

Реалізація оптимального керування рухом вантажного візка із вантажем на гнучкому підвісі здійснюватиметься за допомогою частотного перетворювача.

При проведенні експериментальних досліджень запропоновано розглядати наступні незалежні фактори: довжина гнучкого підвісу вантажу (змінюється на рівнях 1, 1,5 та 2 метри) та маса закріпленого на гнучкому підвісі вантажу пропонується (змінюється на рівнях 13, 27 та 40,5 кілограми), тривалість розгону вантажного візка до усталеної швидкості (змінюється на рівнях 1,6, 2,1 та 2,6 секунд).

Після проведення експериментальних досліджень, будуть надані рекомендації виробництву щодо ефективної реалізації оптимального керування механізмом зміни вильоту вантажу баштового крана.

## КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ НЕДОЛІКИ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВЛАШТУВАННЯ НАВІСНИХ ФАСАДІВ

*Ярмоленко М. Г., Кірпикіної А. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

На даний час в Україні існує багато різних технологій облаштування фасадів, тому нелегко знайти та обрати те рішення, котре максимально наближалось б до ідеалу. Технологія облаштування фасадів навісними системами з вентиляцією є відносно новою і мало дослідженою. Навісні фасади будівель — це системи облицювання та утеплення фасадів, які кріпляться на спеціальний каркас зі збереженням вентиляційного зазору між шаром утеплювача і зовнішнім опоряджувальним матеріалом. Зовнішнім облицювальним матеріалом в навісних вентилязованих фасадах може бути профнастил, фасадні панелі, касетони (натуральний та штучний камінь). При цьому розположення профнастилу та фасадних панелей може бути як вертикальним, так і горизонтальним.

Принцип роботи навісних вентилязованих фасадів полягає в наявності вентиляційного зазору між шаром утеплювача і зовнішнім елементом огороження. За рахунок перепаду тиску між низом фасаду (відмітка цоколя будівлі) та верху стіни (відмітка карнизу або парапету), утворюється постійний рух повітря знизу вгору, що дозволяє виводити конденсат з внутрішньої поверхні облицювального матеріалу і дифузійну вологу з шару утеплювача. У вентилязованому фасаді окремі шари конструкції розташовуються у такий спосіб: зовнішня стіна, теплоізоляція, повітряний прошарок, захисний екран (опоряджувальний кран). Така схема є оптимальною, тому що шари різних матеріалів розміщені по мірі зменшення показників їхньої теплопередачі, а опір паропроникності зростає зовні всередину. Але також, як і будь які конструкції, система вентилязованих фасадів має певні слабкі місця. Тримальні елементи підоблицювального каркасу є найслабшим місцем вентилязованих фасадів. До них ставлять такі вимоги: вони повинні витримувати власну вагу, вагу захисно-декоративного екрану і вітрові навантаження, бути вогнестійкими, а також стійкими до атмосферних впливів, в т. ч. до корозії. Для будівель, розміщених у великих містах і промислових зонах потрібно враховувати агресивну дію навколишнього середовища на елементи кріплення.

Крім того:

- Нерідко утеплювач фасадної системи контактує з відмосткою, що призводить до замочування утеплювача і знищення його довговічності.
- Неякісний утеплювач. За нормативами його щільність повинна бути не менше  $75 \text{ кг/м}^3$ . Утеплювач з часом ущільнюється і зменшує спроможність теплозбереження.

- Часто товщина шару утеплювача не відповідає нормативній. Тобто рішення приймається без необхідного обґрунтування, розрахунків по термічному опору стіни та утеплювача.

- Товщина стінок металевого профілю часто приймається менше 2 мм, що є неприпустимим. Конструкція каркасу може включати різні матеріали, що призводить до електро-корозії.

- Товщина суцільного повітряного прошарку повинна бути в межах 40-150 мм. Рішення повинно прийматись за розрахунком.

- Монтаж конструкцій теплоізоляції можна починати лише після отримання результатів випробувань анкерних елементів каркасу.

- При пошкодженні утеплювача система може сама себе зруйнувати.

- Висока вартість.

Для кріплення мінеральної вати краще використовувати дюбеля з металевими стержнями, які мають поліамідні головки. Саме такі дюбеля запобігають у майбутньому можливому (під дією вологи) окисленню стержнів і, як наслідок, появи плям на декоративному шарі. При правильному монтажі вентильований фасад має ефект термоса – взимку зберігає тепло, а влітку – прохолоду. Відбувається це завдяки тому, що між стіною і облицюванням циркулює повітря, яке перешкоджає утворенню конденсату і прибирає вологу. Вентильований фасад зрештою дозволяє заощадити на обігріві і на кондиціонуванні будинку.

УДК 624:658.5(075.8)

## **ЗВЕДЕННЯ БУДИНКІВ З СОЛОМ'ЯНИХ БЛОКІВ ТА ОЧЕРЕТУ**

***Ярмоленко М. Г., Шевчук А. О.***

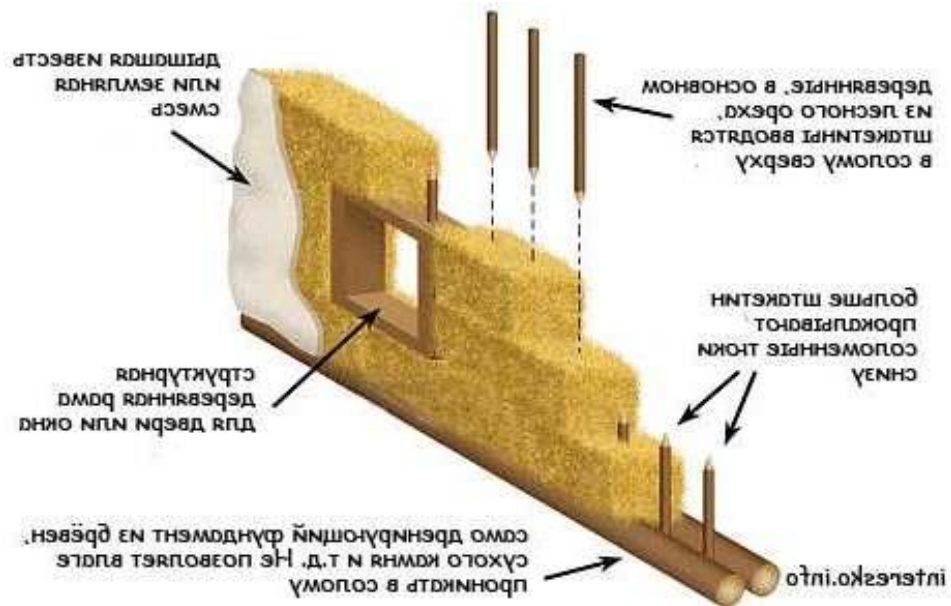
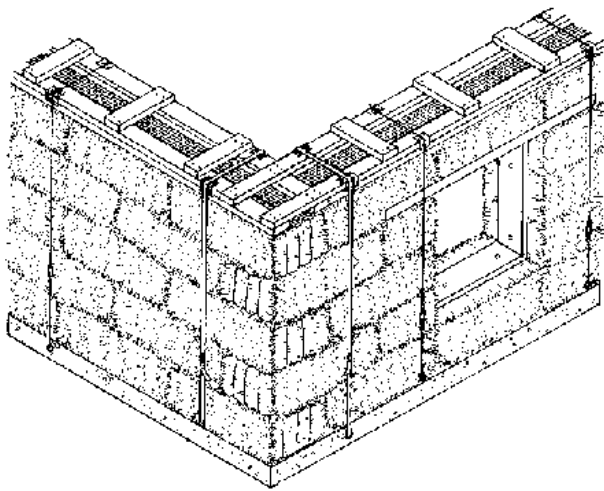
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Коли ідея будівництва сучасних будинків із соломи тільки набувала початкову популярність років десять тому назад, навряд чи хтось міг сприйняти це серйозно, адже на думку відразу приходила казка про трьох поросят. Але сьогодні ця тема є досить актуальною. З якого матеріалу побудувати будинок, який буде екологічно чистий, енергоефективний і водночас дешевий варіант? Звичайно ж це - солома. Сьогодні солом'яне будівництво переживає своє друге народження, технологія багато в чому удосконалена. Вона є не тільки економічно вигідною для тих, хто вирішив побудувати будинок своїми руками, але і екологічно виправданою, оскільки ці будинки повністю безпечні для людини і навколишнього середовища.

Каркасний будинок з солом'яних блоків: технологія будівництва.

Фундамент: каркасний будинок з солом'яних блоків – досить легка конструкція, що не вимагає масивного фундаменту. Для зведення будинку з

солом'яних блоків використовується каркас, що нагадує каркас щитового будинку. Виконується каркас із брусів традиційного квадратного перерізу.



Простір стін заповнюється щільно спресованими солом'яними блоками, які скріплюються з основою і між собою металевим дротом. Блоки можуть розташовуватись як всередині каркаса, так і з зовнішнього боку. Перед укладанням блоків каркас обтягується металевою сіткою, вона знадобиться для надійної абгезії шарів штукатурки. Укладання блоків з соломи: будівництво тримальних стін з соломи здійснюється за принципом цегляної кладки. Солом'яні блоки укладаються один на одного, при цьому слід суворо стежити за тим, щоб шви блоків не збігалися. Блоки укладаються так, щоб вертикальні шви не співпадали. Закріплення і стяжка блоків: для щільного і міцного зчеплення блоки між собою закріплюють за допомогою металевих прутів різної довжини. Нижні блоки першого і другого ряду надіваються на кілочки, закріплені у фундамент на відстані близько 1 метра. Наступні ряди закріплюються за допомогою додаткових прутів. У міру викладання рядів пруту нарощуються і закріплюються один з одним. У підсумку виходить довгий штир, який проходить

через всю висоту стіни. Його нижня частина вмонтована в цоколь, а верхня забезпечена різьбою. Для більш щільного стягування на верхню частину прута накручується гайка з накладкою. Пожежобезпечність будинку: добре спресовані солом'яні блоки мають хорошу вогнетривкість, так як у них практично не залишається місця для кисню, необхідного для горіння будь-якого матеріалу. До того ж на завершальному етапі солом'яні стіни покривають товстим шаром штукатурки, що також підвищує такий показник, як пожежобезпечність конструкції. Крім того, солом'яні блоки просочуються спеціальними сумішами, які гарантують захист від гниття та горіння

#### **Висновки**

Дім із соломи – один з найбільш енергоефективних і безпечних будинків з натуральних природних матеріалів. Також ви можете побудувати такий будинок дуже дешево, тому що солома не потребує великих капіталовкладень. Я вважаю, що в Україні є всі умови для будівництва будинків з соломи, які враховують простоту в будівництві і відносну дешевизну, могло б вирішити проблему комфортного і головне доступного житла для сільських територій.

УДК 624:658.5(075.8)

## **ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВЛАШТУВАННЯ ПОКРІВЛІ ВІД КОНСТРУКЦІЇ ДАХУ**

***Ярмоленко М. Г., Царук Н. В.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Покрівля- тонкий верхній шар, що захищає будинок або споруду в цілому від проникнення вологи. Від якості покрівлі залежить довговічність як окремих елементів так всієї будівлі.

Сучасні покрівельні покриття різняться на 5 видів:

1. Рулонні.
2. Штучні.
3. Листові.
4. Плівкові.
5. Мастикові.

Технологія влаштування покрівлі залежить від конструкції даху.

Для влаштування рулонних покрівель необхідна жорстка та рівна основа- залізобетонні плити покриття, настил із дошок, або фанери. При бетонній основі застосовують наплавлені бітумно-полімерні матеріали. Якщо основа з металевого профільованого настилу, необхідно передбачити заповнення порожнин ребер настилу з негорючих матеріалів (мінвата тощо) , а потім вкладати шар теплоізоляційний із негорючих і важкогорючих матеріалів під



покрівельний килим з рулонних матеріалів. Покрівлі з рулонних матеріалів влаштовують при пологих схилах до  $10^\circ$ .

Покрівлі з азбестоцементних хвилястих листів слід проектувати переважно для дахів з одно-двосхилою та полігональною формою конструкції. В залежності від нахилу даху обрешітка виконується з дошок або з брусків кроком 450-600 мм по кроквах залізо-бетонних, металевих або дерев'яних, що були піддані глибокому просочуванню антигрибковими сумішами.

Металеві покрівлі слід застосовувати для дахів односхилого, двосхилого, вальмового, напіввальмового, пірамідального та конічного даху. Несучим каркасом кроквяної системи металеві покрівлі повинні служити приставні крокви, пояси ферм з латами з брусків або дошок, які є основою покрівлі.

Черепичні покрівлі, на відміну від інших покрівель зі штучних матеріалів, відзначаються найбільшою довговічністю (більше 60 років) і застосовуються для влаштування дахів з кутом  $30^\circ$  -  $60^\circ$ . Черепичні покрівлі влаштовуються по дерев'яному риштуванню з брусків перерізом  $50 \times 50$ : $60 \times 60$  мм із кроком залежно від довжини черепиці.

Плитки покрівельні азбестоцементні, бітумно-полімерні плитки (типу «шинглас»), а також глиняна чи цементно-піщана черепиця використовується для влаштування покрівель з мілкоштучних матеріалів в малоповерховому житловому будівництві.

Отже, від конструкції даху залежить і вид покрівлі, і її довговічність і ступінь механізації і навіть трудомісткість її влаштування.

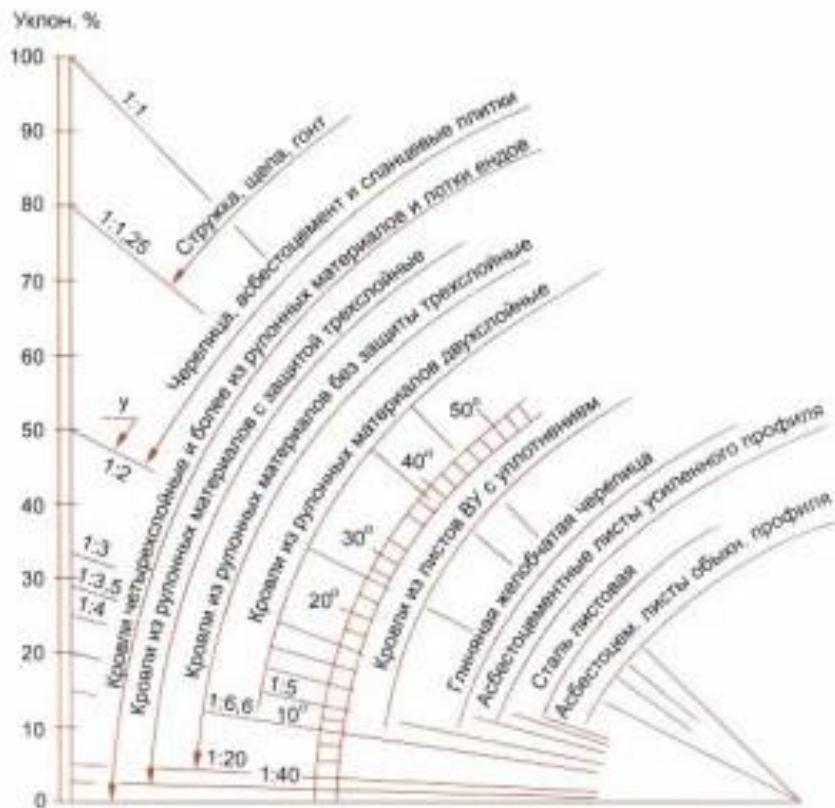


Рис. Залежність типу покрівлі від нахилу даху.

## ПРО ДЕЯКІ МОЖЛИВОСТІ ОЦІНКИ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПЛАСТИН В УМОВАХ ДВООСНОГО РОЗТЯГУ

**Бойко А. В.**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Простий спосіб створення в матеріалі двоосного розтягу може бути реалізований за допомогою спеціального дисковидного зразку:

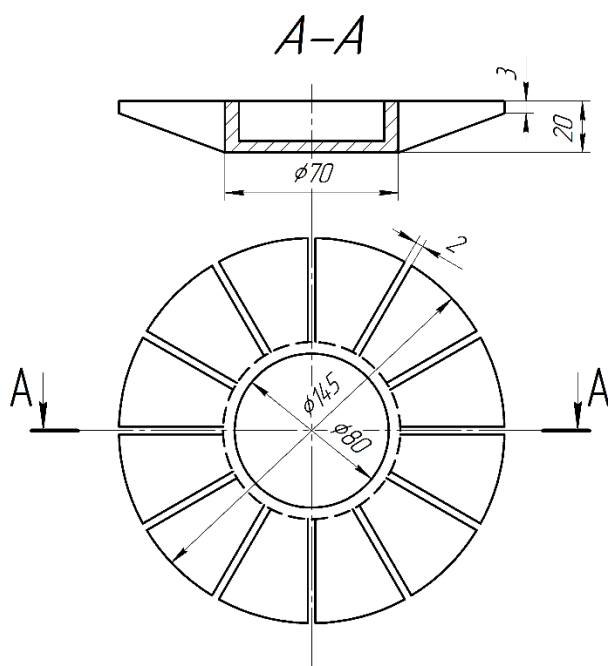


Рис. 1. Дисковидний зразок.

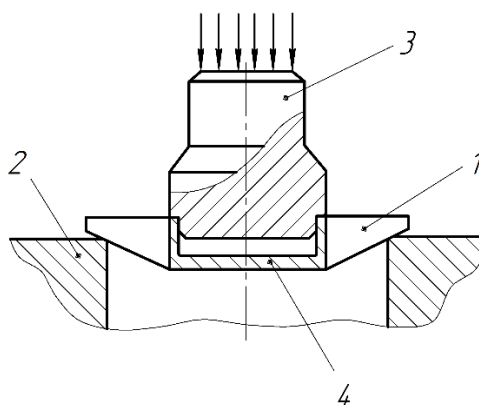


Рис. 2. Схема випробувань дисковидного зразку.

На рис. 1 представлене креслення зразку, а на рис. 2 показана схема його навантаження при випробуваннях.

Випробування здійснюються наступним чином. Зразок 1 встановлюється конічною поверхнею на кругову опору 2 і рівномірно навантажується по



внутрішньому контуру ободу за допомогою пуансона 3. При цьому обід, вигибаючись, упирається своєю внутрішньою поверхнею в кругову заточку пуансона і створює в робочій частині 4 зразку двоосний рівномірний розтяг.

Завдяки наявності прорізів різко знижується кільцева жорсткість ободу і значний розтяг робочої частини зразку досягається при порівняно невеликих зусиллях, прикладених до пуансону.

Описаний принцип дозволяє перейти до випробувань листових матеріалів довільної товщини в стані поставки на зразках простої геометричної форми. Для цього необхідно розділити робочу частину дисковидного зразку і його обід.

Проведено кінематичний аналіз процесу деформування плоского зразку, який використовується для механічних випробувань листових матеріалів в умовах двоосного розтягу. Отримані результати засвідчили про коректність проаналізованої експериментальної методики.

УДК 378.147.624(079)

## **ЗАЛЕЖНІСТЬ УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ В НОРМАЛІЗАЦІЇ КЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННІ ТА ЗАХИСТ СТІН ВІД ВПЛИВУ АГРЕСИВНОГО СЕРЕДОВИЩА**

*Бакуліна В. М., Грищенко І. А.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Для того щоб мінімізувати витрати коштів на опалення упродовж опалювального сезону, потрібно знайти варіанти економії тепла в будинку. Одним із таких варіантів є утеплення фасаду. Існує безліч переваг такого рішення, такі як:

- Покращення зони теплового комфорту. Завдяки якісному утепленню житла втрати тепла взимку зменшаться, а влітку приміщення буде захищено від перегрівання.
- Зниження витрат на опалення взимку. В холодну пору року стіни не промерзають, а по куткам не з'являються грибок та пліснява.
- Зниження вартості кондиціонування житла влітку. Утеплення допоможе зберегти оптимальну температуру в будинку навіть під час жаркої погоди.
- Збільшення строків експлуатації стін будівлі. Утеплене житло буде використовуватися на 35 років більше, ніж те, де стіни не теплоізовані.
- Стіни захищені від агресивних впливів. Утепленим фасадам не страшний руйнівний вплив снігу, дощу та інших атмосферних опадів.
- Естетичний вигляд стін. Утеплені стіни житла, покриті декоративною штукатуркою, виглядають дуже акуратно та естетично, також можна підійти з креативом до оформлення фасаду втілюючи сучасні дизайнерські ідеї.

### Класифікація систем утеплення фасаду

• Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатуркою:

- З опорядженням тонкошаровими штукатурками;
- З опорядженням товстошаровими штукатурками;
- З опорядженням дрібнорозмірною плиткою.

Конструкції зовнішніх із фасадною теплоізоляцією та опорядженням цеглою:

1. З опорядженням керамічною цеглою;
2. З опорядженням силікатною цеглою;
3. З опорядженням пресованим каменем.

• Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією з вентильованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами:

1. З опорядженням керамічними плитками;
2. З опорядженням плитами з природного каменю;
3. З опорядженням металевими дрібноштучними та крупнорозмірними панелями ;

4. З опорядженням плитами з цементно-волокнистих матеріалів;
5. З опорядженням композитами алюмінієвими матеріалами;
6. З опорядженням виробів з дрібнозернистого бетону;
7. З опорядженням полімербетонними панелями;
8. З опорядженням ламінованими панелями;
9. З опорядженням керамогранітом;
10. З опорядженням іншими індустріальними елементами.

• Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням прозорими елементами:

1. З опорядженням склом будівельним;
2. З опорядженням склом загартованим будівельним;
3. З опорядженням склом з енергозберігаючим покриттям;
4. З опорядженням склом сонцезахисним.

Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатуркою. Легкі штукатурні системи утеплення фасадів. Виконання полегшених систем більш популярно з-за їх відносно низької вартості. Конструкція включає в себе теплоізоляцію, зафіксовану за допомогою полімерцементного клею і кріпильних елементів, а також захисно-оздоблювальне покриття.

Крім стандартних шарів у конструкцію включаються допоміжні елементи: алюмінієві профілі для захисту від механічних пошкоджень і елементи для ущільнення і герметизації ізоляції в примиканнях до конструкцій покрівлі.

Важкі штукатурні системи утеплення фасадів. Цей вид систем має більш товстий шар зовнішньої штукатурки. Він підвищує стійкість до механічного впливу і довговічність. Виробники матеріалів для подібних покриттів гарантують термін їх експлуатації до 50 років. Товщина зовнішніх штукатурних шарів у важких системах може досягати 50 мм. Функцію кріплення виконують

спеціальні дюбелі, анкери і арматурна сітка. Товщина сітки і розміри її осередків підбирається проектувальниками в залежності від товщини штукатурки і поверховості будівлі. Кріплення дюбелями забезпечує необхідну рухливість плит щодо стіни, що запобігає деформації утеплювача і штукатурного шару при температурних коливаннях.

Конструкції зовнішніх із фасадною теплоізоляцією та опорядженням цеглою. Фасадні багатошарові системи. В тришаровій структурі теплоізоляції і при колодязній кладці, утеплювач знаходиться між несучою і захисною, фасадною кладкою. Фасадна кладка виконується з силікатної, кlinkерної або керамічної цегли. Такі конструкції менше навантажують фундамент, але їх недоліком є скупчення конденсату між шарами.

Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією з вентильованим повітряним прошарком та опорядженням індустриальними елементами

У вентильованій фасадній утеплювальній конструкції замість лицьової стіни застосовуються листові чи плитні оздоблювальні матеріали, які виконують функції захисного екрана. Вентильовання теплоізолятора забезпечується обладнанням повітряного прошарку між ним і зовнішньою обробкою.

Отже, утеплення фасадів є ефективним енергозберігаючим рішенням. Є безліч систем утеплення з використанням різних матеріалів за різними ціновими категоріями. Рішення з утеплення фасадів покращують умови перебування людей в приміщеннях та нормалізації клімату в них, захистить стіни від впливу агресивного середовища, що продовжить життя несучим конструкціям стін.

УДК725

## **КЛАСИФІКАЦІЯ ПОКРИТТІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДЛОГ**

***Бакуліна В. М., Попружна М. С.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Конструкція підлоги суттєво впливає на вартість будівлі. Так, в одноповерхових будівлях вартість підлоги складає від 5 до 25 % а в багатоповерхових — від 5 до 12 % загальної вартості будівлі.

Вибираючи вид і конструктивне рішення підлоги, передусім враховують характер виробничих впливів на підлогу, а також вимоги, виконання яких забезпечить експлуатаційну надійність і довговічність підлоги.

У зв'язку з цим підлоги виробничих будівель повинні задовольняти такі вимоги: мати високу механічну міцність, рівну й гладеньку поверхню; не ковзати; мало стиратись і не утворювати пилюки під час руху по ній транспортних засобів і людей; мати хорошу еластичність, що запобігає пошкодженню предметів, коли вони падають на підлогу; бути безшумними; мати малий коефіцієнт теплозасвоєння; бути водонепроникними, вологостійкими,

стійкими проти загоряння та агресивних хімічних речовин; забезпечувати можливість проведення швидкого й мало трудомісткого ремонту; бути індустріальними у влаштуванні, легко очищатися й довго зберігати гарний зовнішній вигляд.

Підлогу влаштовують як на різного роду перекриттях, так і по ґрунту. Підлогу роблять суцільною, зі штучних і рулонних матеріалів, з дерева. Вибір матеріалу підлоги і його конструкція залежать в основному від характеру виробничого процесу в даному приміщенні. У виробничих будівлях підлога повинна бути міцною, стійкою до стирання, негорючою, водостійкою, водонепроникною, зручною для пересування людей і легко очищуватися при прибиранні приміщень. У ряді випадків до підлоги ставляться вимоги хімічної стійкості і термостійкості. Найкраще ці вимоги задовольняють бетон, асфальтобетон, асфальт, керамічні плитки, ксилоліт і деякі інші матеріали. Для забезпечення стоку рідин підлозі надається похил 1—7 %.

Види та вимоги до підлог. Залежно від призначення будівлі та характеру процесу, що протікає в приміщеннях, підлоги повинні задовольняти наступним нормативним вимогам: бути міцними, бути вогнетривкими і володіти малим теплозасвоєнням, що особливо важливо для приміщень з тривалим перебуванням людей; мати хорошу звукоізоляцію; бути не слизькою і безшумними; легко піддаватися очищенню; бути індустріальними при влаштуванні; у вологих приміщеннях підлоги повинні бути водостійкими і водонепроникними.

По виду покриття підлоги поділяються на такі види: покриття з штучних матеріалів, покриття з рулонних матеріалів, монолітні підлоги.

Види покриття наливних підлог.

Епоксидні покриття наливних підлог (для них характерні висока жорсткість, твердість, вони витримують підвищені механічні навантаження і стійкі до хімічних речовин). Розраховані на витримку падіння вантажу масою в кілограм з висоти один метр. Використовуються в закритих приміщеннях. Температура повітря в яких коливається від 0 до +50 градусів.

Поліуретанові покриття. Мають підвищену еластичність в порівнянні з іншими видами покриттів наливних підлог. Практично нечутливі до розтріскування нижчого бетону (перекриття тріщин до 1 мм). Здатні витримати навантаження від удару предмета масою до 5 кілограм, що впав з висоти 1 метр. Також володіють стійкістю до екстремально низьких температур і застосовуються в кімнатах на бетонній основі, що піддаються постійній вібрації.

Епоксидно-уретанові покриття. Є жорстко-еластичною системою підвищеної міцності. Для них характерні висока хімічна стійкість. За ступенем стійкості до тертя не поступаються епоксидним покриттям, а по еластичності - поліуретановим. Таке покриття застосовується в гаражах, на платформах, пандусах і стоянках, де інтенсивність руху дуже висока.

Метакрилові покриття. Здатні витримати хімічне і механічне навантаження середнього рівня. Їх використовують при проведенні робіт при температурах до 8 градусів, а також в тому випадку, якщо покриття належить використовувати при негативних температурах. Основною перевагою даного покриття є їх готовність до використання вже через 60-120 хвилин після того, як

матеріал було нанесено. Для покриття характерний різкий і дуже сильний запах, який, однак, повністю зникає після полімеризації. Проте, хімічна стійкість цього матеріалу нижче, ніж у інших типів покриттів. Важливо обов'язково дотримуватися технології укладання матеріалу, інакше покриття виявиться неякісним. В ході робіт використовується достатня вентиляція.

Акрилові покриття мають високу механічну і хімічну стійкість і досить швидко тверднуть при низькій температурі. Для них властива стійкість до температурних перепадів і ультрафіолетового випромінювання, тому покриття використовуються в неопалюваних приміщеннях з низькою температурою повітря. Також застосовують при виробництві коли інтервал між установкою покриття і початком його експлуатації вкрай малий.

Товщина покриття і матеріал разом впливають на ступінь передбачуваних навантажень. За товщиною розрізняють кілька видів промислових підлог:

- Тонкошарова підлога (товщина від 0,2 до 0,5 мм) використовується для приміщень з малим механічним навантаженням;

- Самовирівнююча (від 0,8 до 1,5 мм) для кімнат із середніми навантаженнями;

- Полімерна підлога з кварцовим піском (має товщину від 2 до 4 мм) використовується для середніх і високих навантажень;

- Полімерні стяжки товщиною від 6 мм і вище (для максимальних механічних навантажень).

Якщо кількість наповнювача (кварцового піску) мінімальна, готове покриття буде володіти гладкою поверхнею. Щоб отримати шорстку нековзну поверхню полімерної підлоги, в смолу додається більше піску. Для того, щоб отримати текстурні поверхні, в смолу додаються тиксотропні добавки.

Наливна підлога має наступні переваги:

- Висока стійкість до стирання;

- Стійкість до агресивних середовищ;

- Антистатичність;

- Непроникність для газоподібних середовищ і технологічних рідин;

- Стійкість до різких температурних перепадів.

При великих площах підлоги промислових будівель наливна підлога найкраще підходить та використовується за технологічним призначенням:

- Цехи харчової промисловості;

- Лабораторії;

- Складальні цехи електронної промисловості;

- Холодильні камери;

- Складські приміщення;

- Спортивні зали.

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПІНОСКЛА В УКРАЇНІ

*Бакуліна В. М., Щербина І. Ю.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Вивчаючи ринок України з компаній що вишотовляють екологічні утеплюючі матеріали найбільше привернула мою увагу ТОВ "НПП Технологія" м. Шостка. Це єдиний виробник піноскла в Україні. Продукція заводу відома не тільки в нашій країні, але й за кордоном. Компанія ТОВ "НПП Технологія" пропонує піноскло таких видів:

- піноскло в блоках (в тому числі з бітумним покриттям і обштукатурене);
- фасонні вироби (шкаралупи з піноскла);
- крихта піноскла.

Піноскло марки PINOSKLO виробляється із звичайного тарного та віконного скла, яке використовується в побуті. На цьому варто зауважити, адже на відміну від наших європейських колег, вони не варять скло самі, а використовують вторинну сировину, і тим самим піклуються про екологію нашої країни. Отже, після того, як вторинну сировину доставляють на завод, її ретельно миють і сушать. Після очистки та сушки, скло подрібнюється та змішується зі спінюючими добавками. В якості спінювача використовують чистий вуглець — сажу. Потім отриманий із скла та сажі порошок засипають в форми і відправляють в піч спінювання, де при температурі близько 1000°C відбувається спінювання, яке зовні дуже схоже на випічку хліба. Гарячі блоки після печі спінювання звільнюють від форм і кладуть в піч випалювання, де блоки дуже повільно охолоджуються. Як і спінювання, охолодження вимагає уваги та точного контролю процесу. Далі блоки утеплювача піноскла обрізають і надають їм необхідну товщину та розміри. Обрізані частини йдуть на подальшу переробку в крихту піноскла, яка є прекрасним насипним утеплювачем. Частина блоків утеплювача PINOSKLO використовується для виробництва піноскла з бітумним покриттям, а також оштукатуреного піноскла.

Властивості та переваги піноскла: негорючість, довговічність, водонепроникливість, екологічність, біологічна стійкість, паро та газонепроникність, кислотостійкість, міцність при стисненні від 7 до 12 кг/ см, простота обробки

Блоки з піноскла "НПП Технологія". Блоки з піноскла, в порівнянні з іншими видами піноскла, мають особливу популярність в будівництві. Навіть найтонші плити в декілька сантиметрів гарантують приміщенню теплоізоляцію, порівнювану тільки з метровою товщиною цегляної кладки. Блоки з піноскла зберігають свої параметри за будь-яких навантажень і температур.

Розміри блоків: 600 x 450, товщина від 30 до 150 мм.

Застосовується для утеплення: фасадів будівель, внутрішніх стін; підлог, теплих підлог; дахів і стель; цоколів, фундаментів, підвалів; терас, мансард;

лазень, басейнів; заїздів, доріг; виробничих приміщень з високими вимогами до пожежної безпеки; технологічного обладнання; трубопроводів.

Пінокрихта. Пінокрихта виробляється з того ж матеріалу, що й блоки піноскла. Тому має всі якості блоків: негорючість, добрі теплоізоляційні властивості, нульове водопоглинання, хімічна та біологічна стійкість, довговічність, легкість. Тому може використовуватись практично всюди, де застосовуються блоки піноскла чи насипні утеплювачі. Однак у цього виду утеплювача є суттєві переваги: 1. Простота використання. Від будівельників, які виконують роботи, не вимагається ні особливих знань та вмінь, ні використання яких-небудь спеціальних розчинів, клеїв, матеріалів. 2. Роботи з пінокрихтою подібні до робіт з будь-яким іншим насипним утеплювачем. Утеплення пінокрихтою – економічно найвигодніший спосіб утеплення.

Застосування: дороги, доріжки; дахи, горища; фундаменти; стіни та підлоги.

Фасонні вироби – шкарлупи для утеплення труб і ємностей

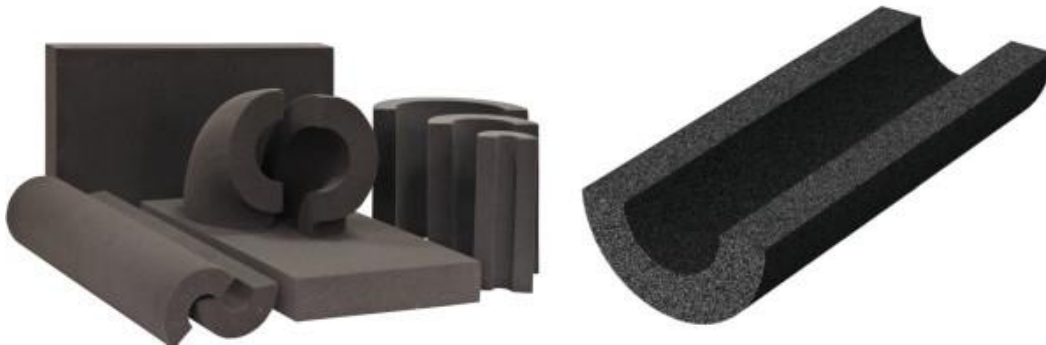


Рис. Фасонні вироби.

Піносклом можна утеплювати не тільки рівні плоскі поверхні, але й труби, ємності, колони і круглі вентиляційні та димові труби. Фасонними виробами з піноскла можна утепляти будь-які труби: опалення, водопостачання, вентиляції, комини та багато інших, де необхідна безпечність, довговічність, захист від конденсату і корозії. Утеплювач буде однаково добре слугувати в будь-якому середовищі: на відкритому повітрі, під землею і водою, в гарячих і холодних приміщеннях, поруч з відкритим вогнем, в хімічно агресивних середовищах. Якщо розмістили котельню в окремому приміщенні, то необхідно забезпечити циркуляцію гарячої води до жилого будинку і назад з мінімальними втратами. Певна річ, що труби проходять під землею, де вода, бактерії, гризуни. Жоден інший утеплювач не може протистояти настільки агресивному середовищу і захистити труби від корозії. Термін служби шкаралуп і під землею практично не обмежений, за весь період вони не міняють своїх відмінних властивостей утеплення. Можна утепляти будь-які ємності, як малих, так і великих (навіть більше 6 метрів) діаметрів. Ємності, які заглиблюють в землю чи ставлять під прямим сонячним промінням, дощем і снігом. Бойлер нагрівання води в підвалі приватного будинку, утеплений шкаралупами піноскла, не стане інкубатором для мишей і тарганів, оскільки в піносклі вони жити не можуть. Особлива категорія споживачів фасонних виробів з піноскла – промисловість, де

ставляться самі високі вимоги до довговічності, невибагливості в період експлуатації, хімічної стійкості і пожежної безпеки. Саме тому на самих відповідальних ділянках найнебезпечніших виробництв використовують для теплоізоляції труб і ємностей піноскло. Військові кораблі і підводні човни, атомні станції, нафто- і газопереробні підприємства, хімічні виробництва не обходяться без унікального матеріалу – піноскла і фасонних виробів з нього.

Підбиваючи підсумок ознойомлення з компанією "НПП Технологія" та її продукцією варто сказати те що піноскло – утеплювач, визнаний багатьма експертами кращим серед теплоізоляційних матеріалів. Раніше він завоював авторитет в Сполучених Штатах, потім в країнах Західної та Східної Європи. Часто він використовується в тих випадках, коли інші теплоізоляційні матеріали не підходять. Дозволяє вирішити практично будь-яку проблему теплоізоляції – від утеплення будинку до теплоізоляції труб. Підходить для будь-якої будівлі, конструкції, споруди. Використовується як в житлово-комунальних комплексах, так і в промислових. Піноскло не тільки забезпечує надійність конструкцій, але й дає економічну ефективність.

УДК 69

## **ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ В СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ**

*Бакулін Є. А., Колбін Є. О.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Серед будівельних матеріалів, які все частіше заявляють про себе на ринках, є прогресивні новинки, які користуються величезною популярністю. До них з упевненістю можна віднести гіпсокартон. На сьогоднішній день це один з найбільш універсальних матеріалів для різного виду ремонтних і будівельних робіт, який використовують для вирівнювання і обробки стін, монтажу перегородок між кімнатами, установки підвісних стель, підстав для підлоги

і т. д.

Переваги гіпсокартону:

- здатність поглинати вологу, а при підвищеній сухості повітря її віддавати, створюючи сприятливий мікроклімат у приміщеннях;
- спрощення процесу ремонтних робіт, так як гіпсокартон є сухою штукатуркою, не треба використовувати воду для заколачивання розчину, а всього лише монтувати готові плити, що набагато полегшує роботу будівельників;
- незначна вага і простота монтажу листів;
- відсутність великої кількості бруду і сміття при роботі з гіпсокартоном;
- прекрасна звукоізоляція та енергозбереження;



- листи легко піддаються згинанню, ріжуться, пиляються і свердлимо в потрібній вам конфігурації;
- висока екологічність гіпсокартону, так як всі компоненти виготовлені з натурального матеріалу без додавання синтетики;
- не має запаху, не проводить електрику;
- має кислотність, наближену до кислотності людини, тому не має шкідливого впливу на його здоров'я;
- негорючість матеріалу. Гіпсокартон не запалюється, так як між гіпсом і картоном немає повітряного прошарку, тому він може тільки обуглитися. В гіпсі є невеликий відсоток води, який при пожежі звільняється і не дає розповсюдитися вогню;
- багаторазове підвищення продуктивності праці при скороченні строків будівництва і високій якості роботи;
- низька ціна гіпсокартону.

Всі ці якості ідеально підходять для використання гіпсокартону в житлових приміщеннях.

Недоліки:

- Крихкість – якщо на стіну планується істотні навантаження (полиці з книгами, великих телевізорів та інше), краще застосувати подвійний шар.
- Погані звукоізолюючі властивості – не обійтися без додаткових заходів з шумоізоляції.
- Низька стійкість до механічних впливів – необережний удар молотком під час забивання цвяха проломить в листі велику дірку.

Основне призначення гіпсокартону – використання для оздоблювальних робіт. Коли потрібен простий та швидкий ремонт гіпсокартон просто незамінний. З його допомогою виробляють оздоблення будь-якої поверхні. Легкість і простота використання при монтажі гіпсокартону робить його універсальним засобом при ремонті квартир, будинків, офісів.

За допомогою гіпсокартону можна швидко та якісно зробити облицювання стін в будь-якому приміщенні. Бездоганно рівні стіни будь-якої конфігурації – результат застосування листів гіпсокартону. Під облицювання дуже зручно ховати опалювальні прилади, електричні та каналізаційні труби, електропроводку, телефонний кабель і т. д. Листи гіпсокартону чудово підходять для облаштування санвузлів, мансард і горищ.

Гіпсокартонні листи є прекрасною основою під обклеювання шпалер, так як не вимагають ніякої попередньої підготовки поверхні, їх застосовують при формуванні підстильного шару для підлоги. Конструкцію з гіпсокартону можна фарбувати будь масляної або клейовою фарбою, як звичайну обштукатурену поверхню.

Великою популярністю на сьогоднішній день користується стеля з гіпсокартону, який можна побудувати в будь-якій кімнаті, а також у ванній, використовуючи водовідштовхувальні гіпсокартонні листи. З такою стелею кімната набуває неперевершену красу і граціозність!

Є кілька типів стель з ГКЛ – звичайний, підвісний і багаторівневий. Гіпсокартон прекрасно поєднується з усіма сучасними матеріалами, з яких

конструюють сучасні стелі. Це рейкові конструкції, пластик, натяжні тканини і плівки. З допомогою підвісної стелі можна сховати недоліки стельового покриття, вирівняти поверхню, додати стелі незвичайну форму, заховати комунікації. Особливою популярністю користується дует гіпсокартонних листів і натяжної стелі. Багаторівневі стелі дають необмежену свободу фантазії дизайнера, з їх допомогою створюються об'ємні форми на стелі і оригінальне підсвічування.

Гіпсокартон вважається композитним матеріалом, який виготовляється у формі листів таких параметрів: довжина 2-3 м, ширина 1,2 м і товщина 9,5 – 12,5 мм. Листи гіпсокартонних для підвісних стель зазвичай мають розміри 1200х2500х9,5 мм, для стін – 1200х2500х12,5 мм.

До складу гіпсокартонних листів входить гіпсова серцевина, усі площини якої, крім торцевих країв, фанеровані картоном. 93% загальної маси аркуша складається з двоводяного гіпсу, 6% – з картону і 1% – з вологи, крохмалю і органічних поверхнево-активних речовин.

Виготовлення гіпсокартону ґрунтується на будівельному гіпсі зі складною хімічною формулою. Гіпс є мінералом групи сульфатів, гірської осадовою породою, що складається з білих або безбарвних кристалів. В залежності від домішок може мати крім білого ще і різні відтінки сірого, жовтого, рожевого або блакитного кольорів. Щоб досягти необхідної щільності до гіпсу додають спеціальні компоненти. Чим дрібніше помел, вище густина, швидше схоплювання тесту, тим вищою вважається якість гіпсокартонного матеріалу. Крім гіпсу до складу ГКЛ входить облицювальний картон, або будівельна папір. Картон використовується як армуюче речовина в композитному матеріалі і є оптимальною основою для нанесення керамічної плитки, штукатурки, фарби, шпалер.

Технічні характеристики гіпсокартону. Нормативні показники, яким повинні відповідати листи, регламентує ДСТУ Б В.2.7-95-2000 «Листи гіпсокартонні. Технічні умови». До основних характеристик відносяться вага, міцність, водостійкість і вогнетривкість.

Види гіпсокартонних листів. Сучасними виробниками в даний час крім стандартних гіпсокартонних плит виготовляються вогнестійкі (ГКЛО) і вологостійкі (ГКЛВ) плити.

Вогнестійкі гіпсокартонні листи призначені для приміщень, де потрібні підвищеними показання до вогнестійкості. До складу плит додається скляне волокно, завдяки яким армується гіпсовий сердечник і перешкоджає руйнуванню листа під час пожежі. Такі плити використовують у комунікаційних шахтах і повітроводах, з їх допомогою встановлюють протипожежні перешкоди.

Для приміщень з підвищеною вологістю, таких як ванні, туалетні кімнати, сауни застосовуються вологостійкі гіпсокартонні листи, картонна облицювання яких оброблена спеціальними засобами, що сприяють захист листів від цвілі і грибків, а також підвищують вологостійкість.

В подібних приміщеннях з підвищеною вологістю гіпсокартон покривають з лицьової сторони спеціальними шпаклівками, водостійкими фарбами,

ґрунтовками, ПВХ або керамічною плиткою, а при прямому попаданні води необхідно застосовувати гідроізоляцію.

Сучасний ринок будівельних матеріалів широко представляє різноманітні види гіпсокартону. Це дуже популярний матеріал для внутрішніх ремонтних робіт та будівництва, завдяки універсальним властивостям і порівняно невисокою ціною.

УДК 725

## КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ КІНЦЕВИХ КРІПЛЕНЬ ВАНТ, ВИСЯЧІ (ТРОСОВІ) ПОКРИТТЯ

*Бакулін Є. А., Бочков О.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

При будівництві та зведенні багатофункціональної спортивно-видовищної арени "Мінськ-Арена" вперше у республіці Білорусії застосовано сучасне великопрогонна вантова двопоясна конструкція покриття. Вона виконана з високоміцних канатів у вигляді "велосипедного колеса" діаметром 116,0 м в осях колон (рис. 1). Нижні несучі ванти складаються з 27 пасами діаметром 15,7 мм, а кожна з них – із семи високоміцних арматурних оцинкованих дротів діаметром 5,2 мм, які знаходяться у захисній оболонці з поліетилену високої щільності. Загальний діаметр нижньої ванти складає 120 мм; розрахункова несуча здатність одного пасма – 14 тс, нижньої ванти – 378 тс; розривне зусилля пасма складає 28 тс, нижньої ванти – 756 тс.

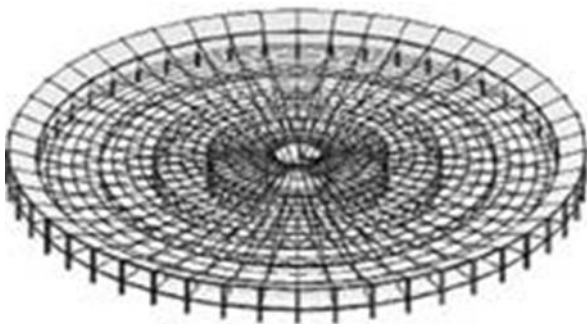


Рис. 1. Конструкція висячого вантового покриття



Рис. 2. Двопоясна конструкція висячого покриття

Кожна з верхніх, стабілізуючих вант діаметром 50 мм складається з семи пасів діаметром 15,7 мм. Між несучими і стабілізуючими вантами за допомогою металевих хомутів встановлені металеві трубчасті стійки діаметром 159 мм різної довжини, які створюють форму покриття, що забезпечує внутрішній стік води та атмосферних опадів (рис. 1). Нижні несучі ванти мають форму, подібну

до траєкторії кубічної параболи і закріплюються на відповідні металеві упори, розташовані на верхньому зовнішньому монолітному залізобетонному кільці діаметром 116 м і нижньому внутрішньому металевому кільці діаметром 12 м в осях. Верхні, стабілізуючі, ванти з траєкторією квадратної параболи закріплюються на металеві упори, які знаходяться на нижньому зовнішньому монолітному залізобетонному і внутрішньому металевому кільцях. По верхній частині стійок – вище рівня верхніх вантів – укладаються металеві плити покриття у формі трапеції. Їхні розміри змінюються за мірою наближення до внутрішнього металевого кільця (рис. 2).

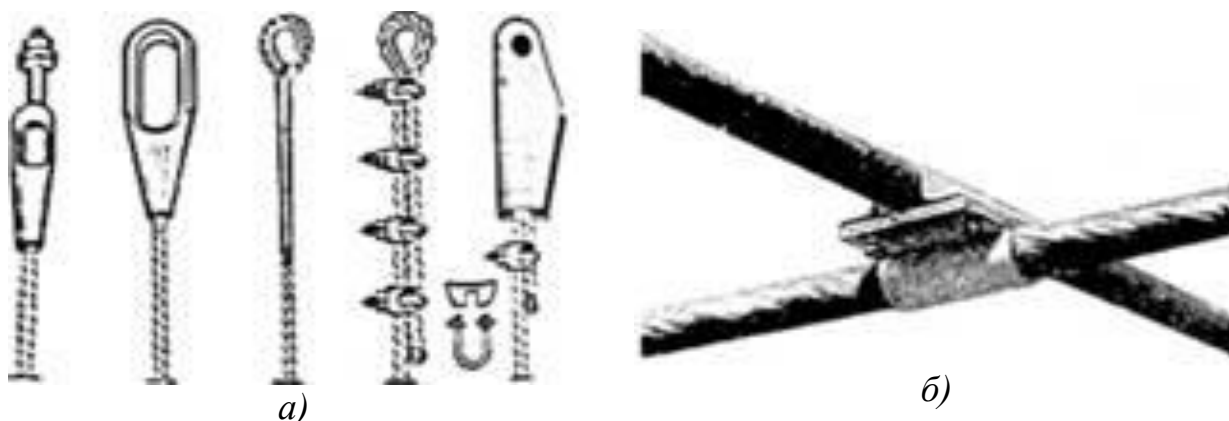


Рис. 3. Конструкція вузлових з'єднань вант: а) – види затискачів; б) – кінцеві кріплення вант

Ванти із стрижневої сталі найпростіше закріплюються за допомогою нарізних хвостовиків. Ванти з паралельних пучків високоміцного дроту рекомендується закріплювати за допомогою гільзостержневих анкерів типу НДІ-200 (рис. 3), ванти із потужних пучків – за допомогою анкерів стаканного типу з забетонованими загнутими кінцями дротів. Обидва ці типи анкерів широко застосовуються у попередньо напружених конструкціях, які є загальновідомими і перевірені часом на практиці. Для закріплення вант зі сталевих канатів можна застосовувати гільзоклинові анкери типу ПШ-200 або втулки (муфти), які заливаються спеціальним сплавом із температурою плавлення близько  $45^{\circ}\text{C}$ . У вантових системах необхідно з'єднувати пересічні ванти. Конструкція такого з'єднання повинна забезпечувати взаємну нерухомість вант у відповідній площині покриття (рис. 1).

Висновок. Вантові покриття застосовують для спортивних і видовищно-спортивних будівель, виставкових павільйонів, аеровокзалах і критих ринках. Висячі покриття на сучасному етапі розвитку будівельної галузі стали найбільш раціональними і економічними конструкціями перекриття великих прольотів. Оскільки економічний ефект застосування висячих систем у порівнянні з раніше розглянутими просторовими конструкціями з жорстких оболонок істотно зростає за мірою збільшення прольоту, їх застосовують переважно для прольотів понад 60–70 м, виконують із металу (троси, пруті, тонколистові мембрани, сітки, металеві стрічки. Принциповими особливостями, що визначають специфіку висячих систем, – є їхня висока деформативність і аеродинамічна нестійкість.

УДК 624.07:699.812+536.2.02

## ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ УТОЧНЕНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ

Фесенко О. А.<sup>1</sup>, Байтала Х. З.<sup>2</sup>, Бакін П. І.<sup>2</sup>, Донець Т. П.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

<sup>2</sup>ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

<sup>3</sup>Луганський національний аграрний університет

Уточнені методи розрахунку будівельних конструкцій на вогнестійкість відображають закономірності їх поведінки за умов вогневого впливу пожежі [1, 2]. Уточнені методи розглядають розрахункові моделі для визначення зростання і розподілення температури в конструкції (теплофізичний розрахунок), а також механічної роботи конструкції (статичний розрахунок).

Практичне застосування уточнених методів розглянуто на прикладі розрахунку на вогнестійкість монолітних залізобетонних плит перекриття і колон; розрахункові моделі конструкцій наведені на рис. 1, 3. Теплофізичний розрахунок конструкцій було виконано методами теорії теплопровідності, що реалізовані у програмному комплексі Ansys [3]; статичний розрахунок – методом скінченних елементів за допомогою ПК Лира-САПР; розрахунок залишкової несучої здатності конструкцій – деформаційним методом за ДБН В.2.6-98 [4] і ДСТУ Б В.2.6-156 [5] згідно з рекомендаціями [6].

За результатами теплофізичного розрахунку було визначено розподіл температури в плиті товщиною 110 мм та колонах перерізами 400x600 мм і Ø600 мм, див. рис. 2, 4. Напружено-деформований стан конструкцій плит і колон було визначено за результатами статичного розрахунку для аварійного сполучення навантажень під час пожежі.

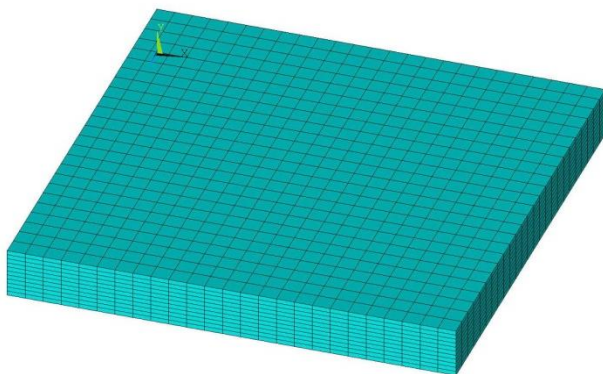


Рис. 1. СЕ модель для теплофізичного розрахунку плити перекриття

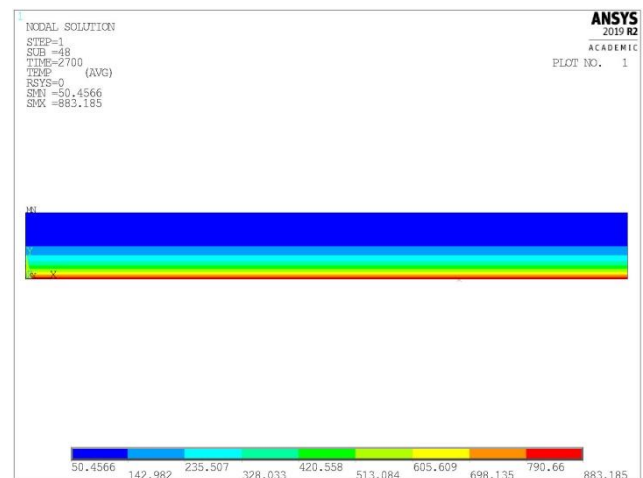


Рис. 2. Розподіл температури в плиті після 45 хв вогневого впливу

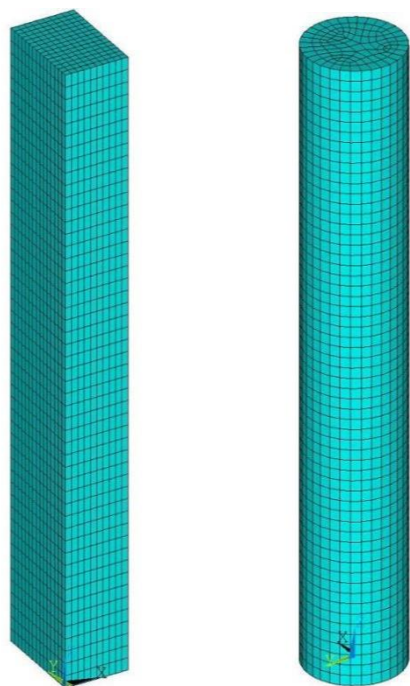


Рис. 3. СЕ моделі колон для теплофізичного розрахунку

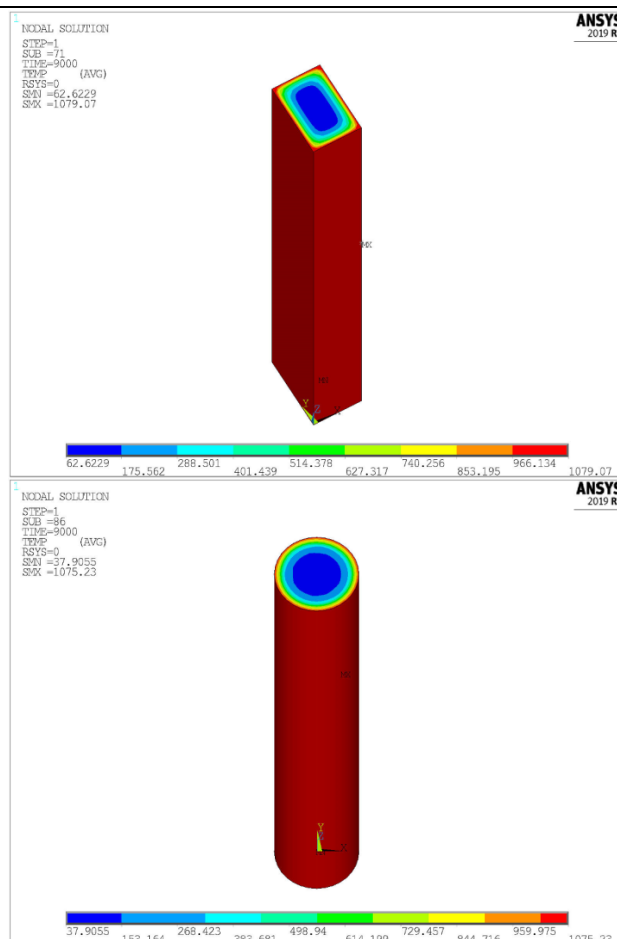


Рис. 4. Розподіл температури в колонах після 150 хв вогневого впливу

Несуча здатність поперечного перерізу колон за нормальних температур і залишкова несуча здатність приведенного перерізу колон внаслідок вогневого впливу пожежі були визначені за діаграмами «нормальна сила-деформація стиснутої грані». Найбільше значення нормальної сили на діаграмах прийняте за несучу здатність колон (рис. 5).

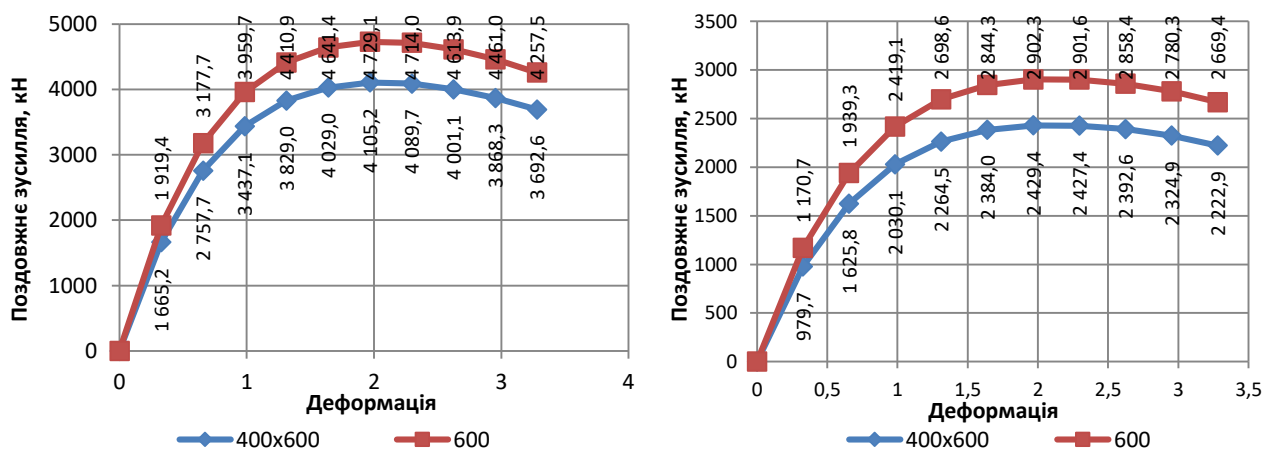


Рис. 5. Діаграми «нормальна сила-деформація стиснутої грані» колон:  
а) за нормальних температур; б) після вогневого впливу

### Список літератури

1. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT): ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 – [Чинні 2013-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 87с. – (Національний стандарт України)
2. Розрахунок залізобетонних конструкцій на вогнестійкість відповідно до Єврокоду 2. Практичний посібник [Текст] : / В.Г. Поклонський, О.А. Фесенко, В.Г. Тарасюк та ін. – , Київ: Інтертехнологія, 2016 – 83с.
3. Основи роботи в скінченно-елементному програмному комплексі ANSYS. Конспект лекцій. Частина 2 / Калінін Є.І. – Харків: Видавництво ХНАДУ, 2013. – 135 с.
4. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний 2011-06-01]. – К.:Мінрегіонбуд України, 2011. – 73с. – (Державні будівельні норми України).
5. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону ДСТУ Б В.2.6-156: 2010 – [Чинні 2011-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118с. – (Національний стандарт України)
6. Проектування залізобетонних конструкцій. Посібник / А.М. Бамбура, І.Р. Сазонова, О.В. Дорогова, О.В. Войцехівський; за ред. А.М. Бамбури. – , Київ: Майстер книг, 2018 – 240с.

УДК 681.51

## МЕТОД РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ

*Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О., Сподоба О. О.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Задачі оптимального програмного керування зустрічаються у багатьох сферах людської діяльності. У технічних системах розв'язок таких задач дозволяє отримати найкращі у деякому сенсі характеристики, наприклад, підвищити енергоефективність, зменшити експлуатаційні витрати, забезпечити максимальну довговічність тощо.

Для отримання оптимальних законів руху ланок механізмів і машин можна використати декілька методів: варіаційне числення, принцип максимуму, динамічне програмування, прямі варіаційні методи. Останній клас методів дозволяє ефективно розв'язувати задачі оптимального керування навіть при значній їх складності. Сутність таких методів зводиться до задання класу багатопараметричних функцій, які б задовольняли крайові умови задачі. Такі функції можна задати як розв'язок певної крайової задачі:

$$\begin{cases} L(x) = 0, \\ \begin{cases} x(t_0) = x_0, & i \in \overline{(1, I)}; \\ x(t_n) = x_n; \dot{x}(t_n) = \dot{x}_n, & n \in \overline{(1, N)}; \\ x(t_T) = x_T, & j \in \overline{(1, J)}, \end{cases} \end{cases} \quad (1)$$

де  $L$  – оператор, який діє на функцію  $x(t)$ ;  $t$  – час;  $t_0$  та  $t_T$  – відповідно початковий та кінцевий моменти руху системи;  $t_n$  – моменти часу в середині інтервалу руху системи;  $N$  – кількість моментів часу для яких задаються додаткові крайові умови;  $I$  та  $J$  – кількість початкових та кінцевих умов руху системи відповідно. Розв’язок крайової задачі (1) буде містити  $2N$  невідомих параметрів  $x_n$  та  $\dot{x}_n$ .

Надалі формується функціонал:

$$Cr = Cr(x_n, \dot{x}_n, t_0, t_T, t_n), \quad (2)$$

який може бути представлений нелінійною функцією своїх аргументів. Величини  $t_0$  та  $t_T$ , як правило, є відомими, а значення  $t_n$  задаються рівномірно між величинами  $t_0$  та  $t_T$ . Таким чином, критерій (2) стає нелінійною функцією лише невідомих  $x_n$  та  $\dot{x}_n$ , яких може бути доволі багато. Тому для їх ефективного відшукування бажано використовувати метаевристичні методи. Одним із них є модифікований метод рою часточок ME-PSO. Його використання не вимагає неперервності та диференційованості критерію (2) та не накладає на оптимізаційну задачу жорстких вимог: як тільки вдалось побудувати функціональну залежність (2) метод ME-PSO можна використовувати та відшукувати оптимальні значення невідомих параметрів  $x_n$  та  $\dot{x}_n$ . Дано лише декілька рекомендацій стосовно параметрів методу: прийнятна швидкість зменшення критерію  $AR=0,005$ ; кількість часточок (популяція рою) – 50; кількість ітерацій – 40. Вказані параметри дозволяють досить ефективно використовуючи обчислювальні ресурси, знайти такі значення  $x_n$  та  $\dot{x}_n$ , при яких критерій (2) набуває абсолютного мінімуму.

УДК 531.32

## БІОГАЗОВІ РЕАКТОРИ: ОБЕРТОВІ ЛОПАТКИ ЧИ ОБЕРТОВІ КОРПУСИ

*Голуб Г. А., Марус О. А.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Під час виробництва біогазу основною вимогою до біогазових реакторів є якісне перемішування біомаси, оскільки це впливає на інтенсивність процесу ферментації та вихід біогазу. Для переробки біомаси нами був розроблений біогазовий реактор горизонтального типу з обертовою мішалкою (рис. 1).



Біогазовий реактор працює наступним чином: подрібнена в пристрої 19 біосировина потрапляє до бункера 12 і за допомогою гвинтового транспортера 3 через патрубок 13 потрапляє в реактор. Перемішування біомаси здійснюється за рахунок роботи обертово-лопатевого механізму 9, який приводиться в дію від електроприводу. Одночасно з наповненням реактора біомасою через пристрій для інокуляції біомаси 7 подається інокулянт. Під дією анаеробних мікроорганізмів без доступу повітря проходить біохімічне зброджування органічної біомаси з виділенням біогазу, який через патрубок 6 видаляється з реактора. Органічна маса після зброджування вивантажується з реактора гвинтовим транспортером 4 через камеру 14 та гвинтовим транспортером 5, днище, якого має сітчасту поверхню, через яку виділяється рідка фракція в камеру збору рідкої збродженої фракції 15 та через патрубок 16 видаляється та використовується в якості інокулянта. При необхідності проведення дезінфекції реактора або його миття використовуються люки 17 та 18, що встановлені на торцевих поверхнях горизонтального циліндричного корпусу 1.

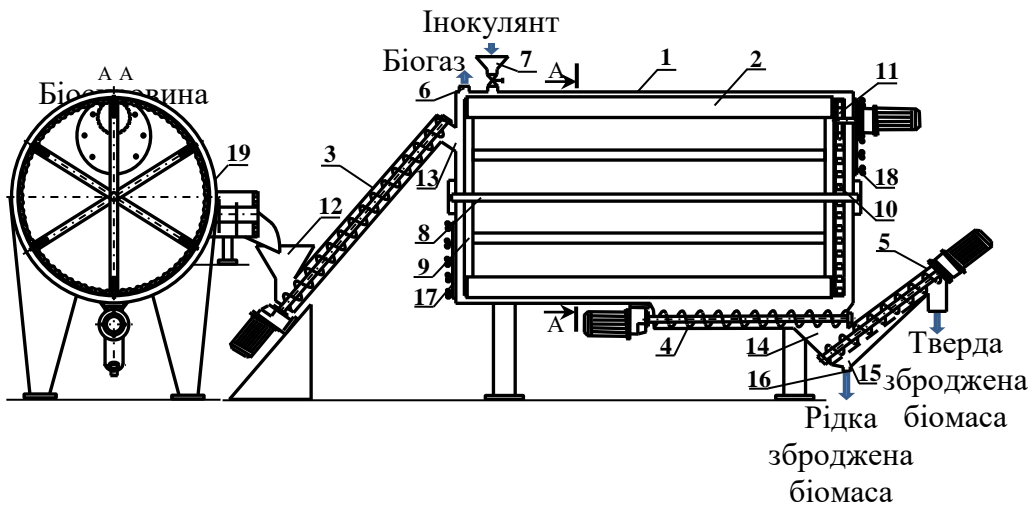


Рис. 1. Біогазовий реактор: 1 – горизонтальний циліндричний корпус; 2 – лопатки; 3, 4, 5 – гвинтові транспортери; 6 – патрубок для відводу біогазу; 7 – пристрій для інокуляції біомаси; 8 – центральний горизонтальний вал; 9 – обертово-лопатево-механізм; 10 – кільцевий ланцюг; 11 – привідна зірочка; 12 – бункер для завантаження біомаси; 13 – патрубок; 14 – камера; 15 – камера збору рідкої збродженої фракції; 16 – патрубок для видалення рідкої біомаси; 17, 18 – люки; 19 – подрібнювач біосировини.

Перевага такого реактора полягає в тому, що лопатки для перемішування біомаси виконані у вигляді рухомих пластин, які встановлені з можливістю переміщення вздовж внутрішньої поверхні горизонтального циліндричного корпусу і в сукупності з центральним горизонтальним валом утворюють обертово-лопатево-механізм, що дозволяє якісно впливати на процес перемішування та унеможливує розшарування біосировини. А також слід відмітити, що на торці обертово-лопатево-механізму по зовнішньому контуру закріплений кільцевий ланцюг, що охоплює привідну зірочку, яка напряму з'єднана з електроприводом, відбувається процес обертання барабана мішалки,

що дозволяє мінімізувати енерговитрати на перемішування біомаси. Такий тип реактора дозволить якісно переробляти органічні відходи в біодобриво та біогаз з мінімальними енергозатратами.

Також для переробки біомаси був розроблений обертовий біогазовий реактор (рис. 2).

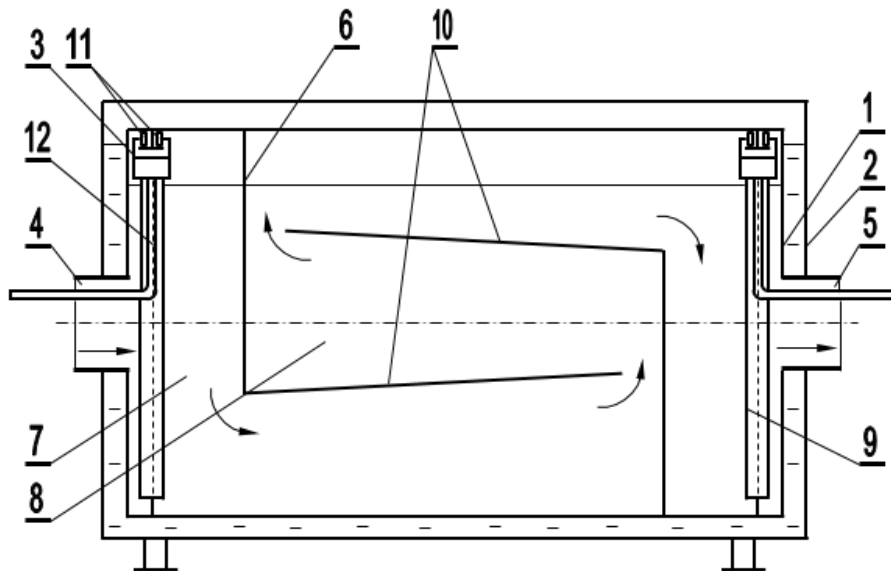


Рис. 2. Біогазовий реактор: 1 – циліндричний горизонтальний корпус; 2 – водяний басейн; 3 – газовідбірник, 4 – горловина для завантаження, 5 – горловина для вивантаження; 6 – поперечна перегородка; 7 – камера попереднього зброджування; 8 – камера основного зброджування; 9 – камера заключного зброджування; 10 – повздовжні перегородки; 11 – підшипники; 12 – патрубок для відводу біогазу.

Він працює наступним чином: підготовлена до зброджування біомаса від 92 до 94% вологості та відповідною температурою подається через горловину для завантаження 4 у циліндричний горизонтальний корпус 1, закріплений у теплоізольованому водяному басейні 2, де під дією анаеробних мікроорганізмів без доступу повітря проходить його біохімічне перетворення з виділенням біогазу. Через задані проміжки часу частина зброженої маси з камери залишкового 9 зброджування видаляється з метантенка через горловину для вивантаження 5. Після цього в метантенк через горловину для завантаження 4 органічна маса подається у камеру попереднього 7 зброджування та одночасно з цієї камери, внаслідок підвищення гідравлічного рівня, в камеру основного 8 зброджування. В період проходження анаеробного зброджування циліндричний горизонтальний корпус 1, за допомогою зовнішнього тросового приводу (не показаний), обертається навколо своєї геометричної осі на торцевих, встановлених на осі консольних трубах, що одночасно являються горловинами для завантаження 4 та вивантаження 5 органічної маси, для недопущення її розшарування на фракції внаслідок дії гравітаційної сили. Біогаз, що виділяється під час зброджування, видаляється окремо з камери попереднього 7 зброджування та камер основного 8 та залишкового 9 зброджування. Біогаз з

циліндричного горизонтального корпусу 1 видаляється через газовідбірники 3, які за допомогою підшипників 11, направляючих та поплавкових камер утримуються стабільно у верхній частині циліндричного горизонтального корпусу 1, а з камер відводу біогазу біогаз видаляється з метантенка через патрубки для відводу біогазу 12. Із камери попереднього 7 зброджування біогаз направляється на спалювання, а з камер основного 8 та заключного 9 зброджування накопичується в газгольдері (не показаний) та використовується як пальне для двигуна внутрішнього згорання.

Перевага такого реактора полягає в тому, що газовідбірники для відводу біогазу виконані у вигляді двох закріплених на роликах поплавкових камер, між якими встановлені камери відводу біогазу дозволяє газовідбірники утримувати у верхній частині циліндричного горизонтального корпусу, що знижує можливість занурення газозбірника у біомасу, гасить хвилеподібний рух біомаси та унеможливорює забивання патрубка відводу біогазу, що забезпечує постійний газовідвод не створюючи додаткового тиску в метантенку.

Недоліком біогазового реактора з обертовою мішалкою (рис.1) є те, що привідна зірочка та кільцевий ланцюг знаходяться в середині горизонтального циліндричного корпусу, а оскільки середовище в реакторі агресивне і біомаса неоднорідна, то це призводить до забиття ланцюга і спонукає до скорочення терміну експлуатації цього механізму. До недоліків обертового біогазового реактора слід віднести складність виконувати повне вивантаження біомаси в разі необхідності, а це упродовж обслуговування, ремонтування та повної зупинки реактора.

УДК 37.041:377.35:861.3

## **РОЗВИВАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ СТУДЕНТІВ У ФОРМУВАННІ ЇХ ГОТОВНОСТІ ДО МАЙБУТНЬОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В ГАЛУЗІ АГРОІНЖЕНЕРІЇ**

***Бондар М. М.<sup>1</sup>, Плавинська О. В.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

<sup>2</sup>*Сумський національний аграрний університет*

У вищій аграрній освіті на перший план висувається актуальне завдання – створення умов, які забезпечують ефективний професійний саморозвиток творчого потенціалу особистості студента. Досягти високого рівня розвитку і підготовки майбутніх професіоналів можливо через нові, переосмислені підходи до змісту та організації процесу контролю навчальних досягнень студентів. У дослідженні обґрунтовуються тези стосовно того, що головним завданням всіх видів контролю навчальних досягнень студентів є перевірка виконання кінцевої мети професійного навчання – сформованості

багатокомпонентної структури технічного мислення та інженерних і навчально-пізнавальних умінь, тобто перевірки того, чи досягло технічне мислення, структуру якого ми формували, рівня готовності до майбутньої інженерної діяльності за обраним фахом.

Передумовою прояву елементів творчості в навчальному процесі під час вивчення загальноінженерних дисциплін є обов'язкова наявність певних базових знань, способів дій, які сформовані в результаті репродуктивного способу організації навчально-пізнавальної діяльності майбутніх фахівців агроінженерної галузі сільськогосподарського виробництва. З метою контролю сформованості базових знань ми широко використовували тестовий контроль (під час перевірки готовності студентів до виконання лабораторних робіт, практичних занять, розрахунково-графічних робіт, для виставлення проміжної атестації тощо). Тестування є однією з найбільш технологічних форм проведення автоматизованого контролю з параметрами якості, якими можна управляти. У цьому аспекті жодна з відомих форм контролю знань студентів порівнятись не може.

Висновок. Реалізація розвивальної функції контролю навчальних досягнень здійснюється за рахунок залучення студентів у пошукову продуктивну діяльність, що спрямована на вирішення реальних інженерних проблем і проблемних ситуацій. Стандартизований тестовий контроль, в основі якого лежить застосування сучасних комп'ютерних технологій, є важливим компонентом сучасного інноваційного навчання, що сприяє розвитку творчого технічного мислення і формує інженерні уміння майбутнього фахівця-аграрника. Це дає змогу підвищити частоту контролю та його всеосяжність, диференціювати та індивідуалізувати контроль за навчально-пізнавальною діяльністю студентів, що позитивно позначається на формуванні їхньої потребо-мотиваційної сфери та професійно-пізнавальних інтересів. Встановлено необхідність систематичного контролю і самоконтролю за просуванням студентів у творчій пізнавальній діяльності, при цьому основним критерієм оцінювання є суб'єктивна новизна рішень ними інженерних проблем і задач.

#### Список літератури

1. Бондар М. М., Журавська Л. М., Остапенко Е. О. та ін. Трансформація самостійної навчальної діяльності у готовність до професійного саморозвитку засобами технологій особистісно орієнтованого навчання : монографія. Ніжин : АСПЕКТ – Поліграф, 2016. 752 с.: іл.

2. Бондар М. М. Розвивальне навчання майбутніх аграрників засобами загальноінженерних дисциплін. Ніжин : ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф». 2007. 240 с.: іл.

3. Остапенко Е. О. До питання про визначення важливості саморозвитку професійно значущих якостей студентів фінансово-економічного профілю. Тренінгові технології як засіб формування знаньсвих і практичних компетенцій: досвід факультетів і кафедр : зб. матеріалів наук.-метод. конф. (Київ, 3-4 лют. 2009 р.). Київ. КНЕУ, 2009. Т. 2. С. 603-605.

## SYNTHESIS CONTROL OF TWO LINKED ROBOT

*Romasevych Y. O., Pundyk K. R.**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

During operation of cranes there are pendulum oscillations of cargo which cause uneven movement of load-lifting mechanisms, cargo carts, additional load on power elements, create inconvenience during their operation, and also increase the risk of emergencies. Therefore, the urgent task is to eliminate the oscillations of the load with simultaneous lifting or lowering of the load (this is how in practice reloading works experienced cranes). This will shorten the duration of the reloading cycle and will ultimately increase the efficiency of the existing crane equipment. The relevance of research in this area is also indicated by the large number of papers devoted to solving this problem.

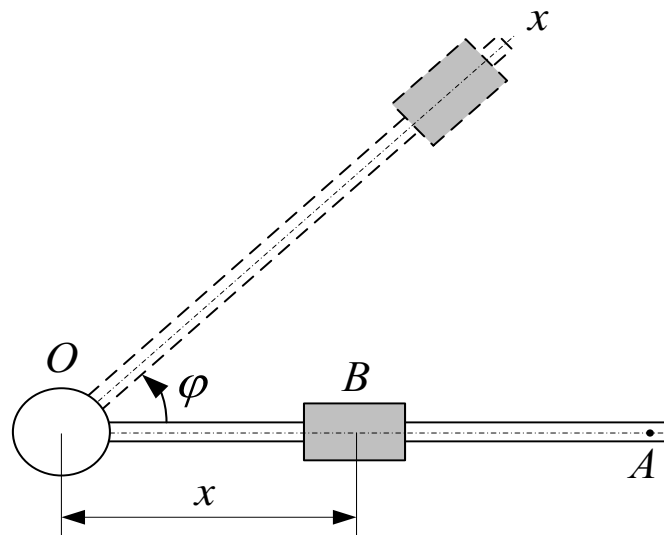


Fig. 1. Block diagram.

Consider a mechanical system on fig.1, which consists of two bodies **A** and **B**. Body **A** can rotate about the vertical axis **O**, and cargo **B** of mass **m** can move along a horizontal guide **Ox**, which is rigidly connected to body **A** and passes through the axis **O**. In the coordinate system, which is connected to point **A**, body **B** moves in a continuous manner. Therefore, the moment of inertia of the whole system with respect to the **O** axis is:

$$I = J_0 + mx^2, \quad (1)$$

Where is the distance from point **O** to the center of inertia of body **B** (generalized coordinate of body motion **B**);  $J_0$  is the total moment of inertia of bodies **A** and **B** relative to the axis **O** at  $x = 0$ . It is controlled by two motors, one of which creates a torque that drives the system and the other moves the body **B** along the guide **Ox**. The

equations that describe the motion of a given mechanical system are represented as nonlinear differential equations:

$$\begin{cases} M - M_{st} = \frac{d}{dt} [(J_0 + mx^2)\dot{\phi}]; \\ F - F_{st} = m\ddot{x} - m\dot{\phi}^2 x, \end{cases} \quad (2)$$

Where is  $M$  the moment that drives body **A** together with body **B**;  $M_{st}$  - the moment of static resistance to the angular movement of bodies **A** and **B** relative to the axis **O**;  $\phi$  - angular coordinate of rotation of body **A**;  $F$  - the driving force of the actuator acting on the body **B** is brought to the translational motion;  $F_{st}$  - the force of static resistance to body movement **B**;  $m$  - body weight **B**. A dot above a symbol indicates, as always, time differentiation.

System (2) is a model of the rotary movement of the boom crane, with body **A** playing the role of the boom along which the load **B**. The load fluctuations relative to the vertical are not taken into account here (they are either small or the load is fixed on a rigid suspension). Equation (2) can also be used to describe other mechanical systems with similar kinematics, such as robot manipulators.

How synthesize control a two-link robot:

- Optimize by single criteria;
- Complex optimization;
- Optimize of motion of mechanical systems by low order criteria;
- Complex optimization of modes of motion of mechanical systems using weights;
- Optimize of the crane cart movement according to kinematic criteria.

УДК 531.32

## OPTIMIZATION OF COMPOUND MOTION OF THE ROBOT-MANIPULATOR

*Romasevych Y. O., Pundyk M. R.*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

It is known that during the operation of cranes there are pendulum oscillations, which create additional loads on the power elements, and also increase the risk of emergency situations.

Therefore, the urgent task is to eliminate fluctuations in the system of the mechanism of rotation of the crane and the simultaneous movement of the load, which, in turn, optimizes the mode of movement. This will increase productivity, reduce the load on the drive elements of the crane and increase the convenience and safety of operation. The first way to find the solution is controlled positions and velocities digitally. Each motion or degree of freedom (D.O.F.) of the manipulator is positioned using a separate position control system. All the motions are coordinated by a

supervisory computer to achieve the desired speed and positioning of the end effect. The computer also provides an interface between the robot and the operator that allows programming the lower-level controllers and directing their actions. The control algorithms are downloaded from the supervisory computer to the control computers, which are typically specialized microprocessors known as digital signal processing (DSP) chips. The DSP chips execute the control algorithms and provide closed-loop control for the manipulator. A simple block diagram of its digital control in robotic manipulator is shown in Figure 1.

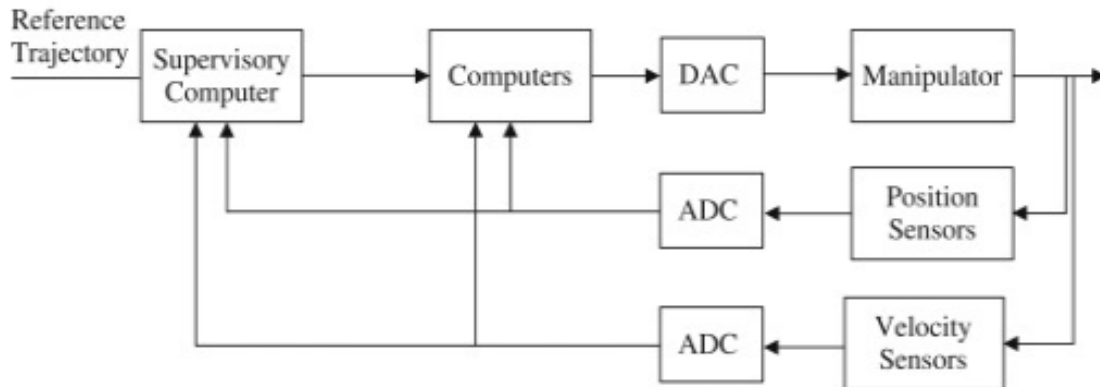


Fig. 1. Block diagram.

The second way is to stabilize manipulator trajectory control using neural networks. The offline learning algorithm guarantees that the neural network will finally accurately approximate the modified manipulator dynamics within the training data sets. The control structures and online learning algorithms guarantee that the closed-loop system will be asymptotically stable and the tracking errors will asymptotically approach zero. There is one disadvantage: it is difficult to ascertain the neural network approximation accuracy, which is used to design the neural controller. This difficulty is overcome in simulation by trial and error. However, simulations also show that the results are not sensitive to approximation accuracy, although this is not theoretically proved.

УДК 621:664: 669.01(075)

## СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ І МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

*Афтандіяни Є. Г.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

За період існування кафедри керували 11 завідувачів (П. В. Кучугуренко, Г. О. Дугель, С. С. Григор'єв, Н. Д. Крупник, П. Г. Березін, М. П. Браун,

Г. І. Залецький, Б. І. Костецький, А. С. Опальчук, К. Г. Лопатько, Є. Г. Афтандіянц). Видатними співробітниками кафедри слід відзначити Лауреата Державної премії Радянського Союзу доцента С. С. Григор'єв – за розробку високоміцного чавуну та заслужених діячів науки і техніки України М. П. Брауна (галузь науки – металознавство), Б. І. Костецького (галузь науки – трибологія) та А. С. Опальчука (галузь науки – матеріалознавство). На кафедрі існували наступні наукові школи:

1. «Тертя та зношування в машинах». Рік заснування – 1950 р. Засновник - Б. І. Костецький. Підготовлено 160 кандидатів і 12 докторів наук.

2. «Металознавство та термічна обробка металів». Рік заснування – 1955 р. Засновник - М. П. Браун. Підготовлено 30 кандидатів і 5 докторів наук.

На кафедрі у 2019 р працюють 17 працівників у тому числі 7 науково-педагогічних працівників, 1 завідувач лабораторії, 6 учбових майстрів, 1 старший лаборант, 2 лаборанта. Науковий ступень доктора технічних наук мають 2 співробітника, кандидата технічних наук – 2 співробітника, доктора філософії – 1, без ступеню – 2 співробітника. Вчене звання професора мають 1 співробітник, доцента – 3. По посадах: завідувач кафедри – 1, професор – 1, доценти – 3, старший викладач – 1, асистент – 1. Штатних працівників – 6. Сумісник – 1.

На кафедрі викладаються 9 дисциплін для «Бакалаврів» на 4 факультетах за 6 напрямками. Англійською мовою викладаються дисципліни «Матеріалознавство», «Технологія машинобудування», «Технологія конструкційних матеріалів» і «Будівельне матеріалознавство та зварювання в будівництві».

Наукова робота зі студентами побудована на високому рівні. На Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт, за напрямом «Металургія», студенти 2 курсу факультету конструювання та дизайну Зарівний О. Ю. у 2017 році та Поночовний А. С. у 2019 р отримали 2 місце, а студент Сукайло А. В. у 2018 році – 3 місце.

Профорієнтаційна робота співробітниками кафедри проводиться серед учнів 10 шкіл та ліцеїв, 3 гімназій та центру професійно-технічної освіти Національної академії педагогічних наук України. (м. Шепетівка, с. Ягнятин, м. Коростень, м. Зіньків, м. Фастів, м. Монастирище, смт. Іванків, смт. Немішаєве). Всього охоплено 310 учнів з Хмельницької, Житомирської, Полтавської, Київської та Черкаської областях. На підготовчі курси направлені у 2018 р – 3 учня; 2019 р – 2 учня.

Наукова діяльність кафедри відбувається за наступними напрямками:

1. Технології отримання та застосування наноматеріалів (д.т.н. Лопатько К. Г.)

2. Перспективні металеві матеріали та технології їх отримання (д.т.н. Афтандіянц Є. Г., к.т.н. Зазимко О. В., ст. викл. Похиленко Г. М., ас. Поліщук А. В.)

3. Механічна обробка металевих матеріалів (к.т.н. О. Є. Семеновський)

Кафедра співпрацює з наступними зарубіжними і вітчизняними університетами та науковими установами:



*Зарубіжні університети:* Університет ім. Поля Сабатьє Laboratoire Plasma et Conversion d'Energie, de Toulouse, France.

*Зарубіжні наукові установи:* Інститут фізики АН Беларусь, Інститут дослідження металів Академії наук Китаю (Shenyang, China).

*Вітчизняні університети:* Київський національний ім. Тараса Шевченка; Національний «Київський політехнічний інститут».

*Наукові установи Національної академії наук України:* Фізико-технологічний інститут металів і сплавів; Інститут проблем матеріалознавства ім. І. Францевича.

За час існування кафедри надруковано більше 40 монографій, підручників і посібників, більш 400 патентів і більш 2000 наукових статей (у т. ч. 95 у базі “Scopus” та 94 у базі “Web of Science”). Кількість цитувань у базі “Scopus” – 678, у базі “Web of Science” – 636.

На кафедрі пройшли підготовку 102 аспіранта та здобувача та підготовлено 7 докторів і 76 кандидатів технічних наук.

Перспективи розвитку кафедри пов'язані з розвиток співробітництва з вітчизняними та закордонними установами (у т. ч. з Гуандунським союзом по научно-технічному сотрудничеству Китаю), сертифікацією електронних курсів всіх дисциплін, що викладаються на кафедрі та придбання скануючого мікроскопу для вивчення будови матеріалів.

УДК 631.3

## **ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ**

***Новицький А. В., Хмельовська С. З., Радько І. О.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Корпусні деталі – це деталі які є основною оболонкою механізмів, приладів, різноманітних агрегатів. Основне призначення корпусів – це утримання деталей і складальних одиниць в заданому взаємному розташуванні агрегатів [1]. Корпусні деталі бувають простої або складної форми, це залежить від кількості отворів на корпусі та співвісності отворів під підшипники та осі шестерень. Основний матеріал який використовують для виробництва корпусів деталей є, переважно, сірий чавун та ковкий чавун, а також алюмінієві сплави.

Корпусні деталі тракторів, автомобілів, комбайнів і сільськогосподарських машин являють собою деталі коробчастої форми з привальними площинами під кришки. Точність форми корпусних деталей характеризується в основному відхиленнями від циліндричності отворів і відхиленням від площинності площин.

Корпуси являють собою сукупність оброблених вільних поверхонь. Всі оброблені поверхні в корпусних деталях за формою поділяються на три основні групи: плоскі, внутрішні циліндричні гладкі і внутрішні різьбові поверхні.

Перша група, або ж плоскі поверхні призначені для приєднання агрегату до інших вузлів або ж агрегатів.

Друга група поверхонь найбільш чисельна і різноманітна – це посадочні отвори під підшипники і стакани підшипників, посадочні отвори під вісі шестерень, установчі отвори тощо.

Робота відремонтованих агрегатів значною мірою визначається точністю корпусних деталей – нових або ж відновлених. Зміна номінальних розмірів отворів чавунних корпусних деталей є результатом комплексної дії деформації і зносу, причому переважаючий вплив зносу або деформації залежить від конкретних умов. В результаті зносу посадочних отворів порушується паралельність валів, наслідком чого є прискорений знос шестерень, а іноді поломки інших деталей і навіть корпусу. Відносно неправильної механічної обробки корпусів встановлено, що через відсутність в корпусах установчих базових отворів, або через відсутність на заводах відповідного технічного оснащення виконується неправильне базування на верстатах. В результаті вказаного недоліку порушується правильне розташування робочих поверхонь корпусних деталей, а це призводить до зменшення ресурсу.

Список літератури

1. Новицький А. В., Карабиньох С. С., Ружило З. В. Організація сервісного виробництва. Київ. НУБіПУ, 2017. 221 с.

УДК 631.2.148

## **ЛАЗЕРНИЙ ДОПЛЕРІВСЬКИЙ АНЕМОМЕТР – ДЛЯ ДЕФЕКТУВАННЯ ФІЛЬТРІВ ПАЛИВА**

***Троц А. А., Засулько А. А., Хмельовська С. З.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Розвиток науково-технічного прогресу вказує на те, що оптична діагностика двофазних середовищ, бурхливо розвивається, використовує лазерні доплерівські анемометри з диференціальною схемою (ЛДА) і лазерні решітчасті анемометри (ЛРА). Різниця між ними полягає в тому, що просторова решітка – модулятор в першому приладі формується за рахунок інтерференції двох когерентних пучків лазера в потоці, а в другому – або проектується в потік оптичною системою, або створюється на фотоприймачі розсіяного світла. Звідси випливає, що ЛРА не вимагає когерентного джерела світла і тому відповідний прилад більш простий по оптичній схемі. Для одно- і двофазних середовищ при вимірюванні швидкості несучої фази необхідно вводити потік

світлорозсіювальних часток. З цією метою створюються спеціальні генератори. Розроблена система для визначення сторонніх включень у потоці рідини і представлена 3D модель розробки, за основу було взято існуючу систему BV520 для подальшого покращення приладу. Представлена система виявляє рідинообіг з середньою швидкістю і визначає стан потоку палива при частоті 7,5 МГц. Вона також виявляє швидкість потоку у трубопроводах. Робоча температура становить 10 - 40 °С, екран дисплея має світлодіод з роздільною здатністю 20bit, доплерівська частота від 100 до 7000 Гц. Вихідні характеристики 9 В і 1000 мА, акумулятор продукту – 7,4 В / 900 мАгод. (літєвий акумулятор). За допомогою системи можна визначити середню швидкість потоку, виявити стан фільтра палива, її можна використовувати для діагностики фільтрів палива, допомагає фахівцю перевірити стан фільтру та прогнозувати результат діагностики.

З метою оптимізації конструкції запропоновано додання нової насадки на якій через одну розташовані акустичні та оптичні давачі, які закріплені на конусоподібній манжеті, і працюють послідовно по-черзі, що дозволяє отримувати інформацію з різних точок одного потоку та завдяки багатоканальності отримувати вибірку декількох давачів. Це також дозволяє найбільш точно визначати об'ємну швидкість потоку палива, завдяки використанню лазерних давачів отримувати більш повне представлення про розмір стороннього включення забруднень.

Проаналізовані лазерні системи з волоконними світловодами успішно вирішують задачу вимірювання швидкостей в оптичних непрозорих середовищах типу палива. Ефект вимірювання швидкості в оптично непрозорому потоці досягається шляхом приміщення світловода (або пучка світловодів) в задану малу локальну область потоку. При цьому інформація про швидкість руху частинок береться з простору в безпосередній близькості від торця світловода. З огляду на досить високу ступінь когерентності лазерного пучка, що пройшов волоконний світловод, можна припустити, що всі основні схеми ЛДВШ можуть бути реалізовані з волоконними світловодами.

УДК 624.133

## **ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КОРЧУВАЧА ПНІВ ІЗ ТРУБЧАСТОЮ ФРЕЗОЮ**

***Рибалко В. М., Бада Ю. В.***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Метою розчищення площ від пнів є: створення розривів у лісових масивах, утворення трас осушувальні канали, ліній електропередач, нафто- та газопроводів, лісових доріг загального призначення та інш. Для цього застосовують ряд способів видалення пнів, а саме: вичісування, вертикальне

видалення, видалення викручуванням, вирізання пнів. Усі способи потребують удосконалення у плані екологічної безпеки та енергозберігаючих технологій машин і обладнання, які забезпечують проведення цих процесів.

Для видалення пнів і виконання посадкових ям в умовах лісу і лісопарків застосовують ямокопачі-корчувачі ЯКП-04, ЯКП-06, ЯКП-08. До комплексу робочих органів цих агрегатів входять: трубчасті фрези, відповідно із діаметрами –  $d_f=400$  мм; 600 мм та 800 мм, конічні фрези, шнекові бури. Трубчасті фрези призначені для вирізання пнів із ґрунту, конічні фрези – для подрібнення пнів, шнекові бури – для викопування посадкових ям.

Основою конструкції ямокопача-корчувача ЯКП-04-06-08 є рама, що має вигляд поворотної стріли, один кінець якої закріплений на осі механізму навіски трактора, а на другому встановлений редуктор із приєднаним до нього робочим органом. При роботі рама піднімається-опускається гідроциліндром навіски трактора, забезпечуючи робочий хід фрези.

Фреза має форму порожнистого циліндра, на зовнішній торцевій поверхні якого встановлені різні, а у верхній внутрішній частині його розміщено фіксатори пня.

У процесі роботи фрезу опускають на пень, вмикають привод і фрезу, що має обертальний рух занурюють у ґрунт за допомогою гідроциліндра.

При цьому, різні фрези перерізають корені пня, а фіксатори блокують пень у внутрішній частині фрези і забезпечують обертання його навколо вертикальної осі фрези, що забезпечує руйнування центрального кореня пня.

Існуюча конструкція ямокопача-корчувача має ряд недоліків, які суттєво впливають на якість роботи та продуктивність процесу корчування пнів. У більшості випадків, при підніманні фрези у верхнє положення вирізаний пень залишається у ямі, бо фіксатори неможуть утримати його у середині фрези: вага пня перевищує сили тертя між фіксаторами і поверхнею пня. Для виймання пнів потрібно застосовувати додаткові вантажопідйомні механізми (крани).

Другий недолік, це порушення геометричної форми фрези (овал замість кола) – результат недосконалої конструкції та технології виготовлення робочого органу. Таку фрезу важко встановити на пень номінального розміру, тому спочатку зрізається частина пня а потім відбувається різання коренів. Це веде до зайвих витрат енергії агрегату.

Для підвищення якості процесу корчування пнів дерев та збільшення продуктивності в агрегаті, що забезпечують цей процес пропонується декілька варіантів виправлення існуючих недоліків трубчастої фрези.

Для утримання вирізаного пня у середині фрези і виймання його із ями, запропонована нова конструкція фіксатора, який знаходиться у верхній внутрішній частині порожнистої фрези. Фіксатор виконаний у вигляді конусного гвинта із різальними пластинами та кінематично пов'язаний із штоком гідроциліндра, який забезпечує виштовхування вирізаного пня. Після того, коли процес різання бічних коренів завершено, а фреза заглиблена у ґрунт, фіксатор, обертаючись разом із фрезою занурюється у тіло пня. За рахунок конусної форми та різі на її поверхні він створює у тілі пня напруження стиску і розтягу. За рахунок сил тертя між витками і поверхнею деревини створюється

крутний момент, який примушує пень обертатися навколо його вертикальної осі. Це забезпечує руйнування центрального кореня пня. Виймання пня із ями здійснюють за допомогою переміщення рами агрегату у вертикальне положення. Для виймання фіксатора із пня оператор, за допомогою гідроциліндра виштовхує пень разом із фіксатором за межі фрези і встановлює його у спеціальний корпус із ножами. У результаті обертального руху фрези разом із пнем та вертикальної подачі відбувається процес різання нижньої частини пня. Коли попередній переріз пня досягає свого критичного значення, під дією напружень розтягу і стиску, створених фіксатором, пень руйнується на декілька частин і звільняє фіксатор.

Порушення геометрії фрези, це результат поєднання прямолінійної поверхні різця із поверхнею циліндра фрези дугоподібної форми. Оскільки жорсткість основи різця значно вище жорсткості циліндра фрези, відбувається локальна деформація кола. При встановленні 6-8 різців, які розміщені по всьому периметру кола, отримаємо його сумарну деформацію. Для виправлення цього недоліку запропоновано встановити різці спочатку у спеціальний корпус, який має тільки прямолінійні ділянки робочої поверхні (зовнішні і внутрішні), що забезпечує відсутність будь-яких деформацій при встановленні у нього різця. На поверхню циліндра цей корпус встановлюється у відповідні отвори на поверхні циліндра із зазорами, які потім закривають зварними швами. При цьому значно спрощується кріплення різця до корпусу.

Висновок. Запропоновані конструкційні рішення значно покращують техніко-економічні показники існуючих агрегатів для корчування пнів дерев, та створюють передумови для розробки нових, сучасних машин для розчистки лісопаркових ділянок.

УДК 658.6

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОФЕСІЙНИМИ ТРУДОВИМИ РЕСУРСАМИ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ЯКОСТІ МЕНЕДЖМЕНТУ УПРАВЛІННЯ АВТОПІДПРИЄМСТВОМ**

*Бондарєв С. І.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Різноманітність систем менеджменту і застосування при їх створенні міжнародних і національних стандартів безперервно зростає і охоплює все нові і нові сфери людської діяльності. Тому в усьому світі багато організацій прагнуть до створення інтегрованих систем менеджменту для підвищення результативності та ефективності своєї роботи.

Одним з основних аспектів стратегічного розвитку професійних трудових ресурсів спрямована на створення умов для навчання, розвитку та вдосконалення

професійних навичок з метою підвищення рівня організаційної, командної та індивідуальної ефективності. Отже, основоположними напрямками забезпечення якості в ISO-9000-2000 та ISO-10015-2001 є:

1. Орієнтація організацій на споживачів. Організація роботи залежить від споживачів (замовників транспортних послуг) і тому повинні розуміти поточні та майбутні потреби споживачів, задовольняти їхні вимоги і прагнути перевершувати очікування споживачів.

2. Лідерство. Лідери (керівники) встановлюють єдність мети, напрямки і внутрішнього середовища організації. Вони створюють середовище, в якому робітники можуть бути повністю залучені до досягнення мети організації.

3. Залучення персоналу. Повне залучення персоналу дає можливість застосовувати його здатності для користі організації.

4. Системний підхід до менеджменту. Ідентифікація, розуміння і менеджмент системи взаємопов'язаних процесів для заданої мети дають позитивний внесок в дієвість і ефективність організації.

5. Процесний підхід. Бажаний результат досягається ефективніше, коли управління і пов'язані з ним ресурси й дії розглядаються як процес.

6. Безперервне покращення. Вдосконалення вмінь персоналу, як постійна мета організації.

7. Фактичний підхід до прийняття рішень. Ефективні рішення базуються на логічному та інтуїтивному аналізі інформації.

8. Взаємовигідні відносини з постачальниками. Подібність відносин між організацією і її постачальниками збільшують можливості обох організацій отримувати більші прибутки.

Діяльність з розвитку трудових ресурсів включає в себе традиційні програми навчання, але особлива увага приділяється розвитку інтелектуального капіталу і стратегії навчання. Тому, головна мета - це створення потенціалу для самоосвіти, в рамках якої відбувається систематичне управління знанням, що припускає індивідуальне та організаційне навчання, управління знаннями, розвиток інтелектуального капіталу, керівних кадрів та стратегічної спроможності компанії. Індивідуальне навчання в організації визначається її вимогами до трудових ресурсів в області надбання умінь, навичок і типів поведінки, необхідних для досягнення поставлених цілей. Стратегія організаційного навчання, спрямована на розвиток ресурсів і здібностей організації, пов'язаних з її персоналом, ґрунтується на необхідності інвестування в людей для досягнення конкурентної переваги організації. Організаційне навчання безпосередньо пов'язане з концепцією самонавчальної організації, яка сприяє навчанню всіх своїх членів і постійно трансформує себе.

У самонавчанні важливу роль відіграють такі позиції:

а) систематичний процес вирішення проблем, що ґрунтується на ідеях і методах управління якістю (TQM) і включає в себе: ретельний аналіз (наукове обґрунтування) і діагностику робочих проблем; перевагу фактичних даних припущенням як основи для прийняття рішень; використання простих і наочних інструментів для структурування даних і формулювання висновків;

б) експериментальна діяльність, що передбачає систематичне дослідження діяльності організації на основі набутих нових знань, а також створення і реалізацію програм безперервного організаційного вдосконалення;

в) навчання на основі минулого досвіду, тобто перегляд організацією своїх успіхів і невдач, систематична їх оцінка та фіксування результатів навчання доступним для співробітників способом;

г) навчання за рахунок інших - «бенчмаркінг» - процес виявлення компаній з «найкращою практикою» для подальшого аналізу можливості і доцільності копіювання їх дій з деякими модифікаціями з урахуванням специфіки власної організації;

д) швидке і ефективне поширення знань всієї організації за допомогою підтримки людей, що володіють новими експертними знаннями або реалізацією навчальних програм;

е) фокусування на груповому рішенні проблем як основі організаційного удосконалення за допомогою використання командної роботи, навчання команд і методу «гнучких систем», при якому розглядаються всі можливі причини виникнення проблем, щоб провести чіткішу грань між тими проблемами, які можна вирішити, і тими, які не можна вирішити в принципі.

Управління знаннями запроваджено на ставленні до нього як до ключового організаційного ресурсу і здійснюється відповідно до Стандарту організації професійної підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації персоналу.

Інтелектуальний капітал організації складається з нематеріальних активів, можуть відноситись до споживачів (лояльність, бренди тощо), до даної організації (накопичені знання, комерційні секрети, системи та методики) і до індивідуальних виконавців (ноу-хау, здібності, особливі вміння та навички).

Остання складова співвідноситься з людським капіталом організації, на який, власне, і спрямовані стратегії з розвитку інтелектуального капіталу.

Баланс активів і пасивів розвитку людського капіталу представлений в таблиці.

Таблиця

## Активи і пасиви розвитку людського капіталу організації

Активи	Пасиви
Безперервне навчання	Епізодичні програми навчання
Сучасні знання і навички	Застарілий досвід
Наступність робочих команд	нестабільність
Загальна доступне знання	Локалізоване знання
Обговорення допущених помилок і навчання на помилках	Практика звинувачення інших у допущених помилках
Широке співробітництво	Ізольованість
Низький рівень втрати перспективних співробітників	Висока плинність кадрів
Відкритість і орієнтованість на споживача	зклопотаність внутрішніми проблемами
Гнучка організація	Жорстка ієрархія

Розвиток інтелектуального капіталу орієнтований на максимізацію активів і мінімізацію пасивів.

Розвиток керівних кадрів орієнтовано:

- на надання менеджерам організації інформації про те, чого від них очікують в їх роботі і забезпечення процесу узгодження стандартів, по яким оцінюється робота менеджерів;
- визначення областей невідповідності поточної компетентності менеджерів очікуваному від них рівню показників виконання роботи;
- виявлення менеджерів, що володіють потенціалом для розвитку і стимулювання їх до складання і виконання планів особистого розвитку;
- створення умов для забезпечення необхідного особистого розвитку менеджерів, щоб підготувати їх до виконання більш складних організаційних задач;
- формування умов для збереження правонаступності керівників і створення системи, яка регулює і контролює цей процес.

Таким чином, призначення стратегій розвитку трудових людських ресурсів полягає в тому, щоб всі співробітники організації мали необхідні знаннями, вміннями, навички і компетентність для виконання поточних і перспективних цілей, поставлених організацією.



---

## ЗМІСТ

Стор.

1. Концепція аналізу вібрації синхронних різьбових з'єднань сільськогосподарської техніки Михайлович Я. М., Рубець А. М. ....	3
2. Концепція використання космічних систем в агровиробництві Скидан О. В., Голуб Г. А., Кухарець С. М., Ярош Я. Д. ....	7
3. Наукова школа "Агроінженерія виробництва органічної продукції та енергетичної автономності агроєкосистем" Голуб Г. А., Кухарець С. М. ....	17
4. Зовнішні ознаки погіршення показників екологічної безпечності дизельних двигунів Бешун О. А., Докуніхін В. З. ....	19
5. Технології, які дозволяють виконати вимоги діючих міжнародних екологічних стандартів в дизельних двигунах позашляхових машин Бешун О. А. ....	21
6. Маховикові накопичувачі енергії автомобілів Докуніхін В. З.1, Бешун О. А. ....	24
7. Вплив тиску в камері пневматичного колеса на буксування Голуб Г. А., Чуба В. В. ....	25
8. До визначення радіусу кочення пневматичних коліс Чуба В. В., Меланченко Я. О. ....	26
9. Новий спосіб підвищення втомної довговічності сучасних матеріалів за рахунок імпульсного введення енергії Чаусов М. Г., Пилипенко А. П. ....	27
10. До питання підвищення продуктивності штангового обприскувача Бабій А. В. ....	30
11. Умови забезпечення оптимального завантаження молотильних систем зернозбиральних комбайнів Смолінський С. В., Шуба Р. С. ....	32

12.Підвищення ефективності застосування картоплезбиральних машин Смолінський С. В., Олійник В. В. ....	34
13.Перспективна конструкція картоплесортувальної машини Смолінський С. В., Степаненко О. В. ....	36
14.Удосконалення конструктивної схеми картоплесаджалки Смолінський С. В., Муренець Д. І. ....	37
15.Підвищення ефективності качановідривних пристроїв кукурудзяних жаток Смолінський С. В., Риженко М. М. ....	38
16.Дослідження процесу роботи протруювача насіння сільськогосподарських культур з врахуванням вібраційних процесів бункера Вечера О. М. ....	39
17.Особливості харківської енергоощадної технології виращування і збирання маточних буряків на базі інтегрального трактора ХТЗ-121 Волоха М. П., Балан В. М. ....	41
18.Динамічна модель ударної взаємодії коренеплодів з прутками скребкових полотен транспортерів Гевко Р. Б., Баліцький І. Б. ....	42
19.Сучасні зерноочисні машини Доценко М. І., Мартишко В. М. ....	44
20.Дослідження травмування насіння в процесі обмолоту Кухарчук П. В., Мартишко В. М. ....	46
21.Експериментальне дослідження процесу переміщення сипких матеріалів пневмо-шнековим транспортером Троханяк О. М. ....	48
22.Вплив галузових особливостей на обліково-аналітичне забезпечення управління економічним потенціалом сільськогосподарських підприємств Дзюба Т. І. ....	50

23.Основний капітал, як основа розвитку сільського господарства Захарчук О. В. ....	53
24.Модель інноваційної стратегії розвитку автотранспортної сфери Загурський О. М. ....	57
25.Попереднє охолодження з подальшим заморожуванням ягід - необхідна складова у процесі зберігання Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Кюрчева Л. М. ....	59
26.Біотехнологія анаеробного метанового зброджування Скляр О. Г., Скляр Р. В. ....	61
27.Технологія виробництва продукції дубового шовкопряду Черниш О. А. ....	63
28.Апроксимація експоненціальними залежностями рівня розкладу органічної біомаси під час анаеробного зброджування Голуб Г. А., Завадська О. А. ....	65
29.Напрямки мінімізації матеріаломісткості шарнірно-з'єднаних секцій робочих органів гвинтових конвеєрів Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Дунець Б. О. ....	69
30.Застосування еластичних щіткоподібних поверхонь для зниження пошкодження сипких матеріалів при їх транспортуванні гвинтовими робочими органами Олексюк В. П., Довбуш А. Д., Станько А. І. ....	71
31.Наслідки неправильної переддоїльної стимуляції вимені корів Болтянська Н. І. ....	73
32.Аналіз переваг та недоліків штемпельних пресів Болтянська Н. І., Комар А. С. ....	75
33.Оцінка експлуатаційних властивостей діючої гуми за величиною змикання стінок надлишковим тиском Заболотько О. О., Дорогань С. В., Болтянська Н. І. ....	77
34.Обґрунтування часу на зменшення об'єму кормових компонентів при завантаженні в бункер Хмельовський В. С., Пилипенко А. П. ....	80

35.Застосування нормального розподілу при дослідженні надійності прес-гранулятора Болтянська Н. І. ....	85
36.Методи керування надійністю посівних машин Попик П. С. ....	86
37.Ремонт ґрунторіжучих робочих органів Сиволапов В. А., Кулик В. А. ....	88
38.Застосування логарифмічно нормального розподілу при дослідженні надійності прес-гранулятора Болтянська Н. І. ....	91
39.Кількісні показники економічного аналізу надійності техніки для тваринництва Болтянська Н. І. ....	93
40.Обґрунтування економічної ефективності підвищення надійності техніки в умовах експлуатації Болтянська Н. І., Болтянський О. В. ....	95
41.Відновлення ґрунтообробних деталей ковальським способом Сиволапов В. А., Рахлій М. О. ....	97
42.Технологічна характеристика корпусних деталей автотракторної техніки Новицький А. В., Хмельовська С. З., Радько І. О. ....	99
43.Лазерний доплерівський анемометр – для дефектування фільтрів палива Троц А. А., Засулько А. А., Хмельовська С. З. ....	100
44.Прогнозування технологічної надійності льонозбиральних комбайнів Лімонт А. С. ....	101
45.Аналіз процесу ущільнення біомаси шнековим робочим органом Єременко О. І., Зубок Т. О., Василенков В. Є. ....	102
46.Особливості умов праці працівників аграрного сектору країн Євросоюзу Марчишина Є. І. ....	105

47.Occupational safety of operators working on tractors Marchyshyna Ye. I. ....	108
48.Проблеми гігієни праці та охорони здоров'я сільських механізаторів Марчишина Є. І. ....	109
49.Analysis of applicability of methods for estimating of occupational risk in agriculture Voinalovych O. V., Kofto D. G., Hnatiuk O. A. ....	111
50.Principles of defectoscopic control of parts and metal structures of mobile agricultural machinery Voinalovych O. V., Kofto D. G. ....	112
51.Ділові ігри з охорони праці як ефективний інструмент підвищення працезахисних знань майбутніх агроінженерів Войналович О. В., Голопура С. М. ....	113
52.Обґрунтування прийнятного ризику використання мобільної сільськогосподарської техніки з експлуатаційними пошкодженнями деталей Войналович О. В., Мотрич М. М., Тімочко В. О., Перетятко В. Р. ....	115
53.Дослідження інформативності задавання діагностичних інтервалів дефектоскопічного контролю деталей вузлів тракторів Войналович О. В., Полянський О. С., Кірієнко М. М. ....	116
54.Підходи щодо реформування системи управління охороною праці в аграрному секторі України Войналович О. В., Ліщук М. Є., Зубок Т. О., Фудулак В. В. ....	118
55.Заходи щодо реалізації концепції «нульового травматизму» на підприємствах сільського господарства Войналович О. В., Зоря М. В., Петров В. В., Рибак А. С. ....	120
56.Дефектоскопія накопичення експлуатаційного пошкодження у зразках металоконструкцій Войналович О. В., Писаренко Г. Г., Копчевський П.М., Майло А. М. ....	121
57.Модельовання процесу функціонування метантенка біогазової установки Поліщук В. М. ....	123

58.Ділові ігри з охорони праці як ефективний інструмент підвищення працезахоронних знань майбутніх агроінженерів Войналович О. В., Голопура С. М. ....	126
59.Business games of occupational safety and health as a tool modeling the process of future students 'professional activities Holopura S. M., T'opla V. ....	127
60.Business games for labor safety as effective instrument for improving occupational safety knowledge Holopura S. M., Kalynkovskyi V. ....	128
61.Active means of education and business games of occupational safety and health Holopura S. M., Mukha I. ....	130
62.Біологічний метод – ефективний спосіб очищення довкілля від паливно-мастильних матеріалів Калівошко М. Ф. ....	131
63.Життя заради науки: вчений та вчитель професор Б. І. Костецький Костецька Н. Б. ....	133
64.Професор Борис Іванович Костецький – основоположник теорії поверхневої міцності матеріалів у процесі тертя та зношування Роговський Л. Л., Зазимко О. В. ....	138
65.Системний підхід до дослідження і опису технічних об'єктів Опалко В. Г. ....	143
66.Sowing area in system of seeding machines Mamuka Benashvili ....	146
67.Вібросигнал дизеля та модель віртуального приладу його реалізації Надточій О. В. ....	147
68.Проведення ремонтно-обслуговуючих робіт комбайнів Мельник В. І. ....	149
69.Методи підвищення довговічності наральникових сошників Тарасенко С. Є. ....	150

70. Transmission in system synthesis technical support for early diagnosis of internal diseases of cattle Eugeniusz Krasowski .....	152
71. Identification of apple bruising affected transport, sorting and storage condition Bohdan Dobrzański, Tomasz Lipa, Jacek Rabcewicz .....	153
72. Дослідження впливу наповнювачів на деформаційні властивості композиційних покриттів на основі фенілону Клименко А. В., Анісімов В. В. ....	156
73. Influence of sludge of biogas production on yield and sustainability of crop production Waclaw Romaniuk, Andrzej Marczuk .....	158
74. Specifics of operating conditions of machines for forestry work Vadym S. Maslay .....	159
75. State of problem of formation of repair-serving influences combine harvesters Dmytro I. Martynyuk .....	161
76. Задачі діагностування вузлів і агрегатів зернозбиральних комбайнів Черник Ю. О. ....	162
77. Формування математичної моделі задач діагностування кормозбиральних комбайнів Гненюк М. В. ....	164
78. Класифікація алгоритмів діагностування самохідних сільськогосподарських машин Діденко Н. В. ....	166
79. Задачі прогнозування стану об'єктів діагностування самохідних сільськогосподарських машин Можарівський Д. М. ....	168
80. Системні принципи діагностування станів зернозбиральних комбайнів Любарець Б. С. ....	169

81.Класифікація відмов в процесі зберігання зернозбиральних комбайнів та основні математичні характеристики Кузьмич І. М. ....	171
82.Синтез алгоритму пошуку несправностей бурякозбиральних машин Западловський О. С. ....	175
83.Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів Новицький А. В. ....	177
84.Варіанти поєднань машин в системі при сортименті методів заготівлі Тітова Л. Л. ....	179
85.Реологічні складові механізму кришення ґрунту Аулін В. В., Тихий А. А. ....	181
86.Методи оцінки і аналізу надійності складних транспортних систем та технологічних процесів в них Аулін В. В., Голуб Д. В. ....	184
87.Ефективність використання машинних агрегатів на внесенні твердих органічних добрив Шатров Р. В. ....	188
88.Реалізація комплексного оптимального режиму руху роликової формувальної установки з кулачковим приводним механізмом Почка К. І. ....	190
89.Контактное взаимодействие двух упруговязких тел несогласованной формы Хайдер Аль-Хазаали Раад Надим.....	192
90.Модель мінімізації групових зв'язків комплексної системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин Роговський І. Л. ....	194
91.Mathematical model of dynamics of change in departure of manipulator when combining the movements of JIB elements Loveykin V. S., Romasevych Yu. O., Spodoba O. O. ....	197



92. Дослідження статистичного розподілу висоти виступання головок коренеплодів буряків над поверхнею ґрунту Булгаков В. М., Головач І. В. ....	198
93. Логістичні аспекти управління автотранспортом при міжнародних автоперевезеннях Бондарєв С. І. ....	200
94. Оптимізація режиму руху мотовила жатки зернозбирального комбайна Маліневський О. Д., Ловейкін В. С., Ляшко А. П. ....	203
95. Динамічний аналіз і оптимізація режиму руху скребкового конвеєра для транспортування зерна Сорока О. В., Ловейкін В. С. ....	204
96. Оптимізація режиму руху механізму повороту баштового крана Тужіков С. М., Ляшко А. П. ....	207
97. Шляхи удосконалення оперативного управління рухомим складом за техніко-економічними критеріями Бондарєв С. І. ....	208
98. Особливості оперативного управління транспортним процесом в міжнародних автомобільних перевезеннях Бондарєв С. І. ....	210
99. Основні напрямки захисту автомобільних перевізників від необґрунтованої відповідальності в країнах ЄС Стиранкевич Г. Р., Бондарєв С. І. ....	213
100. Вибір критеріїв подібності для фізичної моделі механізму повороту стрілового крана Ловейкін В. С., Кадикало І. О. ....	215
101. Планування експериментальних досліджень при роботі механізму зміни вильоту вантажу баштового крана Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О., Стехно О. В. ....	218
102. Конструктивно-технологічні недоліки сучасних методів влаштування навісних фасадів Ярмоленко М. Г., Кірпікіної А. В. ....	220
103. Зведення будинків з солом'яних блоків та очерету Ярмоленко М. Г., Шевчук А. О. ....	221

104.Залежність технології влаштування покрівлі від конструкції даху Ярмоленко М. Г., Царук Н. В. ....	223
105.Про деякі можливості оцінки несучої здатності пластин в умовах двоосного розтягу Бойко А. В. ....	225
106.Класифікація покриттів промислових підлог Бакуліна В. М., Попружна М. С. ....	228
107.Особливості технології виробництва піноскла в Україні Бакуліна В. М., Щербина І. Ю. ....	231
108.Використання сучасних систем в сучасному будівництві Бакулін Є. А., Колбін Є. О. ....	233
109.Конструктивні рішення кінцевих кріплень вант, висячі (тросові) покриття Бакулін Є. А., Бочков О. ....	236
110.Практична реалізація уточнених методів розрахунку будівельних конструкцій на вогнестійкість Фесенко О. А., Байтала Х. З., Бакін П. І., Донець Т. П. ....	238
111.Метод розв'язування задач оптимального програмного керування Ловеїкін В. С., Ромасевич Ю. О., Сподоба О. О. ....	240
112.Біогазові реактори: обертові лопатки чи обертові корпуси Голуб Г. А., Марус О. А. ....	241
113.Розвивальні можливості контролю навчальних досягнень студентів у формуванні їх готовності до майбутньої діяльності в галузі агроінженерії Бондар М. М., Плавинська О. В. ....	244
114.Synthesis control of two linked robot Romasevych Y. O, Pundyk K. R. ....	246
115.Optimization of compound motion of the robot-manipulator Romasevych Y. O., Pundyk M. R. ....	247
116.Сучасний стан і перспективи розвитку кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства Афтанділянц Є. Г. ....	248

117. Технологічна характеристика корпусних деталей автотракторної техніки Новицький А. В., Хмельовська С. З., Радько І. О. ....	250
118. Лазерний доплерівський анемометр – для дефектування фільтрів палива Троц А. А., Засулько А. А., Хмельовська С. З. ....	251
119. Шляхи удосконалення конструкції корчувача пнів із трубчастою фрезою Рибалко В. М., Бада Ю. В. ....	252
120. Забезпечення професійними трудовими ресурсами за рахунок впровадження якості менеджменту управління автопідприємством Бондарєв С. І. ....	254

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ЗБІРНИК  
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ  
II-ї МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«Агроінженерія: сучасні проблеми та перспективи розвитку»  
присвячена 90-й річниці з дня заснування механіко-  
технологічного факультету НУБіП України  
(7-8 листопада 2019 року)**

*Відповідальний за випуск:*

*І. Л. Rogovskiy – директор НДІ техніки і технологій НУБіП України.*

*Редактор – І. Л. Rogovskiy.*

*Дизайн і верстка – кафедра технічного сервісу та інженерного менеджменту  
імені М. П. Момотенка НУБіП України.*

*Адреса НДІ техніки та технологій –  
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12<sup>б</sup>, НУБіП України,  
навч. корп. 11, кімн. 208.*

---

Підписано до друку 31.10.2019. Формат 60×84 1/16.  
Папір Maestro Print. Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman та Arial.  
Друк. арк. 8,5. Ум.-друк. арк. 8,6. Наклад 200 прим.  
Зам. № 7127 від 31.10.2019.

ФОП Ямчинський Олександр Васильович  
03150 м. Київ, вул. Предславинська, 28 оф. 001. т. (044) 528-70-24

---

© НУБіП України, 2019.

---