



# ПРОЦЕСИ, МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА: ПРОБЛЕМИ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ



## Збірник тез доповідей

*Міжнародної науково-практичної конференції,  
присвяченої*

**90-річчю від дня народження професора  
Рибак Тимофія Івановича та 60-річчю кафедри  
технічної механіки та сільськогосподарських машин**

*29-30 вересня 2022 року*

**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2022**

**MINISTRY of SCIENCE and EDUCATION of Ukraine**  
**Ternopil Ivan Puluj National Technical University**  
**Ivan Franko National University of Lviv**  
**Lutsk National Technical University**  
**Central Ukrainian National Technical University**  
**Dnipro State Agrarian and Economic University**  
**Lviv Polytechnic National University**  
**Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas**  
**Ternopil branch of the state institution «Institute of Soil Protection of Ukraine»**  
**Lviv National University of Nature Management**  
**Technical University of Košice (Slovakia)**  
**Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania)**  
**Moroccan Airports Authority (Morocco)**  
**University of Maribor (Slovenia)**  
**Technical University of Varna (Bulgaria)**  
**Private agricultural company «Nichlava»**  
**Agricultural LLC «Ukraine»**

**PROCESSES, MACHINES, AND EQUIPMENT OF  
AGRICULTURAL AND INDUSTRIAL  
PRODUCTION: ISSUES OF THEORY AND  
PRACTICE**

**Proceedings**

of the International scientific-practical conference dedicated to the  
**90<sup>th</sup> anniversary of Professor Rybak Tymofij Ivanovych's birth**  
**and the 60<sup>th</sup> anniversary of the Engineering Mechanics and**  
**Agricultural Machines Department**

29-30 September 2022



**UKRAINE**  
**TERNOPIL – 2022**

УДК 631:621

Processes, machines, and equipment of agricultural and industrial production: issues of theory and practice: Proceedings of the International scientific-practical conference dedicated to the 90<sup>th</sup> anniversary of Professor Rybak Tymofij Ivanovych's birth and the 60<sup>th</sup> anniversary of the Engineering Mechanics and Agricultural Machines Department, (Ternopil, 29–30 September 2022.) / Ministry of Science and Education of Ukraine, Ternopil I.Puluj National Technical University [and others]. – Ternopil: PE Palianytsia V. A., 2022. – 193 p.

**ISBN 978-617-7875-40-5**

#### **PROGRAM COMMITTEE**

**Chairman:** Marushchak Pavlo Orestovych – D.Sc. (Eng.), Prof., Vice Rector of the TNTU. (Ukraine)

**Vice Chairman:** Pidhurskyy Mykola Ivanovych – D.Sc. (Eng.), Prof. of the TNTU. (Ukraine)

**Scientific Secretary:** Oleksyuk Vasyl Petrovych – Ph.D. (Eng.), Assoc. Prof. of the TNTU. (Ukraine)

**Members:** Vukherer T. – Professor of the Engineering Mechanics Faculty of the University of Maribor (Slovenia); Vinash Y. – Professor of the Metal Technology Department of the Technical University of Košice (Slovakia); Prentkovskis O. – Dean of the faculty of Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania); Menou A. – D.Sc. (Eng.), Prof. of International University of Civil Aviation (Morocco); Slavov S. – Assoc. Prof. of the Mechanical Engineering Technology and Metal-cutting Machines Department of Technical University of Varna (Bulgaria); Mytnyk M.M. – Ph.D. (Eng.), Assoc. Prof., Rector of the TNTU; Andreikiv O.Y. – D.Sc. (Eng.), Prof. of LNU, Corresponding Member of NAS of Ukraine; Aulin V.V. – D.Sc. (Eng.), Prof. of CNTU; Broshchak I.S. – Ph.D. (Agr.), director of TBSI «Institute of Soil Protection of Ukraine»; Vikovych I.A. – D.Sc. (Eng.), Prof. NU «Lviv Polytechnic»; Vitenko T.M. – D.Sc. (Eng.), Prof., Vice Rector of TNTU; Hevko I.B. – D.Sc. (Eng.), Prof. of TNTU; Derkach O.D. – Ph.D. (Eng.), Assoc. Prof. of DSAEU; Didukh V.F. – D.Sc. (Eng.), Prof., of LNTU; Dyachuk S.F. – Ph.D. (Eng.), Assoc. Prof., Vice Rector of the TNTU; Kotsira S.Y. – director of the private agricultural company «NICHLAVA»; Kryzhovachuk O.P. – director of agricultural LLC «Ukraine»; Lupakov Y.O. – Captain 1 rank, honorary chairman of the Officers' Union of Ukraine; Lutsiv I.V. – D.Sc. (Eng.), Prof. of TNTU; Lyashuk O.L. – D.Sc. (Eng.), Prof., Vice Rector of the TNTU; Pokotylo O.S. – D.Sc. (Eng.), Prof. of the TNTU; Rybak Y.T. – Ph.D. (Ec.), Assoc. Prof., director of the Lviv regional administration of the insurance company «Alfa-insurance»; Ripetskyi Y.Y. – D.Sc. (Eng.), Assoc. Prof. of IFNTUOG; Rohatynskyi R.M. – D.Sc. (Eng.), Prof. of the TNTU; Salo V.M. – D.Sc. (Eng.), Prof. CNTU; Slavskyi A.M. – finance director of the agricultural LLC «Ukraine»; Fedoreiko V.S. – D.Sc. (Eng.), Prof. of TNPU; Sherstyuk R.P. – D.Sc. (Ec.), Vice Rector of the TNTU; Shchur T.H. – Ph.D. (Eng.), Assoc. Prof. LNUNM.

**Address of the organizer:** TNTU, Ternopil city, Ruska Str., 56, 46001, tel. (067) 3501849

E-mail: [oleksyukvasyl@ukr.net](mailto:oleksyukvasyl@ukr.net)

Editing, design, layout: Oleksyuk V.P.

#### **SECTIONS OF THE CONFERENCE REPRESENTED IN THE PROCEEDINGS**

- Processes, machines, and equipment of agricultural production;
- Technologies of storage and processing of agricultural products;
- The latest technologies in agricultural engineering;
- New materials, strength, and durability of structures;
- Transport and technological processes.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
Луцький національний технічний університет  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
Тернопільська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»  
Львівський національний університет природокористування  
Technical University of Košice (Slovakia)  
Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania)  
Moroccan Airports Authority (Morocco)  
University of Maribor (Slovenia)  
Technical University of Varna (Bulgaria)  
Приватна сільськогосподарська агрофірма «Нічлава»  
Сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю «Україна»

# **ПРОЦЕСИ, МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА: ПРОБЛЕМИ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ**

## **Збірник тез доповідей**

Міжнародної науково-практичної конференції  
присвяченої

**90-річчю від дня народження професора  
Рибака Тимофія Івановича та 60-річчю кафедри  
технічної механіки та сільськогосподарських машин  
29-30 вересня 2022 року**



**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2022**



УДК 631:621

Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики: зб. тез доповідей міжнар. наук.-практ. конф. присвяченої 90-річчю від дня народження професора Рибак Тимофія Івановича та 60-річчю кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин, (Тернопіль, 29–30 вересня 2022.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 193 с.

ISBN 978-617-7875-40-5

## ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

**Голова:** Марущак Павло Орестович – д.т.н., проф., проректор ТНТУ ім. І. Пулюя. (Україна)

**Заступник голови:** Підгурський Микола Іванович – д.т.н., проф. ТНТУ ім. І. Пулюя. (Україна)

**Вчений секретар:** Олексюк Василь Петрович – к.т.н., доц. ТНТУ ім. І. Пулюя. (Україна)

**Члени:** Вухерер Т. – професор факультету інженерної механіки Маріборського університету (Словенія); Вінаш Я. – професор кафедри технології металів Технічного університету у Кошице (Словаччина); Прентковскіс О. – декан факультету Вільнюського технічного університету ім. Гедимінаса (Литва); Меноу А. – д.т.н., професор Міжнародного університету цивільної авіації (Марокко); Славов С. – доцент кафедри технології машинобудування та металорізальних машин технічного університету Варни (Болгарія); Митник М.М. – к.т.н., доцент, ректор ТНТУ ім. І. Пулюя; Андрейків О.Є. – д.т.н., проф. ЛНУ ім. І. Франка, член-корр. НАН України; Аулін В.В. – д.т.н., проф. ЦНТУ; Брошак І.С. – к.с.-г.н., директор ТФДУ «Інститут охорони ґрунтів України»; Вікович І.А. – д.т.н., проф. НУ «Львівська політехніка»; Вітенько Т.М. – д.т.н., проф., проректор ТНТУ; Гевко Ів.Б. – д.т.н., проф. ТНТУ; Деркач О.Д. – к.т.н., доц. ДДАЕУ; Дідух В.Ф. – д.т.н., проф. ЛНТУ; Дячук С.Ф. – к.т.н., доц., проректор ТНТУ; Коціра С.Є. – директор приватної сільськогосподарської агрофірми «НІЧЛАВА»; Крижовачук О.П. – директор сільськогосподарського ТОВ «Україна»; Лупаков Є.О. – капітан 1-го рангу, почесний голова Спілки офіцерів України; Луців І.В. – д.т.н., проф. ТНТУ; Ляшук О.Л. – д.т.н., проф., проректор ТНТУ; Покотило О.С. – д.т.н., проф. ТНТУ; Рибак Я.Т. – к.е.н., доц., директор Львівського регіонального управління страхової компанії «Альфа-страхування»; Ріпецький Є.Й. – д.т.н., доц. ІФНТУНГ; Рогатинський Р.М. – д.т.н., проф. ТНТУ; Сало В.М. – д.т.н., проф. ЦНТУ; Славський А.М. – фінансовий директор сільськогосподарського ТОВ «Україна»; Федорейко В.С. – д.т.н., проф. ТНПУ ім. В. Гнатюка; Шерстюк Р.П. – д.е.н., проректор ТНТУ; Щур Т.Г. – к.т.н., доц. ЛНУП.

**Адреса оргкомітету:** ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001, тел. (067) 3501849

Е-mail: [oleksyukvasyl@ukr.net](mailto:oleksyukvasyl@ukr.net)

Редагування, оформлення, верстка: Олексюк В.П.

## СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ, ЯКІ ПРЕДСТВЛЕНІ В ЗБІРНИКУ

- Процеси, машини та обладнання аграрного виробництва;
- Технології зберігання та переробки сільськогосподарської продукції;
- Сучасні технології в сільськогосподарському машинобудуванні;
- Нові матеріали, міцність та довговічність конструкцій;
- Транспортно-технологічні процеси.

## ПЕРЕДМОВА

### Сторінками історії кафедри

У передденні 60-річного ювілею...

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя заснована 19 травня 1999 року на базі кафедри технічної механіки, створеної 24 червня 1963 року в Тернопільському загальнотехнічному факультеті Львівського політехнічного інституту (ЗТФ ЛПІ).

Кафедра є однією із базових в університеті, яка організовує навчальний процес із загальноінженерних дисциплін для студентів механічних спеціальностей, а також фахових дисциплін для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія».

Засновником і першим завідувачем кафедри був к.т.н., доцент **Столярчук Всеволод Пилипович**, який також був першим деканом Тернопільського ЗТФ ЛПІ.



Столярчук Всеволод Пилипович

Наступним завідувачем кафедри (1974–1985 рр.) був к.т.н., доцент **Зубченко Іван Іванович**, який багато зусиль приклав для розробки методичного і лабораторного забезпечення кафедри, вдосконалення методики викладання дисциплін.



Зубченко Іван Іванович

У 1985 році кафедру очолив к.т.н., доцент **Гладь Богдан Михайлович**, який активно працював над покращенням навчально-виховного процесу і методичної роботи кафедри.



Гладько Богдан Михайлович

У 1990 році почався новий етап діяльності та розвитку кафедри. Кафедру очолював д.т.н., професор **Рибак Тимофій Іванович**. За його сприянням матеріально-технічна база кафедри поповнилась сучасними лабораторними установками з опору матеріалів, комп'ютерною технікою, обладнанням для проведення наукових експериментальних досліджень. Професор Рибак Тимофій Іванович очолював кафедру до січня 2019 року.



Рибак Тимофій Іванович

З лютого 2019 року по червень 2019 року обов'язки завідувача кафедри виконував к.т.н., доцент **Бабій Андрій Васильович**, який продовжив добрі традиції розвитку кафедри: 24 квітня 2019 року було отримано ліцензію на провадження освітньої діяльності за новою освітньо-професійною програмою для підготовки фахівців за спеціальністю 208 «Агроінженерія».

З липня 2019 року по квітень 2021 року керівництво кафедрою здійснював д.т.н., професор, Заслужений винахідник України, академік Інженерної академії України та голова її відділення у Тернопільській області **Гевко Роман Богданович**. Його науковий потенціал підсилював кафедру у публікаційній та винахідницькій діяльності, завдяки чому значно зріс рейтинг кафедри з-поміж кафедр університету.



Гевко Роман Богданович

З травня 2021 року кафедру очолює д.т.н., доцент **Бабій Андрій Васильович**.



Бабій Андрій Васильович

Його стратегічним курсом розвитку кафедри є налагодження дієвої співпраці з агропідприємствами регіону, дилерськими та сервісними компаніями з метою покращення практичної підготовки здобувачів освіти спеціальності 208 «Агроінженерія». Серед низки укладених результативних угод – створення філії кафедри на базі компанії ЛАН, де студенти у виробничих умовах проходять практичні заняття із спецдисциплін та практики.

\*\*\*

Особливою сторінкою історії кафедри є період, коли завідувачем був професор **Рибак Тимофій Іванович**. Пригадаємо основні етапи його діяльності, які мали надзвичайно вагомий результат для розвитку кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин, а також Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя в цілому.

Зокрема, з ініціативи професора Рибак Т.І. у 1991 р. була відкрита перша на Тернопільщині спеціалізована вчена рада К58.50.01 із захисту кандидатських дисертаційних робіт за спеціальністю 05.20.04 «Сільськогосподарські та гідромеліоративні машини».

У 1993 р. вона була перереєстрована у першу на Україні спеціалізовану вчену раду із захисту докторських та кандидатських дисертаційних робіт Д58.052.02 за спеціальністю 05.05.11 – Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Головою ради до 2019 р. був професор Рибак Т.І. У складі ради працювали і працюють провідні вчені з різних регіонів України. Особливо слід відзначити постійного члена ради – д.т.н., професора, члена-кореспондента Національної академії наук України – Андрейківа Олександра Євгеновича, який з 1992 року до 2018 року працював на посаді професора кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин. Завдяки відкриттю спеціалізованої вченої ради із захисту дисертаційних робіт науковий потенціал кафедри, університету, інших навчальних закладів, а також спецради Д 58.052.02 поповнилися великою кількістю вчених в галузі сільськогосподарського машинобудування.

Понад 30 науковців нашого університету здобули науковий ступінь кандидата технічних наук, восьмеро захистили докторські дисертації: Мартиненко В.Я., Дідух В.Ф., Підгурський М.І., Ріпецький Є.Й., Барановський В.М.; Ляшук О.Л., Попович П.В., Бабій А.В., зокрема 6 з них, на даний час, є викладачами кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

За керівництва професора Рибак Т.І. у 1997 році на кафедрі відкрито спеціальність «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва». У 1999 році кафедру було реорганізовано з назвою «Технічної механіки і сільськогосподарського машинобудування» і надано статус випускової за трьохступеневою системою освіти зі спеціальності «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва».



Завідувач кафедру Рибак Т.І. – д.т.н., професор, академік академії інженерних наук, «Заслужений працівник освіти України», нагороджений орденом «За заслуги» III ступеня. Закінчив Тимофій Іванович механіко-математичний факультет Львівського державного університету імені Івана Франка, спеціальність «Механіка». У 1970 році захистив кандидатську дисертацію, спеціальність «Опір матеріалів». У 1986 році захистив докторську дисертаційну роботу, спеціальність «Сільськогосподарські та гідромеліоративні машини». Опублікував більше 400 наукових праць, 12 монографій, 25 винаходів, створив свою наукову школу. Під керівництвом професора Рибак Т.І. розвивались такі фундаментальні напрями наукових досліджень:

1. Модифікація методу мінімуму потенціальної енергії для динамічного розрахунку континуальних структур з урахуванням особливостей енергії від депланації.
2. Розробка критеріїв оцінки міцності і прогнозування ресурсу роботи зварних металоконструкцій на основі механіки руйнування з урахуванням стисненого кручення.
3. Розробка і застосування універсальної вимірювальної системи при дослідженні реальної динаміки навантаженості в натурних умовах експлуатації машин.
4. Експериментальні оптичні методи механіки деформівного твердого тіла.

У 2006 році на базі ТДТУ ім. Івана Пулюя та УкрНДІПВТ створена науково-дослідна лабораторія з дослідження динаміки, експлуатаційних та функціональних характеристик сільськогосподарської техніки. У 2007 році на базі цієї лабораторії створено «Навчально-науково-виробничий центр випробування функціонально-технічних засобів виробництва і взаємодії з науково-промисловими комплексами» із розташуванням у м. Зборів. Директором центру було призначено професора Рибак Т.І.

Також варто відзначити, що у 1997 році за ініціативи професора Рибак Т.І. спільним наказом № 27/47 від 28.01.1997р. Міністерства освіти України та Міністерства сільськогосподарства і продовольства України було створено навчально-науково-виробничий комплекс «Агромаш» на базі Тернопільського приладобудівного інституту ім. І.Пулюя у складі: Тернопільського приладобудівного інституту ім. І.Пулюя; Борщівського агротехнічного коледжу Тернопільської області; Зборівського професійно-технічного училища №30; Відкритого акціонерного товариства «Тернопільський комбайновий завод»; Виробничого об'єднання «Львівхімсільгоспмаш»; Відкритого акціонерного товариства «Коломиясільмаш».

В 2002р. створено навчально-науково-виробничу дільницю ТДТУ ім. І.Пулюя.

За зверненням ректора ТДТУ ім. І. Пулюя проф. О.М. Шаблія, проректора з навчально-науково-виробничих комплексів і зовнішньо-університетської діяльності Т.І. Рибак № 434 від 15.04.2003р. до заступника держсекретаря Міністерства агрополітики Яковенка В.П., директора УкрЦВТ Погорілого Л.В. про створення при Зборівському технікумі ТДТУ опорного пункту з випробування сільськогосподарських машин, який було відкрито в 2004р. (Зборівський опорний пункт з дослідження характеристик динамічної навантаженості машин Львівської державної зональної машинновипробувальної станції).

Для підняття рівня розробок і забезпечення показників надійності мобільної сільськогосподарської техніки та у зв'язку з реорганізацією УкрЦВТ в Український науково-дослідний інститут прогнозування і випробування техніки (УкрНДІ ПВТ) створено спільну науково-дослідну лабораторію з дослідження динаміки, експлуатаційних та функціональних характеристик сільськогосподарської техніки на базі Зборівського коледжу (структурного підрозділу Тернопільського державного технічного університету ім. І. Пулюя). Високий науковий рівень науково-дослідної лабораторії забезпечувався успішним функціонуванням у ТДТУ ім. Івана Пулюя докторської спецради Д.58.052.02 зі спеціальності 05.05.11 – Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

За наказом № 142-01 від 12.04.2006р, створюються галузеві центри «Центру трансферних технологій Тернопільського державного технічного університету ім. Івана Пулюя». Директором центру сільськогосподарського машинобудування ЦТТ призначено професора Рибак Т.І., заступником директора – доцента Костюка В.І.

Наказом № 376-01 від 18.09.2007р. створено «Навчально-науково-виробничий центр випробування функціонально-технічних засобів виробництва та взаємодії з науково-промисловими комплексами», керівником призначено професора Рибак Т.І. як ініціатора відкриття такого центру. Вченою радою ТНТУ (22.06.2010р.) затверджено положення про «Навчально-науково-виробничий центр випробування функціонально-технічних засобів виробництва та взаємодії з науково-промисловими комплексами», а в 2015 році лабораторію було атестовано на право проведення вимірювань у сфері поширення державного метрологічного нагляду.

У цей час на базі центру проведено низку наукових досліджень, за результатами яких захищено 3 докторські та 7 кандидатських дисертаційних робіт.

Основні наукові напрями центру:

- модифікація методу мінімуму потенціальної енергії для динамічного розрахунку континуальних структур з урахуванням особливостей енергії від депланації;
- розробка критеріїв оцінки міцності і прогнозування ресурсу роботи зварних металоконструкцій на основі механізму крихкого руйнування з урахуванням у коефіцієнті інтенсивності напружень особливостей від стисненого кручення;
- розробка і застосування універсальної вимірювальної системи дослідження реальної динаміки навантаженості в натурних умовах експлуатації машин.

Існує успішний досвід надання послуг підприємствам (проведено комплекс досліджень нової штанги обприскувача для ПАТ «Богуславська сільгосптехніка»).

Окрім науково-педагогічної діяльності Рибак Т.І. був великим патріотом своєї держави. Його громадська діяльність має важливе значення у державотворчому процесі України. За його ініціативи у 1996 році розгорнуто регіональну довготривалу програму «Взаємодії вищих навчальних закладів освіти західних областей з закладами освіти Автономної Республіки Крим та Військово-морськими силами Збройних сил України». Завдяки цій програмі велика кількість молоді з Автономної Республіки Крим мала змогу навчатись в провідних ЗВО західної України за державний кошт.

Для зміцнення регіональної та міжнародної співпраці Рибак Т.І. було успішно проведено низку Міжнародних симпозіумів «Проблеми інтеграції науково-освітнього, інтелектуального потенціалу в державотворчому процесі».

Все це зумовило те, що велике коло науковців, друзів та соратників зібралися на даній Міжнародній науково-практичній конференції, яка присвячена 90-річчю від дня народження професора Рибак Тимофія Івановича та 60-річчю кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин «ПРОЦЕСИ, МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА: ПРОБЛЕМИ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ», де обговорено найактуальніші проблеми сьогодення.

Результатом роботи є опублікування праць конференції в авторській редакції, що відображені у даному збірнику.

Серед організаторів даної Міжнародної конференції хочемо скласти особливу подяку соратнику Тимофія Івановича, щирому патріоту України, доброму другу кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин, **меценату конференції**, директору приватної сільськогосподарської агрофірми «НІЧЛАВА» **Коцірі Степану Євгеновичу**. Його моральна та фінансова підтримка таких заходів має важливе значення у розвитку української науки та патріотичного виховання студентства.

Організаційний комітет  
конференції

## **СЕКЦІЯ: ПРОЦЕСИ, МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА**

**УДК 634.51**

**Н. Р. Веселовська, докт. техн. наук, проф.**

Вінницький національний аграрний університет, Україна

### **ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПЛОДОВОЗБИРАЛЬНИХ СТРУШУВАЛЬНИХ МАШИН**

**Veselovska N.R. Dr., Prof.**

#### **INNOVATIVE METHODS OF IMPROVING THE WORKING BODIES OF FRUIT GATHERING SHAKING MACHINES**

При інтенсифікації галузі садівництва важливу роль відіграє комплексна механізація та автоматизація всіх виробничих процесів. Слід зазначити, що за останні роки садівничі господарства досить потужно оснащуються сучасною сільськогосподарською технікою, а саме: тракторами, високопродуктивними машинами і знаряддями для обробітку ґрунту, внесення добрив, хімічного захисту рослин від шкідників хвороб. Створюють та удосконалюються машини для збирання плодів і ягід, лінії для товарної обробки плодів, машини і пристрої для обрізки крони плодкових дерев [1]. Головною проблемою усього технологічного процесу виробництва плодів є збирання врожаю, на яку припадає 15-40 % від загальних витрат догляду за садом [2]. Вирішити цю проблему дозволяє застосування плодозбиральних машин, які, в залежності від умов і організації роботи, підвищують продуктивність праці при збиранні у декілька разів, вивільняють в середньому 30 осіб в день при використанні однієї машини і знижують експлуатаційні витрати на 30-50 % у порівнянні з прибиранням вручну. На даному етапі для прибирання плодів широко використовуються вібраційні машини позиційної дії, недоліками яких є відносно невисока продуктивність, значні пошкодження кори штамба дерева в місцях передачі вібраційних зусиль і підвищене вишатування штамба плодового дерева з ґрунту. Ці недоліки особливо відчутні при збиранні кісточкових і горіхоплідних культур [3].

Метою роботи є впровадження інноваційних методів технологічного процесу знімання врожаю плодкових культур вібраційним струшувачем і обґрунтування його параметрів. Наукова новизна полягає в тому, що доведена ефективність застосування вібраційного струшувача, визначено конструкційні та кінематичні параметри вібраційного струшувача з урахуванням умов взаємодії зі штаблом дерева, встановлено залежності даних параметрів від розмірних показників дерев.

Для забезпечення високої ефективності машинного збирання необхідний пошук нових струшувачів, що забезпечують знімання врожаю з мінімальними пошкодженнями кори штамба дерева, кореневої системи, гілок та не знижують продуктивності саду. Такий пошук має бути заснований на глибокому вивченні технології процесу і динаміки взаємодії робочого органу струшувача зі штаблом дерева, побудова на цій основі статистичної та динамічної моделей, а також вивчення фізико-механічних властивостей кори штамба дерева.

При розробці струшувача плодозбиральних машин використовували теоретичні розрахунки кутових переміщень штамба, його швидкостей і прискорень, а також уточнені дані за наведеним коефіцієнтом жорсткості дерев, межі міцності кори штампів, розмірним характеристикам плодкових дерев.

Для реалізації оптимальних режимів струшування по циклу віброударного

впливу на штаб і зниження пошкоджень плодів необхідно проводити процес струшування у три прийоми, кожен з поступовим збільшенням частоти коливань за рахунок зміни оборотів двигуна енергетичного засобу.

При випробуваннях струшувача на міцність слід враховувати продуктивність плодозбиральної машини за годину основного часу – 60 дерев, за годину експлуатаційного часу – 36 дерев, час на виконання операції знімання плодів, повноту знімання – не менше 95 % плодів, пошкодження кори штабів і дерев в цілому – не більше 3 %.

При модернізації існуючих і проектуванні нових гідроприводів, в тому числі гідравлічного вібратора гостро стоїть питання вибору схемної і апаратурної реалізації, а також вибору їх робочих параметрів [1-3]. Запропоновано гідравлічний вібратор, який може використовуватися в якості автономного вузла привода робочих органів плодозбиральних струшувальних машин. Гідроімпульсний привод такого вібратора створює в робочому гідроциліндрі пульсуючий тиск за допомогою клапана-пульсатора. Відмінною особливістю конструкції гідравлічного пульсуючого вібратора являється співвісне положення в одному корпусі гідроциліндра та керуючого клапана-пульсатора з кульковим розподіленням елементів.

Такі конструктивні особливості дозволяють досягати високої експлуатаційної надійності, невеликі габарити та забезпечують нормальну роботу без запобіжного клапана в гідросистемі. При установці гідравлічного вібратора відсутня необхідність у додатковому керуючому обладнанні, а простота конструкції дозволяє створювати подібні вібратори на неспеціалізованих підприємствах.

Запропоновано гідравлічний вібратор, який може використовуватися в якості автономного вузла привода робочих органів плодозбиральних струшувальних машин. Конструктивні особливості дозволяють досягати високої експлуатаційної надійності, зменшення габаритних розмірів та забезпечують нормальну роботу без запобіжного клапана у гідросистемі. При установці гідравлічного вібратора відсутня необхідність у додатковому керуючому обладнанні, а простота конструкції дозволяє створювати подібні вібратори на неспеціалізованих підприємствах. На базі гідравлічного вібратора створено струшувач плодів, що обробляє дерева при безперервному русі плодозбиральної машини по довжині ряду. Гідроімпульсний привод вібратора приводиться в дію від базової машини, на який монтується плодово-збиральний агрегат.

### **Література**

1. Nalobina O.O., Vasylchuk N.V., Bundza O.Z., Holotiuk M.V., Veselovska N.R., Zoshchuk N.V. A new technical solution of a header for sunflower harvesting. *INMATEH - Agricultural Engineering*. Bucharest, Romania. 2019. Vol. 58. № 2. Pp.129-137.
2. Веселовська Н.Р., Зелінська О.В. Моделі інтегрованих комп'ютерних систем управління технологічними процесами на основі сучасних інформаційних технологій: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 427с.
3. Veselovska N. R., Shargorodsky S.A., Nykyforova L. E. and etc. Efficiency assessment functioning of vibration machines for biomass processing, *Biomass as Raw Material for Production of Biofuels and Chemicals*, edited by Waldemar Wójcik, Pawłowska Małgorzata, monograph. Taylor & Francis Group. 2022. London, UK. Pp. 53-60. LCCN 2021031137.



**УДК.635.1**

**В.Ф. Дідух, докт. техн. наук, проф.**

Луцький національний технічний університет, Україна

## **ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОМПОСТІВ**

**V.F. Didukh, Dr, Prof**

### **COMPOST PREPARATION TECHNIQUES AND TECHNOLOGIES**

Метод компостування матеріалів, для виробництва якісних органічних добрив, відомий ще з часів Стародавнього Риму. Такі добрива використовували для підвищення урожайності бідних ґрунтів Італії.

Застосування традиційних технологій з ухилом на нарощування врожайності сільськогосподарських культур призводить до знищення родючості ґрунтів через відсутність внесення органічних добрив. Втрачаючи родючість, втрачається стабільність сільськогосподарського виробництва. Проблема, що виникла з органічними добривами, пов'язана з порушенням балансу між галузями рослинництва і тваринництва. Вирішити її можливо через закладання великої кількості компостів, які при внесенні в ґрунт виконують декілька функцій. У перший рік рослина використовує лише частину поживних речовин. Іншою частиною живляться мікроорганізми, які живуть у ґрунті. Науково доведено, що при внесенні компостів, рослини забирають лише 25–30% поживних елементів. Решта компонентів є доброю їжею для черв'яків, грибів, бактерій. Таким чином, основна функція компостів сприяє покращенню розвитку біоценозу в ґрунті. За інформацією професора М.К. Шикучи, 1 кг компосту дає до 8 кг ґрунтових бактерій. Це додаткова можливість відновлювати родючий шар ґрунту, збільшувати вміст гумусу.

Компостування, як технологія виготовлення органічного добрива, є складним технологічним процесом. Він може бути різним і, відповідно, впливає на якість компосту. Важливо отримувати максимально якісний компост землистого кольору з відсутністю гнилісного запаху та високими параметрами: рослинні рештки повинні бути повністю розкладені, відсутнє насіння бур'янів, вологість від 40% до 60%, добре кришиться. Професійний підхід до компостування дає змогу ефективно утилізувати будь-які рослинні рештки, відходи тваринництва та будь-які органічні матеріали або відходи: опале листя, суха трава, солома, гілки кущів та дерев. Вважається, що економічний ефект від застосування компостів та гною приблизно однаковий. Але й відновлення галузі тваринництва - це складний довготривалий шлях. Тому, налагодження виробництва компостів з місцевих сировинних ресурсів, є виходом із ситуації, що склалася.

Серед багатьох способів компостування варто звернути увагу на два: анаеробний і аеробний. Анаеробний спосіб компостування називають ще холодним компостуванням, коли органічні матеріали укладаються у бурт дуже щільно та витримують їх до повного завершення процесу без зовнішнього втручання. Так як кисень не попадає у бурт, то такий спосіб втрачає свою ефективність. Адже за холодного компостування зберігаються й потрапляють у ґрунт всі негативні фактори (гниль, насіння бур'янів, глисти, яйця шкідників). Значно кращим є аеробний спосіб компостування, коли в процесі створюються умови доступу кисню у бурт. При потребі складники компостування зволожуються. Але така технологія вимагає певних затрат і відповідних технічних засобів: навантажувачі, аератори, змішувачі або подрібнювачі, тощо. Тому, для здешевлення органічної продукції, важливо звертати увагу на доступну дешеву місцеву сировину.

Для природо - кліматичної зони Полісся такою сировиною є: солома злакових сільськогосподарських культур[1] і сапропелі прісноводних озер [2]. Якість органічних добрив зростає, якщо при формування буртіві додавати відходи життєдіяльності ВРХ, у яких присутні гумосоутворюючі бактерії. За наявності значних об'ємів сировини, виготовляти органічні добрива можна круглий рік. Все залежить від умов, в яких знаходяться бурти та яким чином забезпечуються температурні режими.

Таким чином, при аеробному компостуванні відбувається багатоетапний, ретельно контрольований процес з регулюванням витрат води, повітря та багатих вуглецем і азотом матеріалів. Для прискорення процесу застосовують первинне подрібнення рослинних матеріалів. Поява у буртах грибів, дощових черв'яків та інших детритофагів сприяють розщепленню органічних матеріалів. Аеробні бактерії, що потребують кисню для функціонування і гриби здійснюють хімічний процес з перетворенням вхідних речовин у тепло, вуглекислий газ та амоній.

Дослідженням технологічних операцій виготовлення органічних добрив займаються давно. На сьогодні створено безліч технічних засобів різної продуктивності для індивідуальних господарств та виробничих підприємств як вітчизняних, так і закордонних конструкцій. Серед вітчизняних, широке поширення набуває мобільний аератор-змішувач органічних добрив МЗА - 3000 (рис 1.) - багатофункціональний, мобільний, причіпний агрегат, призначений для виробництва збалансованих органічно-мінеральних біоактивних добрив(ОМБД) методом прискореної аеробної, термофільної біоферментації у відкритих буртах з органічних відходів сільськогосподарського та деревообробного виробництва.



Рис. 1 – Загальний вигляд аератора – змішувача вітчизняного виробництва

Загалом робочі органи аераторів-змішувачів — це активні горизонтально розміщені бітерні, лопатеві або зубчасті фрезерні барабани з обмежувальними поверхнями у вигляді рамок трикутної, трапецеїдальної або арочної форм висотою від 1,5 до 2 м.[3]. Аератори-змішувачі широко використовуються як причіпної, так і самохідної модифікації.

Загалом ефективна робота подрібнювача компостів, структурна схема якої представлена на рис. 2 можлива, якщо конструкція дозволяє проводити технологічні операції відповідно до заданих агротехнічних норм. При цьому подрібнювач компостів

повинен якісно виконувати технологічні процеси як подрібнення, так і подрібнення з аерацією. У другому випадку число обробок бурта може становити від 5 до 8 разів. Тоді, подрібнення відбувається у першій та другий раз, а далі відбувається активне перемішування з аерацією органічної маси.

Подрібнення при компостуванні забезпечує зменшення розмірів включень матеріалу шляхом руйнування їх під дією зовнішніх сил. Подрібнення вважається однією з допоміжних операцій, що застосовуються при компостуванні. Доцільність включення операцій подрібнення в технологічні схеми виробництва органічних добрив визначається, в основному, вимогами до складників компостів і напрямків застосування процесів: збагачувального, термічного, біотермічного та ін. Подрібнення прийнято називати крупним, якщо обробляються включення матеріалу з поперечним розміром від 1000 до 200 мм, середнім і проміжним - в межах від 250 до 50 мм, дрібним - в межах від 50 до 20 мм і тонким (помелом) - в межах від 20 до 3 мм, а в окремих випадках від 0,1 до 0,001 мм. Вибір розмірів залишкових включень впливає на ефективність процесу їх внесення у ґрунт.

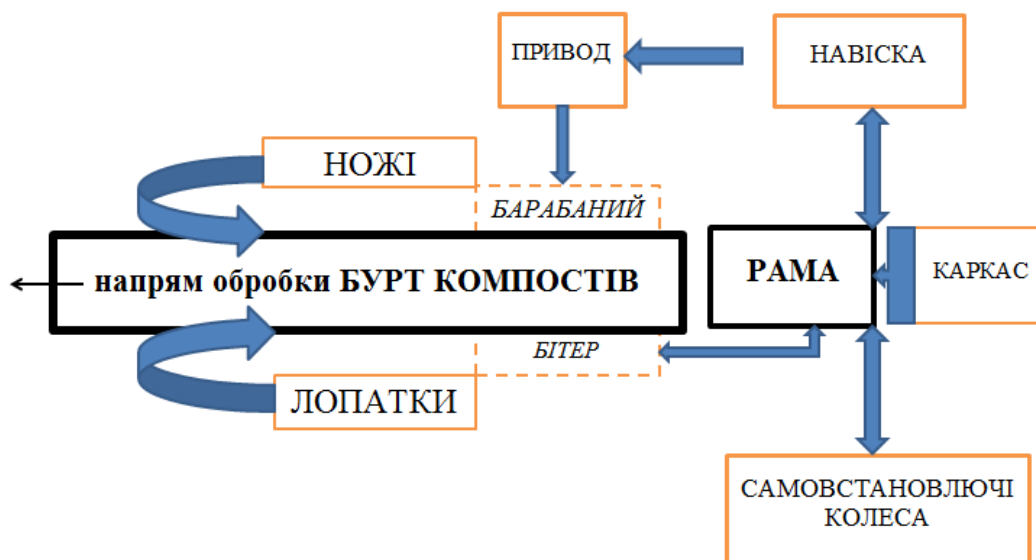


Рис. 2 – Структурна схема подрібнювача компостів для виробництва органічних добрив(ОД)

«Мати здоровий ґрунт – це одне з важливих завдань агрономії, а компост є одним із ключових факторів оздоровлення ґрунту. Наприклад, в органічному виробництві обов'язкова вимога – покращення ґрунтових властивостей, це вимагається під час проведення сертифікації. Для виробників органічної продукції компост є важливим фактором отримання стабільних врожаїв, а отже – й прибутків» [1].

Негативна ситуація з підстилковим гноєм склалася також і на Поліссі. Аналіз сировинної бази даного регіону вказує на перспективу виробництва твердих органічних добрив шляхом компостування. При цьому основою нового виду органічних добрив можуть стати сапропелі прісноводних озер з додаванням соломи злакових сільськогосподарських культур. Такі добрива будуть наділені особливою властивістю – утримувати в собі зв'язну вологу тривалий час, не залежно від стану навколишнього середовища. Набути волого утримуючих властивостей сприяє озерний сапропель у якого структура твердої фази складається з колоїдів. Перед закладанням у бурти стебла злакових культур (рис.3), необхідно подрібнити.

У відповідності до представленої схеми, технологічна операція подрібнення необхідна у двох випадках: при підготовці соломи до закладання у бурти. Так вона виконує роль «подушки» та при забезпеченні подачі кисню у бурти шляхом аерації(перемішування-подрібнення) від 3 до 5 разів. Сапропелі прісноводних озер можна використовувати у природному стані вологістю 92 - 95%. Тоді для створення бурта висотою 1,5 м закладання проводиться пошарово – 500 мм солома + 100 мм сапропель. Після повного осідання шару через один день накладається наступний до встановлення необхідної висоти.

Виготовленні органічні добрива дозволяють зменшувати норму їх внесення до 2,5ц/га. без зниження ефективної дії на рослини у чистому вигляді. Основними технологічними операціями при застосуванні таких добрив є: підготовка складників компостування, закладання буртів, подрібнення з аерацією, завантаження і внесення готових добрив у ґрунт.



Рис.3 – Схема технологічних процесів виробництва органічних добрив на основі місцевих сировинних ресурсів природно - кліматичної зони Полісся

Таким чином, для досягнення високої ефективності впливу на продуктивність сільськогосподарських культур, при виробництві органічних добрив, необхідно виконати наступні вимоги до:

- вибору складників компостування;
- врахувати мету використання готової продукції;
- вибрати технологію виготовлення – з аеробним чи анаеробним процесом;
- оцінити технічне забезпечення для реалізації вибраної технології.

### Література

1. <https://superagronom.com/blog/115-kompostuvannya-efektivno-ekologichno-korisno-dlya-gruntiv>.
2. Шевчук М.Й. Сапропелі України: запаси, якість та перспективи використання: Монографія. Луцьк: Надстир'я, 1996. – 384 с.
3. <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/15278-sivalkysadzhalky-dlia-chasnyku.html>.



**УДК 621.327**

**В.А.Андрійчук, д.т.н., проф., М.І.Котик, Л.М.Костик, к.т.н., доц., Я.О.Філюк, к.т.н.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЗМІННІ СВІТЛОВІ ПОЛЯ ПРИ ВИРОЩУВАННІ РОСЛИН ЗАКРИТОГО ГРУНТУ**

**V.Andriiuchuk, Dr., Prof., M.Kotyk, L.Kostyk, Ph.D, Assoc.Prof., Ya.Filiuk, Ph.D**  
**VARIABLE LIGHT FIELDS AT INDOOR PLANTS GROWING**

Для вирощування рослин в умовах закритого ґрунту, окрім створення належних агротехнічних умов, важливим є забезпечення світлового режиму їх росту. При недостатньому сонячному опроміненні необхідно застосовувати досвічування штучними джерелами світла. При постійно зростаючих тарифах на енергоносії, застосування оптичного випромінювання в АПК необґрунтовано поменшало. Однак відомо, що в технологічному процесі культиваційних споруд оптичному випромінюванню немає альтернативи. Воно є найважливішим фактором, що створює мікроклімат для нормального розвитку рослин.

При виборі джерел світла важливу роль відіграє спектральний склад, інтенсивність потоку та розподіл випромінювання. Для рослин найбільш оптимальним є такі співвідношення окремих ділянок спектру: 30% - в синій області (390–490 нм); 20% - в зеленій області (490 – 590 нм); 50% - в червоній області (600 – 700 нм). Саме таке випромінювання найбільш ефективно сприяє процесам фотосинтезу, росту, морфогенезу та продуктивності рослин [1]. Звичайно для світлокультури рослин застосовують ксенонові лампи типу ДКСТ, натрієві лампи типу ДНаТ, металогалогенні типу ДРИ та значно рідше люмінесцентні лампи. Всі ці джерела світла мають складний спектр випромінювання, в якому фотосинтезна ділянка займає від 30 до 50%. ККД світлотехнічних установок з такими джерелами не перевищує 20-25%. Крім того вони споживають багато електроенергії і є складними для експлуатації та керування їх параметрами. В даний час найбільш енергоощадними є світлодіодні опромінювальні установки (ОУ). Вони дозволяють здійснювати підбір спектрального складу випромінювання як для певного типу рослин, так і на різних фазах їх розвитку, мають високу світловіддачу і є зручними при експлуатації та керуванні умовами опромінення.

Крім вибору джерел випромінювання у світлокультури рослин важливу роль відіграє режим опромінення. Перспективним напрямком є змінне та імпульсне опромінення, яке базується на двох стадіях процесу фотосинтезу – світловій і темновій [2]. В науково-дослідній лабораторії кафедри електричної інженерії були розроблені науково-технічні основи побудови засобів створення змінних світлових полів з широким діапазоном зміни параметрів. У різний час було виготовлено та випробувано кілька типів конструкцій опромінювальних установок: з обертанням опромінювача або його відбиваючого елемента навколо однієї чи двох осей; з прецесійним рухом опромінювача навколо вертикальної осі; зі зворотно-поступальним рухом та коливальним рухом опромінювача [3-4].

Заслужують на увагу роботи, присвячені моделюванню опромінювальних установок для світлокультури рослин та оцінки їх ефективності. Запропоновано математичні моделі опромінювальних приладів з круглосиметричним та несиметричним світловим розподілом, особливістю яких є взаємозв'язок їх трьох структурних елементів – джерела випромінювання, приймача опромінення та посівної ділянки. В експериментальних роботах по вирощуванню рослини у вегетаційно-кліматичних камерах при цілодобовому змінному опроміненні було доведено ефективність застосування змінного світлового поля з погляду підвищення продуктивності

фотосинтезу та зменшення енерговитрат на опромінення рослин. Встановлено, що річна економія електроенергії у результаті використання опромінювальної установки із зворотньо-поступальним рухом опромінювача з лампою ДНаТ-400 замість аналогічної опромінювальної установки неперервної дії на площі 230 м<sup>2</sup> при рівні опромінення ФАР 30 Вт/м<sup>2</sup> становить більше 10 тис. кВт·год. [5].

Новим напрямком у світлокультурі рослин є імпульсне опромінення. Відомо, що тривалість світлової фази в процесі фотосинтезу становить близько 0,00001 с, а темної - 0,01 с [1,2]. З появою світлодіодних джерел світла з дуже коротким часом післясвічення з'явилася можливість створення імпульсних опромінювальних пристроїв із заданою тривалістю світлового імпульсу та його шпаруватістю.

В НДІ кафедри було розроблено та змонтовано ОУ із регульованими параметрами світлового імпульсу [6, 7]. Експериментальні дослідження проведено з використанням міні-теплиць типу «Флора». В якості рослин використано відбірне насіння перцю типу Claudio. Як джерела випромінювання використовували компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ) Osram (як контроль та постійне опромінення), червоні та сині світлодіодні матриці потужністю 10 Вт для імпульсного опромінення (50% заповненість, період 0,1 с). Такі комбінації джерел випромінювання добре себе зарекомендували при вирощуванні рослин при постійному опроміненні. В експерименті проводили при трьох режимах опромінення: 1) КЛЛ (контроль, постійне випромінювання), рівень опромінення 3 клк; 2) КЛЛ+СД матриця червоного кольору свічення, рівень СД опромінення 2,04 мкмоль/(м<sup>2</sup>·с); 3) КЛЛ + СД матриця синього кольору свічення, рівень СД опромінення 16,34 мкмоль/(м<sup>2</sup>·с). Оцінка ефективності імпульсного випромінювання проводилась за флюоресценцією листка рослини та її ростових і морфометричних параметрах: суха та сира маса, площа листка, хлорофіли *a* та *b* та основні каротиноїди. Дані показники виявились найвищими в теплицях, де на фоні постійного опромінення білим світлом використовувалось імпульсне монохроматичне, що свідчить про позитивний вплив додаткового імпульсного опромінення на ріст і розвиток рослин [6, 7].

### **Література**

1. Степанчук Г.В., Ключка Е.П., Пономарева Н.Е. Оптические электротехнологии переменного облучения растений в культивационных сооружениях: монография. – Зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2013. – 208 с.
2. Биофизика фотосинтеза. / Под ред. А.Б.Рубина. – М.: Изд-во МГУ. 1975. – 224с.
3. Пат. UA № 46878, 7 A01G9/28. Опряміююча установка для світлокультури рослин / Андрійчук В.А., Воркун С.В. – № 99063707; заявл.30.06.1999; опубл. 17.06.2002, Бюл. № 6.
4. Пат. UA № 47508, 7 A01G9/26. Установка для переривчастого опромінення рослин / Андрійчук В.А., Бакушевич Я.М., Воркун С.В. – № 99063708; заявл. 30.06.1999; опубл. 15.07.2002, Бюл. № 7.
5. Костик Л.М. Моделювання світлодіодних опромінювальних приладів для світлокультури рослин // «Електроніка та системи управління», №4(14), 2007. – С.151-156.
6. Kotik M.I., Andriychuk V.A., Kostik L.N., Gerts N.V., Gerts A.I. Pulse light stimulation of pepper sprouts cultivation / Light & Engineering . 2019 Special Issue.- Vol. 27.- P. 84-91.
7. Light pulsed irradiation in growing seedlings / Mariia Kotyk, Volodymyr Andriychuk, Pavol Spanik, Liubov Kostyk, Sergiy Potalitsyn // ICAAEIT 2021, 15-17 December 2021. - Tern. : TNTU, Zhytomyr «Publishing house „Book-Druk“» LLC, 2021. - P.40-45.

УДК 631.358.42

А.Д. Довбуш, Г.Б. Цьонь, канд. техн. наук

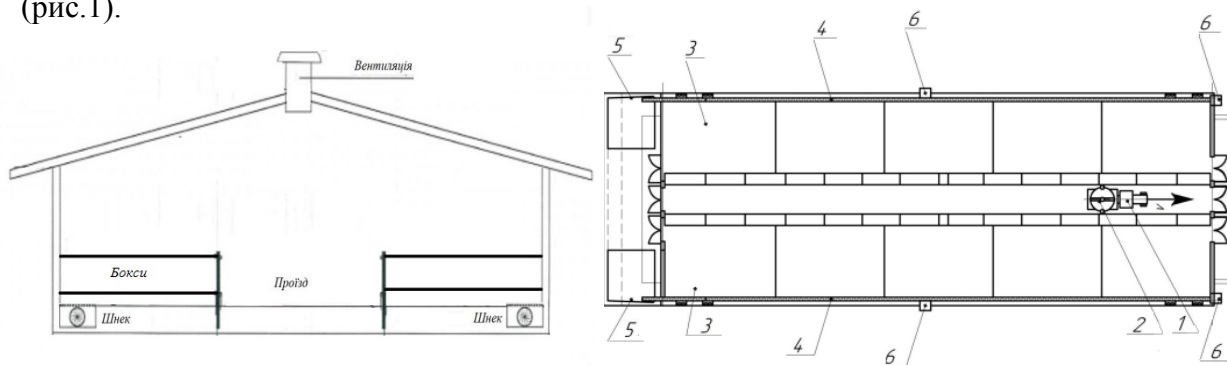
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ВИКОРИСТАННЯ ШНЕКОВИХ ТРАНСПОРТНИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ ІЗ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ

A.D. Dovbush, A.B. Tson, Ph.D

### USE OF SCREW TRANSPORT MECHANISMS FOR REMOVAL OF MANURE FROM LIVESTOCK FARMS

Основним об'єктом будь-якої тваринницької ферми – це приміщення у якому утримуються тварини. Вони повинні відповідати санітарно-гігієнічним нормам, бути безпечними із точки зору пожежної безпеки, просторими, з вільним доступом до тварин із точки зору годування та прибирання гною. При проектуванні приміщення для утримання тварин слід передбачити вільний проїзд автотранспорту між боксами у яких утримуються тварини, а також допоміжні комунікації для годування та видалення гною (рис.1).



а)

б)

Рис. 1 – Схематизація тваринницької ферми а) поперечний перетин;

б) вид зверху

1 – мобільний роздатчик кормів; 2 – бункер кормороздатчика; 3 – бокс для утримання групи тварин; 4 – шнековий механізм транспортування гною; 5 – смінь для накопичення гною; 6 – електропривід механізму транспортування гною

Існуюче гносприбиральне обладнання тваринницьких ферм, а саме скребкові транспортери мають ряд недоліків: відкладення твердих фракцій матеріалу на основі транспортера та його затвердіння під час технологічних зупинок; рідка фракція гною переливається на опори кочення приводного механізму; привід поворотного пристрою транспортера розміщений за межами будівлі ферми і в зимовий період примерзає, сприяє корозії; необхідність постійного регулювання натягу ланцюга. Модернізація існуючих скребкових транспортерів, приводить до значного подорожчання машини. При проектуванні нової тваринницької ферми слід використати більш надійний транспортний засіб для транспортування гною. Пропонуємо замінити існуючий скребковий транспортер, більш простішим та надійнішим у експлуатації транспортером, а саме, шнековим механізмом (рис.2).

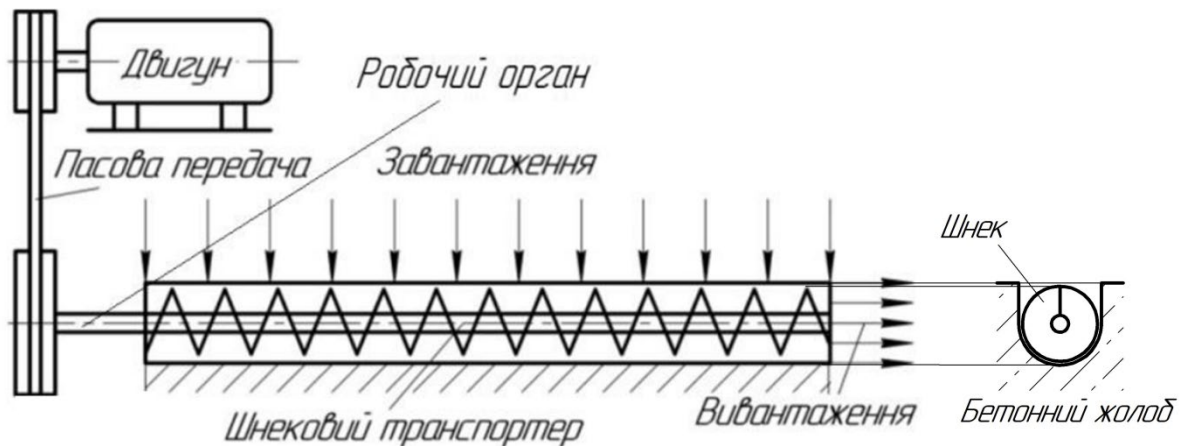


Рис. 2 – Технологічна схема видалення гною із тваринницької ферми

Розміщення шнекового транспортера в бетонному жолобі, який служить його кожухом спрощує і здешевлює конструкцію механізму видалення гною.

### Література

1. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Олексюк В. П. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина перша. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.
2. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Олексюк В. П. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина друга. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 246 с.
3. Lyashuk O., Vovk Y., Sokil B., Klendii V., Ivasechko R., Dovbush T. Mathematical model of a dynamic process of transporting a bulk material by means of a tube scraping conveyor *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, Volume 21, Issue 1, 2019, pp. 74–81.
4. Trokhaniak O. M., Hevko R. B., Lyashuk O. L., Pohrishchuk B. V., Dovbush T. A. Dobizha N. V. (2020), Research of the of bulk material movement process in the inactive zone between screw sections, *INMATEH-agricultural engineering*. vol. 60. no.1. pp. 261-268, Bucharest / Romania.
5. Гевко, Ів. Б., Довбуш, Т. А., Цьонь, О. П., Довбуш, А. Д., & Станько, А. І. (2021). Синтез гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями та результати їх дослідження. *Сільськогосподарські машини*, 47, 63-72.
6. Dovbush T., Dovbush A., Khomyk N., Tson H. (2021) Substantiation of flexible screw conveyor metal consumption under productivity maintenance conditions. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol. 103, no 3, pp. 33-42.
7. Гевко Р. Б. Деталі машин та основи автоматизованого конструювання : навчальний посібник до лабораторних робіт / Р. Б. Гевко, Н. І. Хомик, О. С. Жаровський, Т. А. Довбуш. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. – 256 с.
8. Довбуш А.Д. Прикладна механіка і основи конструювання : навчально - методичний посібник до розрахунково-графічної роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Н.А. Рубінець. – Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2015. – 116 с.
9. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи. Т. А. Довбуш , Н. І. Хомик, А. В. Бабій, Г. Б. Цьонь, А. Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.

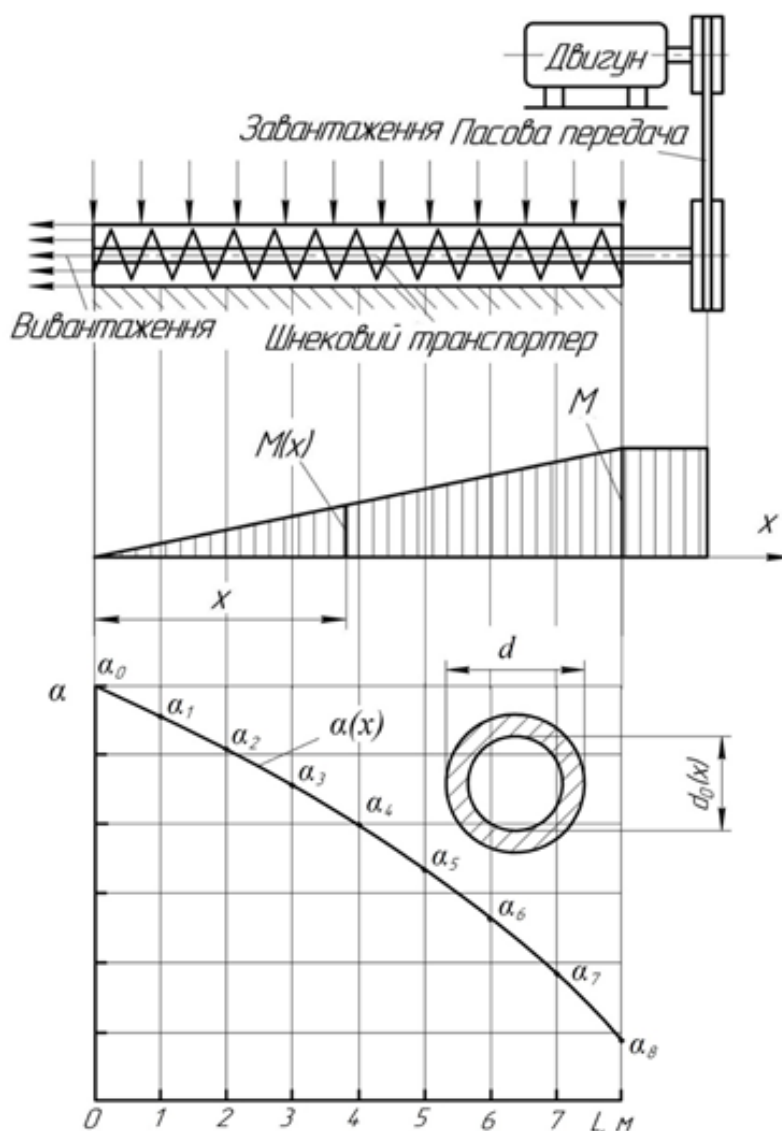
УДК 631.358.42

Т.А. Довбуш, канд. техн. наук, доц., Н.І. Хомик, канд. техн. наук, доц.  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### ЗНИЖЕННЯ МЕТАЛОМІСТКОСТІ ШНЕКОВИХ ТРАНСПОРТНИХ МЕХАНІЗМІВ ВЕЛИКОЇ ДОВЖИНИ

T.A. Dovbush, Assoc. Prof, N.I. Khomuk, Assoc. Prof  
REDUCTION OF METAL CONSUMPTION OF LONG-LENGTH SCREW TRANSPORT MECHANISMS

Використання шнекових транспортних механізмів у тваринницьких фермах значно зменшить затрати праці на прибирання гною із приміщень утримання тварин. Недоліком таких механізмів є велика його довжина і відповідно значна металомісткість конструкції.



Так, як завантаження гвинта по його довжині не рівномірне (рис. 1), є можливість зменшити вагу гвинта за рахунок компонування шнекового транспортного механізму із секцій рівного опору. Рекомендована максимальна довжина прямолінійного шнекового механізму 40м, який монтують із секцій довжиною 5м. Вал транспортера – труба круглого поперечного перетину. Використовуючи умову міцності для пустотілого вала, несучого елемента шнекового транспортера.

Рис. 1 – Схематизація навантаження на вал шнекового транспортного механізму, графік зміни  $\alpha(x)$  у залежності від координати  $x$ .

$$\alpha(x) \geq 4 \sqrt[4]{1 - \frac{16 \cdot M(x)}{\pi d^3 [\tau]}}$$

де  $M(x)$  – функція крутного моменту в залежності від координати поперечного

перетину,  $M(x) = \frac{M}{L} \cdot x$ ,

$[\tau]$  – допустимі дотичні напруження матеріалу вала.

$L$  – довжина лінії транспортування гною;  $\alpha(x)$  – відношення діаметрів,  $\alpha(x) = \frac{d_0(x)}{d}$ .

Графіки зміни  $\alpha(x)$  в залежності від координати  $x$  (рис 1).

Визначення мінімальних внутрішніх діаметрів секцій проводимо за формулами:

$$d_0(1) = \alpha_1 \cdot d, \quad d_0(2) = \alpha_2 \cdot d \dots d_0(k) = \alpha_k \cdot d.$$

Визначимо параметр  $\alpha(x)$  в залежності від координати поперечного перерізу (див. рис. 1).

### **Література**

1. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Олексюк В. П. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина перша. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.
2. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Олексюк В. П. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина друга. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 246 с.
3. Lyashuk O., Vovk Y., Sokil B., Klendii V., Ivasechko R., Dovbush T. Mathematical model of a dynamic process of transporting a bulk material by means of a tube scraping conveyor *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, Volume 21, Issue 1, 2019, pp. 74–81.
4. Trokhaniak O. M., Nevko R. B., Lyashuk O. L., Pohrishchuk B. V., Dovbush T. A. Dobizha N. V. (2020), Research of the of bulk material movement process in the inactive zone between screw sections, *INMATEH-agricultural engineering*. vol. 60. no.1. pp. 261-268, Bucharest / Romania.
5. Гевко, Ів. Б., Довбуш, Т. А., Цьонь, О. П., Довбуш, А. Д., & Станько, А. І. (2021). Синтез гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями та результати їх дослідження. *Сільськогосподарські машини*, 47, 63-72.
6. Dovbush T., Dovbush A., Khomyk N., Tson H. (2021) Substantiation of flexible screw conveyor metal consumption under productivity maintenance conditions. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol. 103, no 3, pp. 33-42.
7. Гевко Р. Б. Деталі машин та основи автоматизованого конструювання : навчальний посібник до лабораторних робіт / Р. Б. Гевко, Н. І. Хомик, О. С. Жаровський, Т. А. Довбуш. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. – 256 с.
8. Довбуш А.Д. Прикладна механіка і основи конструювання : навчально - методичний посібник до розрахунково-графічної роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Н.А. Рубінець. – Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2015. – 116 с.
9. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи. Т. А. Довбуш , Н. І. Хомик, А. В. Бабій, Г. Б. Цьонь, А. Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.



**УДК 641.539**

**О.І. Бабанова, Ю.Ю. Доломакін к.т.н., доц., І.Г. Бабанов к.т.н., доц.**

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

## **УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ТЕПЛООВОГО ОБРОБЛЕННЯ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ**

**O.I. Babanova, Y.Y. Dolomakin Assoc. Prof., I.G. Babanov Assoc. Prof.**

### **IMPROVEMENT OF THE METHOD OF HEAT TREATMENT OF SAUSAGE PRODUCTS**

На виробництві широко використовують класичний спосіб для проведення теплового оброблення ковбасних виробів, у якому після осадження, ковбасні вироби піддають копченню димоповітряною сумішшю при спалюванні дерев'яної сировини на протязі 2...3 доби при температурі 18...22 °С, після копчення ковбасні вироби підсушують на спеціальних стійках в сушильних агрегатах зального типу при температурі 10...12 °С і відносній вологості повітря 75 %.

Недоліком такого способу оброблення є значні втрати ваги ковбасних виробів при даній температурі проведення процесу та нестабільність розподілу кольороутворення оболонки ковбасного виробу. Це приводить до зниження інтенсивності процесу теплообміну та як наслідок погіршення якості готової продукції.

В основу удосконалення даного способу теплового оброблення ковбасних виробів поставлена задача інтенсифікації процесу теплового оброблення за рахунок створення безперервності процесу, поліпшення якості готових ковбасних виробів й зниження енерговитрат на процес.

Удосконалення процесу вирішується тим, що спосіб теплового оброблення ковбасних виробів що включає процеси копчення та сушіння ковбасних виробів, які проводять одночасно в двох секціях однієї термокамери при пульсаційній подачі димоповітряної суміші зі швидкістю 0,2...0,4 м/с, при температурі копчення 16...24 °С, відносній вологості 79...92 % протягом 3-х діб, при копченні тривалість циклу пульсаційної подачі димоповітряної суміші складає 60...90 хв. з інтервалом 60...90 хв., а при температурі сушіння 11...13 °С тривалість циклів подачі повітряної суміші в першому періоді сушіння складає 60...90 хв. з інтервалом 4...5 годин і відносній вологості повітря 80...90 %; в другому періоді сушіння тривалість циклу складає 90...120 хв. з інтервалом 4...5 годин і відносній вологості 70...80 %; в третьому періоді сушіння повітряна суміш подається постійно з відносною вологістю 55...70 % .

Удосконалення даного способу полягає в проведенні теплового оброблення ковбасних виробів одночасно в двох секціях однієї термокамери з пульсаційною подачею димоповітряної суміші, що суттєво обумовлює інтенсифікацію процесу, рівномірне кольороутворення та втрати вологи по шарах продукту, що призводить до безперервності процесу, поліпшення якості готових ковбасних виробів та зниження енерговитрат.

#### **Література**

1. Сухенко Ю.Г., Серьогін О.О., Сухенко В.Ю., Рябоконт Н.В. Ресурсозберігаючі технології в харчових і переробних виробництвах: [Підручник] / За ред. проф. О.О. Серьогіна. – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2016. – 338 с.

**УДК 641.523**

**О.І. Бабанова, С.Д. Беседа, І.Г. Бабанов к.т.н., доц**

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕЧІ ДЛЯ ВИПІКАННЯ М'ЯСНИХ ХЛІБІВ ЗІ ЗМІНОЮ МЕТОДУ ТЕРМООБРОБЛЕННЯ ПРОДУКТУ**

**O.I. Babanova, S.D. Beseda, I.G. Babanov Assoc. Prof.**

### **IMPROVEMENT OF THE OVEN FOR BAKING MEAT LOAVES WITH A CHANGE IN THE METHOD OF HEAT TREATMENT OF THE PRODUCT**

Серед основних технологічних процесів виробництва м'ясних хлібів одне з найголовніших місць займає теплове оброблення виробу, яке відрізняється великою енергоємністю. Традиційним способам теплового оброблення властива низка недоліків, головними з яких є великі тривалість та трудомісткість процесу, енерго та ресурсомісткість, недостатньо висока якість готових виробів. Використання електрофізичних способів нагрівання, зокрема ІЧ-випромінювання для теплового оброблення м'ясних хлібів, дасть можливість істотно інтенсифікувати процес, зменшити енерговитрати, підвищити якість готових виробів та поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці.

У зв'язку із підвищенням ціни на газ і нерітмічною його подачею, пропонується змінити джерело теплоти в печі для випікання м'ясних хлібів, тобто використовувати електрофізичний спосіб замість нагрівання газом, що згоряє. Для цього потрібно обладнати ротаційну піч нагрівачами ІЧ-випромінювання.

Основною перевагою термооброблення ІЧ-випромінюванням є забезпечення санітарно-гігієнічної безпеки готових виробів, отримання більш високих показників вологоутримуючої здатності білків, зменшення тривалості процесу, підвищення органолептичних показників якості зрівняно з традиційним жарінням.

Фізична сутність механізму ІЧ-випромінювачів заснована на тому, що воно може проникати в продукт на певну глибину і в процесі теплового оброблення змінюються оптичні характеристики поверхневих шарів продукту: нагрів центральних шарів призводить до утворення водяної пари, яка інтенсивно поглинає ІЧ-випромінювання. Одночасно утворюються високі концентрації теплової енергії в поверхневих шарах продукту, завдяки чому отримується піджаристої шкоринка.

Удосконалення полягає в обладнанні ротаційної печі нагрівачами ІЧ-випромінювання. Це дасть можливість інтенсифікувати процес, зменшити енерговитрати, підвищити якість виробів, поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці та зменшити габарити установки.

### **Література**

1. Усовершенствование производства колбасных изделий с применением электрофизических методов обработки / І.Г. Бабанов, О.І. Бабанова, В.М. Михайлов, А.О. Шевченко // Scientific Works of University of Food Technologies. – Plovdiv, 2015. – V. LXII. – P. 763–766.

**УДК 631.36**

**О.І. Бабанова, Ю.Ю. Доломакін к.т.н., доц, К.А. Омеляненко**

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРІВ ДЛЯ СОЛОДОВОЇ ДРОБИНИ**

**O.I. Babanova, Y.Y. Dolomakin Assoc. Prof., K.A. Omelianenko**

### **STUDY OF THE OPERATION OF PRESS GRANULATORS FOR MALT GRAIN**

Солодова дробина – відхідний продукт варильного цеху, яка містить в собі цінні харчові частинки ядер і оболонки відпрацьованого зерна. Свіжа дробин швидко псується і вимагає значних матеріальних затрат при транспортуванні. Тому утилізацію дробини проводять на території пивзаводу. Усі необхідні технологічні процеси для переробки солодрвої дробини такі як сушіння і гранулювання, являються важливими етапами при отриманні якісного і дешевого корму для тваринної галузі.

Солодова дробина з варильних агрегатів, поступає в приймальні бункера цеху, з утилізації даного продукту. З цього момент пивна дробина постає не як відхідний продукт, а як основна сировина для виробництва гранул.

Для транспортування такого в'язкого продукту по цеху і взагалі підведення його до виробничого обладнання, застосовують шнекові конвеєра. Саме такі транспортери мають ряд переваг над іншими: простота конструкції і нескладність технічного обслуговування, невеликі габаритні розміри у порівнянні з іншими транспортувальними пристроями (стрічковими і пластинчастими конвеєрами) однакової продуктивності, герметичність конструкції.

Як правило перед прес-гранулятором в обов'язковому порядку встановлюють шнековий зволожувач. Такий зволожувач дуже схожий на шнековий транспортер, але навідміно від нього зволожувач по всій своїй довжині оснащений гідро дозаторами, які завдяки циліндричній конструкції корпусу агрегату, дозволяють рівномірно проводити процес зволоження по всій площині продукту, що з економічної точки зору являється більш доцільним.

Не малий вклад в проведені утилізації пивної дробини має процес висушування в барабаній багатотрубній сушарці. Але попри все процес сушки вимагає значної кількості енергоносіїв. Тому для зменшення енергоємності виробництва можна реалізувати проект реконструкції системи тепlopостачання. А саме вже використану пару з сушварильних агрегатів, перенаправляти на сушку солоду. Тоді для сушки дробини частково використовуватимеця вторинний пар з 100% поверненням конденсату в котельню. Цим самим отримаємо економію близько 35 тис. м<sup>3</sup> природного газу на місяць.

Для виготовлення готової продукції цеху по утилізації солодової дробини застосовують прес-гранулятори. Гранули отримують шляхом пресування через перфорований робочий орган преса, який називається матрицею. Найбільшого застосування набули преса-гранулятори з плоскими матрицями, які мають калібровані отвори - фільтери. Крім того такі преси дають можливість виготовляти гранули бажаного складу шляхом забезпечення введення як рідких так і сипучих добавок. Для продавлювання продукту крізь матрицю служать валки. Існують два види цих пресів: з рухомою матрицею і нерухомими валками та з нерухомою матрицею і рухомими валками. Валки, як правило, мають парну кількість і розміщуються у вузлі, який називають головою. Валки можуть бути циліндричної і конічної форм. В пресах з циліндричними валками кутова швидкість рівномірна по всій ширині матриці тому

зношення валків і матриці рівномірне по всій робочій зоні. Це забезпечує більш тривалий термін служби робочих органів.

Спираючись на всі вище перелічені складові функції та критерії по виготовленню гранул, на даний час на світовому ринку агрегатів з виробництва гранул, відповідаючим на такі жорсткі критерії дуже мало, одним з них являється прес

німецької фірми КАНЛ. Обумовлено це тим, що при порівнянні такого агрегату з найближчим конкурентом по будові та принципу дії, російським пресом БП-5, яскраво виражена його перевага над ним.

В першу чергу обидва прес-гранулятори являють собою машини безперервної дії, що беззаперечно вказує на їх високий рівень ККД, але в плані експлуатації до першого ТО БП-5 буде значно поступатися конкурентові ізза складності вузлів агрегата, а саме трубовал на якому закріплена матриця, контактує з валом в середині нього, що в свою чергу впливає на збільшення площі тертя, привідного трубовала і на підшипникові опори в плані загальної маси. Німецька компанія вирішила це питання по іншому - закріпивши матрицю нерухомо, а в ролі привідного механізму виступають самі пресуючі валки, які закріплені жорстко на привідному валу. Дане рішення запобігає зменшенню витрат енергії і збільшує ресурс всього агрегату.

В якості привідної системи КАНЛ застосовують черв'ячна передача. Саме така система беззаперечно може гарантувати роботу, при різних навантаженнях та різновидності матриць. Все це обумовлено тим що черв'ячна передача дає змогу передавати великі зусилля при мінімальному крутному моменті. На відміну від БП-5 в якого привідна система конічного типу, при роботі якої потрібно не допускати надмірних навантажень, адже високий крутний момент такої передачі може пагубно вплинути на подальшу роботу прес-гранулятора. Тому для подальшої роботи обираємо прес-гранулятор фірми КАНЛ для гранулювання солодової дробини.

### **Література**

1. Науменко О.А., Бойко І.Г., Нанка О.В. Машини та обладнання для тваринництва. Том 1.–Х.: ХНТУСГ, 2006. –225 с.
2. Сухенко Ю.Г., Серьогін О.О., Сухенко В.Ю., Рябоконт Н.В. Ресурсозберігаючі технології в харчових і переробних виробництвах: [Підручник] / За ред. проф. О.О.Серьогіна. – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2016. – 338 с.

**УДК 669.539**

**В.П. Олексюк канд. техн. наук, доц., А.В. Олексюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ЖИВИЛЬНО-ПОДРІБНЮЮЧИХ АПАРАТІВ КОРМОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

**V.P. Oleksyuk Ph.D., Assoc. Prof., Oleksiuk A.V.**

### **IMPROVEMENT OF THE CONSTRUCTIONS OF FOOD-CUTTING APPARATUS FOR FORAGE HARVESTER**

Подрібнення рослинної маси є основною, найбільш енергоємною операцією, що виконується кормозбиральними машинами. Подрібнювачі кормозбиральних комбайнів, що застосовуються в нашій країні при збиранні кукурудзи в фазі воскової і повної стиглості, не забезпечують необхідної якості подрібнення зерна, і як наслідок частина його, приблизно 30% проходить транзитом через травний тракт тварин і не засвоюється належним чином.

Тому актуальним є подальше вдосконалення конструкцій живильно-подрібнюючих апаратів кормозбиральних комбайнів з метою забезпечення ними необхідної якості подрібнення. Ця проблема може бути вирішена шляхом монтування в живильно-подрібнюючі апарати доподрібнюючих пристроїв.

Дослідження показують, що навіть при налаштуванні живильно-подрібнювальних апаратів кормозбиральних комбайнів на мінімальну довжину різання, кількість дроблених зерен кукурудзи не перевищує 40-55%. Тому кормозбиральні комбайни, які випускаються закордонними фірмами, з метою підвищення поживності корму обладнуються різними доподрібнюючими пристроями. Для цієї мети широко застосовуються решітні і терткові поверхні.

Для додаткового подрібнення зерен кукурудзи застосовують також пристосування, які чинять ударну дію, розмелювання, роздавлювання. Широко застосовуються доподрібнюючі пристрої без елементів тертя – так звані вихрові камери. Для доподрібнення кукурудзи зі збільшеним вмістом сухої речовини застосовуються профільовані розчавлюють вальці.

Аналіз літературних джерел дозволяє виділити наступні конструктивні схеми пристроїв для доподрібнення зерен кукурудзи: барабанний подрібнювально-швирковий апарат з рифленим рекатером; дисковий подрібнюючий транспортуючий апарат зі швирковими лопатками гребінчастого типу, відбійною гребінкою встановленою нерухомо і рифленим рекатером; барабанний подрібнюючий апарат з перфорованим рекатером і додатковими пристроями для транспортування маси; барабанний подрібнювально-швирковий апарат з двома вальцями для доподрібнення (вальцьовою дробаркою) і додатковими пристроями для транспортування подрібненої маси; барабанний подрібнювально-швирковий апарат з роторною дробаркою; подрібнювальний транспортуючий апарат з інерційно-поворотним піддоном (петлею Кемпера). На сьогоднішній день жодна із схем не відповідає повністю поставленим вимогам. Застосування більшості з цих схем істотно ускладнює конструкцію комбайнів. Всі схеми знижують його продуктивність.

Наявність гвинтових конвеєрів також ускладнює конструкцію пристроїв і підвищує їх енергоємність. Вальцьові дробарки забезпечують стовідсоткове дроблення корму до необхідного ступеня. Тому введення їх в технологічну схему комбайнів, незважаючи на ускладнення конструкції, може бути виправдане при заготівлі силосу і сінажу для свиней, так як лише ретельне дроблення (помел) зерен кукурудзи забезпечує їх засвоюваність організмом тварин, які не мають досконалого жувального апарату.

**UDC 631.356.22**

**V.A. Boyko, graduate student**

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

## **THE RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF ROOT CROPS HAULM HARVESTING**

The further intensification of the modern development of agricultural production is possible based on the mechanization of all of production processes. It can be achieved by ensuring of development and implementation modern highly efficient harvesting technologies of products of crops, including and roots.

One of the most time-consuming operations in the technological process of production of root crops is harvesting of haulm.

Modern directions of development of single-phase self-propelled bunker machines for cleaning root crops anticipates modular principle of their construction.

The first stage of single-phase harvesting technology of root crops is a two-step method of picking haulm. It's harvesting of main body of haulm by rotary haulm cutter with the following cutting of residues of haulm by cutter heads root crops like "passive knife-passive copier" [1, 2].

The problem of increase of technical level of haulm harvesting modules remains the particularly relevant in the terms of further development of root crop machinery. The main criteria for evaluation of modules is the quality indicators of cutting tops.

Therefore developing and improvement of structural-layout schemes of machines (modules) and justification of parameters of their working bodies should be carried out taking into account the specific features of the process.

This is especially important and actual in terms of providing the necessary quality indicators in accordance with the requirements.

The cutter of heads root crops (like "passive knife-passive copier") not ensure of required quality indicators of cutting.

The number of partially pulled out from the soil root crops during the contact interaction of the copier, knife and a heads of root crops exceeds 1.5% [3, 4].

For decrease the number of partially pulled out root crops by copier and a knife we proposed an improved construction of cutter heads of root crops.

Were carried out comparative experimental studies on the field to determine of technological efficiency of using construction of improved cutter that is installed on machine for harvesting haulm.

It was investigated in three ways:

- a serial cutter of heads root crops (firms «Kleine», «Moreau», «Tim» and etc.);
- cutter of heads root crops which has a spring-loaded knife and cutter of heads root crops which has a spring-loaded knife and copier is installed on shock absorber in the form of an elastic plate.

Variable factors of two-factor experiment were accepted:

- speed of machine (vehicle) 1.2...1.8 m / s;
- the height of the root crops in relation to ground level 3...9 c.

The regression equations which received after processing of general sample of the experiments are received. They describe the dependence of the number of partially pulled out from the soil root crops for three types of cutter heads root crops:

- of the number of root crops as a percentage (the sample size was 100 units):

$$B_{1k} = -12,64 + 34,17V_M - 12,47h_k + 3,75V_M h_k - 10,42V_M^2 + 0,98h_k^2; \quad (1)$$

$$B_{2k} = 10,26 + 10,83V_M - 12,78h_k + 4,17V_M h_k - 5,21V_M^2 + 0,8h_k^2; \quad (2)$$



$$B_{3k} = 57,93 - 36,7V_M - 15,03h_k + 3,75V_M h_k + 7,29V_M^2 + 1,2h_k^2; \quad (3)$$

- of the total mass of root crops as a percentage (the sample size was 100 units):

$$B_{1m} = -0,13 + 2,92V_M - 1,63h_k + 0,54V_M h_k - 1,04V_M^2 + 0,12h_k^2; \quad (4)$$

$$B_{2m} = 2,33 + 0,25V_M - 1,6h_k + 0,5V_M h_k - 0,31V_M^2 + 0,1h_k^2; \quad (5)$$

$$B_{3m} = 5,83 - 3,67V_M - 1,6h_k + 0,42V_M h_k + 0,73V_M^2 + 0,11h_k^2; \quad (6)$$

According to the obtained regression equations (1)-(6) is constructed response surface (Fig. 1, 2). These equations describe the dependence of the change the number of partially pulled out root crops from the soil by working bodies of machine for harvesting haulm as a functional of  $B_i = f(V_M; h_k)$ .

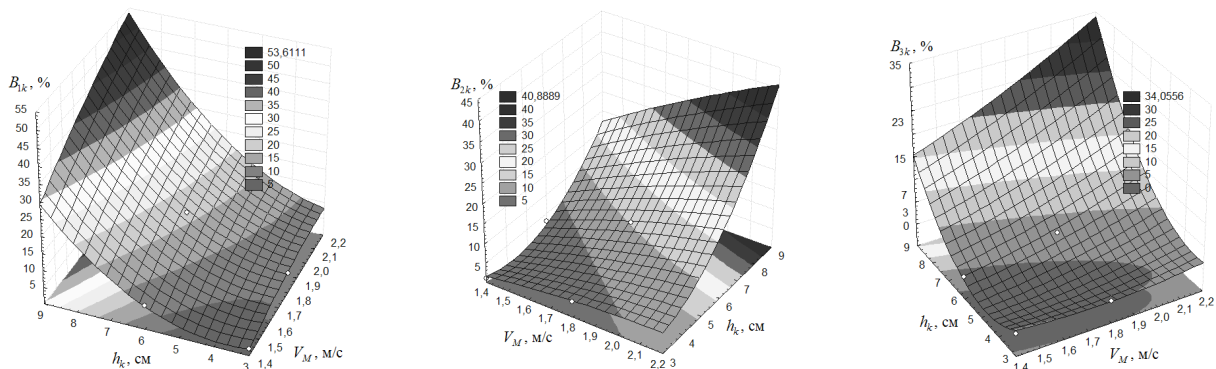


Fig. 1 – The response surface as a functional of  $B_{ik} = f(V_M; h_k)$

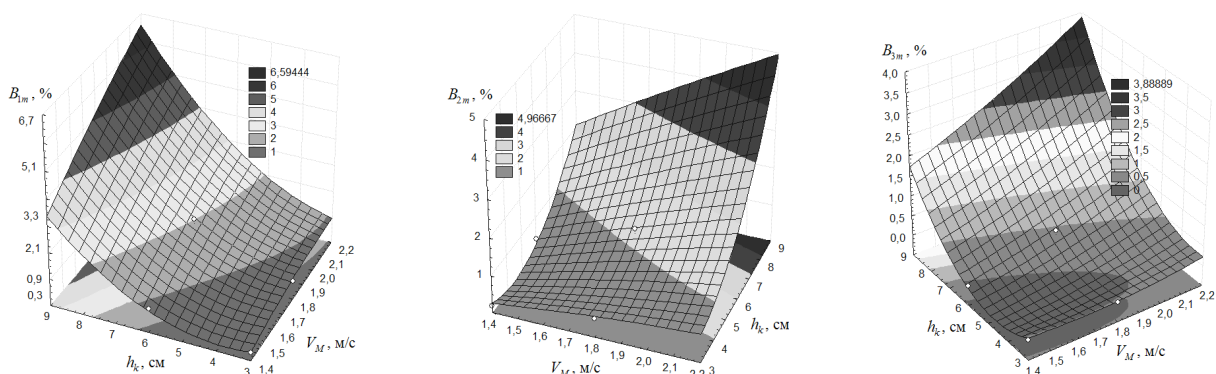


Fig. 2 – The response surface as a functional of  $B_{im} = f(V_M; h_k)$

## References

1. Войтюк Д.Г., Барановський В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник ; за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.
2. Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р., Теслюк В.В., Онищенко В.Б. Основи розробки адаптованих транспортно-технологічних систем коренезбиральних машин : монографія. Вид. Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2014. 351 с.
3. Baranovsky V. Dubchak N. Pankiv M. Experimental research of stripping the leaves from root crops. Acta technologica agriculturae. 2017. Vol. 20. Part 3. P. 69 – 73.
4. Барановський В.М., Рамш В.Ю. Оптимізаційні математичні моделі процесу викопування вороху коренеплодів пасивним сферичним диском. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2002. № 12(2). С. 337 – 349.

**УДК 631.356.22**

**О.Г. Кухар**

Дрезденський технологічний університет, Німеччина

## **СПОСІБ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ ТА КОНСТРУКЦІЯ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ**

**O.G. Kukhar**

### **THE METHOD OF CLEANING THE BOOT AND THE CONSTRUCTION OF THE BOOT REMOVAL MODULE**

Першим етапом процесу збирання крупних коренеплодів є енерговитратна технологічна операція зрізування основного масиву гички з їх головок, наявний вміст якої у зібраних коренеплодах значно знижує якість сировини та вихід продуктів їх переробки.

Технологічний процес збирання гички з довгоплідних великорозмірних коренеплодів, таких як цукрові та кормові буряки, коренеплоди цикорію (в подальшому – коренеплоди), регламентується в першу чергу агротехнічними характеристиками та фізико-механічними властивостями врожаю в період його збирання, а також конструкцією робочих органів і компоновальними схемами машин і пристроїв [1].

Важливою умовою отримання доброякісного сировини для переробної та харчової галузі агропромислового комплексу є своєчасне збирання коренеплодів згідно встановлених агротехнічних показників якості. Як пізно, так і занадто раннє збирання коренеплодів призводить до значних втрат багатьох видів структурних природних компонентів, або зниження якості сировини для її переробки [2].

Велика різноманітність конструктивних та компоновальних схем гичкозбиральних модулів тісно пов'язана, як з існуючими способами збирання гички, так і з агротехнічними вимогами до показників якості їх роботи.

За час розробки та практичного застосування перших механізованих пристроїв для викопування коренеплодів (Франція, 1890 р. та Бельгія, 1907 р.) інженерами та науковцями розроблено багато різновидностей робочих органів складових модулів машин, які призначені для збирання гички коренеплодів.

За різноманітності технологій збирання гички найбільш поширеним способом, який застосовується в теперішній час є двостадійний спосіб збирання гички робочими органами гичкозбирального модуля. Збирання гички з головок коренеплодів реалізується шляхом різання пучка гички лезом ножа, яке застосовують, як для збирання основного масиву гички за принципом безкопінного зрізування, так і для обрізування залишків гички з головок коренеплодів за принципом безпідпінного різання. Далі зрізана гичка вивантажується у валок, або розкидається на зібране поле.

Розкидання гички на поверхню поля систематизують за двома критеріями класифікації – розкидання подрібненої гички на поверхню поля з якої викопано коренеплоди та розкидання гички на поверхню поля невикопаних коренеплодів.

Другий критерій передбачає розкидання зрізаної та подрібненої ножами роторного гичкоріза гички на поверхню поля у рядок та міжряддя невикопаних коренеплодів. Спосіб, за якого зрізану та подрібнену гичку розкидають на поверхню поля незібраних коренеплодів є значно менш енергомістким, порівняно з способом вивантаження гички у валок, або її розкиданням на поверхню зібраного поля.

Проте основними недоліками двох способів збирання основного масиву гички коренеплодів розкидання зрізаної гички в межі рядка захисної зони коренеплодів – у першому випадку це втрати гички під час її зрізування ножами роторного гичкоріза, а в другому – втрати та технологічне переміщення гички у рядки невикопаних

коренеплодів. При цьому наявність гички на поверхні поля незібраних коренеплодів значно знижує технологічні можливості коренезбиральної машини у контексті дотримання агротехнічних вимог до показників якості викопування та очищення викопаних коренеплодів від домішок [3].

В основу рішення наукової задачі підвищення технологічної ефективності збирання коренеплодів нами запропоновано удосконалений спосіб збирання гички коренеплодів та висунуто робочу гіпотезу, яка передбачає одночасне зрізування та заробляння в ґрунті середовищі гички, яка зрізується та укладається в міжряддя невикопаних коренеплодів.

Спосіб збирання гички коренеплодів реалізується наступним чином.

Збирання гички коренеплодів запропонованим способом передбачає зрізування та подрібнення основного масиву гички ножами роторного гичкоріза, одночасне транспортування подрібненої гички в направляючому каналі та розкидання подрібненої гички на поверхню ґрунту в міжряддя невикопаних коренеплодів у зону розташування ділильних дисків, причому розкидану гичку на поверхні ґрунту в міжрядді невикопаних коренеплодів додатково подрібнюють та заробляють в ґрунт.

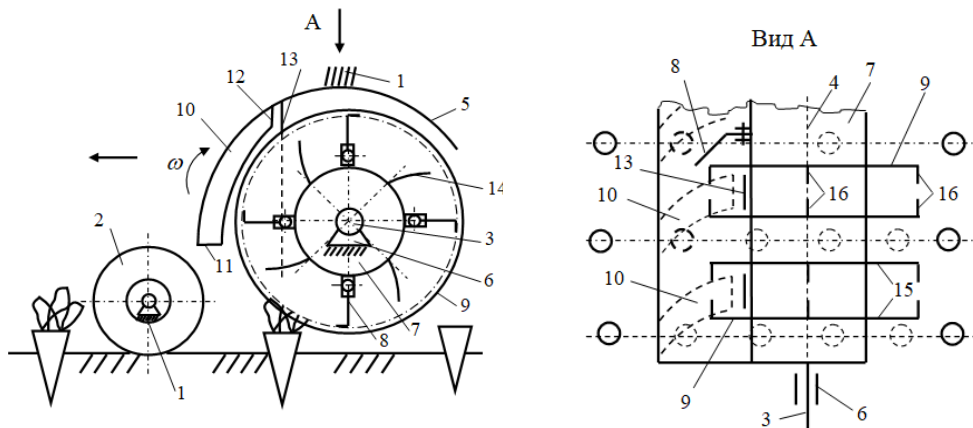


Рис. 1 – Конструктивна схема гичкозрізувального модуля

Гичкозрізувальний модуль складається з рами 1, на якій послідовно встановлено опорні колеса 2, вал 3, дугоподібний кожух 5. Вал 3 встановлено в опорах 6, які змонтовано на рамі 1. На барабані 7 вала 3 закріплено гичкозрізувальні ножі 8 Г-подібної форми. Між гичкозрізувальними ножами 8 на барабані 7 та у міжрядді коренеплодів розташовано ділильні диски 9. На внутрішній частині дугоподібного кожуха 5 встановлено направляючі канали 10 для транспортування гички. Направляючі канали мають вхідний 11 та вихідний 12 отвори. За вихідним отвором 12 кожного направляючого каналу 10 встановлено фартух 13. На барабані 7 вала 3 між суміжними гичкозрізувальними ножами 8 встановлено дугоподібні лопаті 14. Лопаті 14 розміщено під кутом до поперечного січення барабана 7. На внутрішній стороні 15 суміжних ділильних дисків 9 радіально по їх периферії встановлено ножі 16.

#### Література

1. Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р., Теслюк В.В., Онищенко В.Б. Основи розробки адаптованих транспортно-технологічних систем коренезбиральних машин : монографія. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2014. 351 с.
2. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник : за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 С.
3. Baranovsky V. Dubchak N. Pankiv M. Experimental research of stripping the leaves from root crops. Acta technologica agriculturae. 2017. Vol. 20. Part 3. P. 69 – 73.

**УДК 631.356.2**

**М.Р. Паньків, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**МОДЕЛЮВАННЯ – МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ  
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ  
КОРЕНЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН**

**M.R. Pankiv, Ph.D., Assoc. Prof.**

**SIMULATION – A METHOD OF OPTIMIZING WORKING PROCESSES OF  
TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS  
ROOT HARVESTING MACHINES**

Наукові дослідження складних технічно-технологічних машинних систем реалізуються на основі застосування сучасних методів пізнання, серед яких одним із найбільш ефективним є метод моделювання, використання якого дозволяє всебічне вивчення об'єктів, процесів, явищ тощо шляхом створення відповідного аналога або моделі [1].

Відкриті наукові пізнання точних наук (Аль Хорезмі, Ньютон І., Коперник Н., Ейлер Л. Леонардо да Вінчі, Леверє П. та ін.) надали значний поштовх до розвитку методологічних засад, які регламентували нові дослідження світового простору та появу перших структурних елементів моделювання в технічних системах і пристроях (Жуковський М., Тесла В., Цюлковський К. та ін.). Воно дозволяло вже тоді аналізувати недоступні або нереальні об'єкти та процеси.

Розвиток обчислювальної техніки, розробка перших ЕОМ (Глушков А.) дозволили надати дослідникам новий ефективний засіб моделювання технологічних процесів складних динамічних систем. Розробка та побудова аналога-моделі динамічних машинних систем здійснюється на основі застосування теорії ймовірності та теорії випадкових функцій, математичної статистики та комп'ютерного математичного програмування тощо, при цьому кінцевим продуктом дослідження є розробка та аналіз диференціальних і інтегральних рівнянь, які функціонально описують взаємозв'язки та явища безпосередньо самого об'єкту дослідження або технологічної системи [1].

Методи моделювання та характеристики моделей, які застосовуються під час дослідження складних технічних систем наведено на рис. 1.

Математичне моделювання, як метод оптимізації робочих процесів складних динамічних систем дозволяє до етапу створення реальної системи або об'єкту дослідження, або виникнення реальної ситуації розглядати та аналізувати можливі режими роботи, вибирати оптимальні методи керування процесом, прогнозувати об'єктивний стан системи тощо. Обчислювальні експерименти, які розробляються на основі математичних моделей, дозволяють експериментатору усвідомити за частковими результатами загальні принципи поведінки об'єкту дослідження, розвивати універсальні методи аналізу об'єктів різної фізичної природи, пізнати властивості процесів і систем, які досліджуються.

Окремо можна в методології математичного моделювання виділити механіко-математичні моделі (рис. 2), які описують складні технологічні процеси роботи сільськогосподарських машин, в тому числі і коренезбиральних машин, які призначені для збирання крупних великорозмірних коренеплодів цукрових і кормових буряків, а також коренеплодів цикорію.

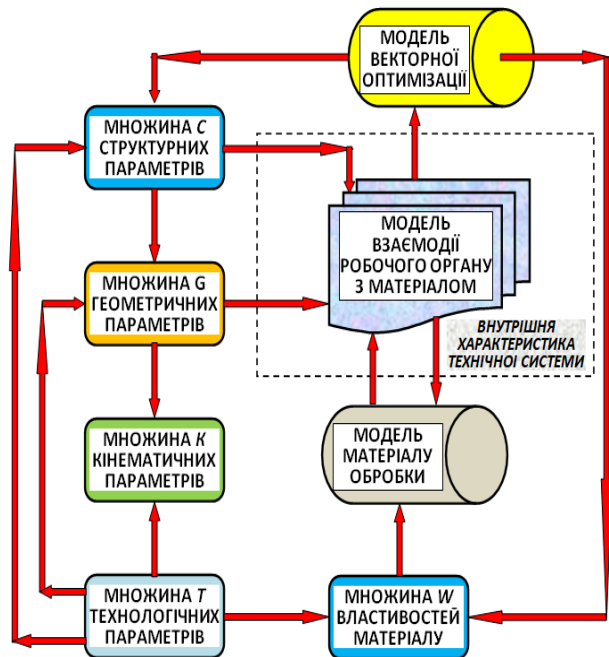
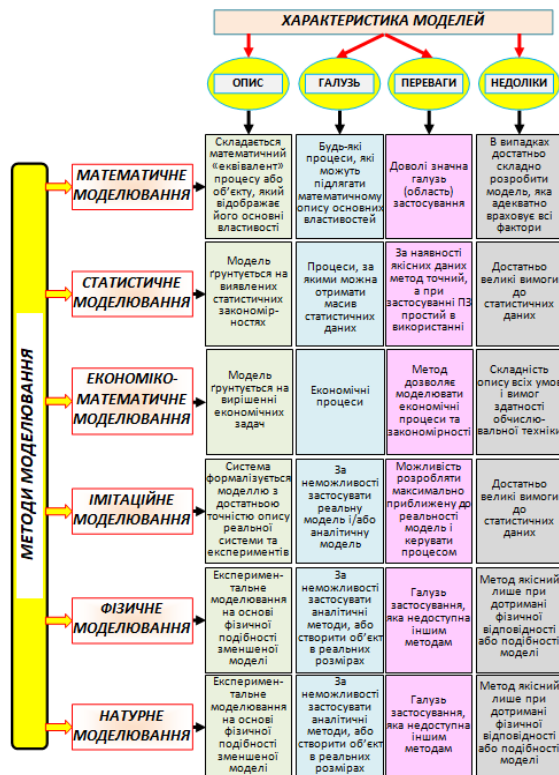


Рис. 2 – Структура механіко-математичної моделі технологічного об'єкту

Рис. 1 – Методи моделювання складних технічних систем та їх характеристики

Основою бази даних є множина технологічних параметрів  $T$  (рис. 2.), які є в даному випадку керованими або регульованими. Множина технологічних параметрів  $T$  формується з агротехнологічних вимог до процесу роботи технічної системи та керує внутрішніми величинами технологічно-математичної моделі, які поділені на чотири блоки або множини параметрів: множина властивостей матеріалу обробки  $W$ ; множина кінематичних параметрів процесу  $K$ ; множина структурних параметрів технологічного об'єкту  $S$ ; множина геометричних параметрів простору взаємодії  $G$ . Таким чином, системи математичних моделей в якості вхідних даних передаються такі вектори: вектор параметрів властивостей  $\vec{m}$  матеріалу обробки з множини допустимих альтернатив  $M$ ; вектор кінематичних параметрів процесу  $\vec{k}$  з множини допустимих альтернатив  $K$ ; вектор структурних параметрів  $\vec{c}$  (не записаний в одиницях вимірювання геометричних величин) з множини допустимих альтернатив  $S$ ; вектор геометричних параметрів простору взаємодії  $\vec{g}$  з множини допустимих альтернатив  $G$ .

В алгоритмі, який складений по математичній моделі, повинно бути враховано структуру композиційного проектування, коли підсистеми, які складають складну технічну систему, мають самостійний розвиток. А кінцевим результатом розробки програмної системи є перевірка адекватності моделі.

Тому, викладений підхід дозволяє здійснювати науково-методологічне проведення оптимізації робочих процесів і обґрунтовувати раціональні параметри та режими роботи робочих органів транспортно-технологічних систем коренезбиральних машин залежно від прийнятих обмежень згідно з цільовою функцією або існуючими вимогами.

### Література

1. Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р., Теслюк В.В., Онищенко В.Б. Основи розробки адаптованих транспортно-технологічних систем коренезбиральних машин : монографія. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2014. 351 с.

**УДК 637.5:66.01**

**С.Д. Беседа, І.М. Литовченко, канд. техн. наук, доц.**

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

## **ВПЛИВ ФОРМИ ПЕРЕДУВНИХ БАКІВ НА ТРАНСПОРТУВАННЯ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ**

**S.D. Beseda, I.M. Lytovchenko, assoc. Prof.**

### **THE INFLUENCE OF THE SHAPE OF PNEUMATIC PUMPING TANKS ON THE TRANSPORTATION OF MEAT PRODUCTS**

На м'ясокомбінатах виникає потреба транспортування рідин (кров, бульйон, фуза інше) а також шматкових продуктів, які не можуть перекачуватися насосами (подрібнена кістка, м'які та тверді конфіскати, подрібнена кістка). Для цього використовуються ємкісні витискачі періодичної дії – передувні баки.

В центрі його днища по вертикальній осі бака змонтований перехідний конус з фланцем для приєднання до транспортного трубопроводу.

Передувні баки працюють циклічно. Баки заповнюються на 80-85% об'єму продуктом, який після закриття затвору тиском стисненого повітря або пари витісняється з ємності і транспортується по трубопроводу.

Основним недоліком передувних баків є відносно низький коефіцієнт використання енергії стисненого повітря - близько 0,1.

Тривалість видалення продукту з баку визначається декількома параметрами: тиском повітря, що подається від компресора, та опорами руху, які визначаються будовою самого передувного баку.

Сумарні опори руху залежать від форми нижньої частини ємності (від початку звуження до вихідної труби), які визначають місцеві опори руху.

В цій роботі поставлена мета – дослідити вплив форми нижньої частини баку на загальну тривалість процесу витіснення продукту. Поставлена задача вирішується шляхом комп'ютерного імітаційного моделювання. Для цього був використана програма FlowVision фірми Tecsc.

Вона призначена для розрахунку гідро - та газодинамічних задач в широкому діапазоні чисел Рейнольдса в довільних тривимірних областях.

Фізичні параметри, які були використані, наступні: тиск повітря 0,4 МПа, в'язкість продукту 0,01 Па·с, густина 1050 кг/м<sup>3</sup>.

Візуалізація векторного поля швидкості дозволила визначити місця зміни величини швидкості та зміни напрямків руху продукту, що також дає можливість отримати інформацію про переваги тієї чи іншої форми ємності.

Графічні результати моделювання, представлені на рис. 1, дозволяють провести якісний аналіз впливу форми баку на процес витіснення продукту. Основні втрати енергії відбуваються в місцях зміни напрямків руху, тобто в нижній частині ємності, причому величина цих втрат пропорційна куту поворота потоку.

В ємності з еліптичним дном цей кут досягає 150°. На рисунку помітні значні завихрення в потоці біля стінок. Одночасно відбувається взаємне стикання потоків, які біля вихідного отвору спрямовані майже протилежно. Швидкість витікання через ці причини нестабільна і порівняльно невелика.

Перехід до конічного дна з кутом твірних 120° в незначній мірі змінює умови витікання продукту..



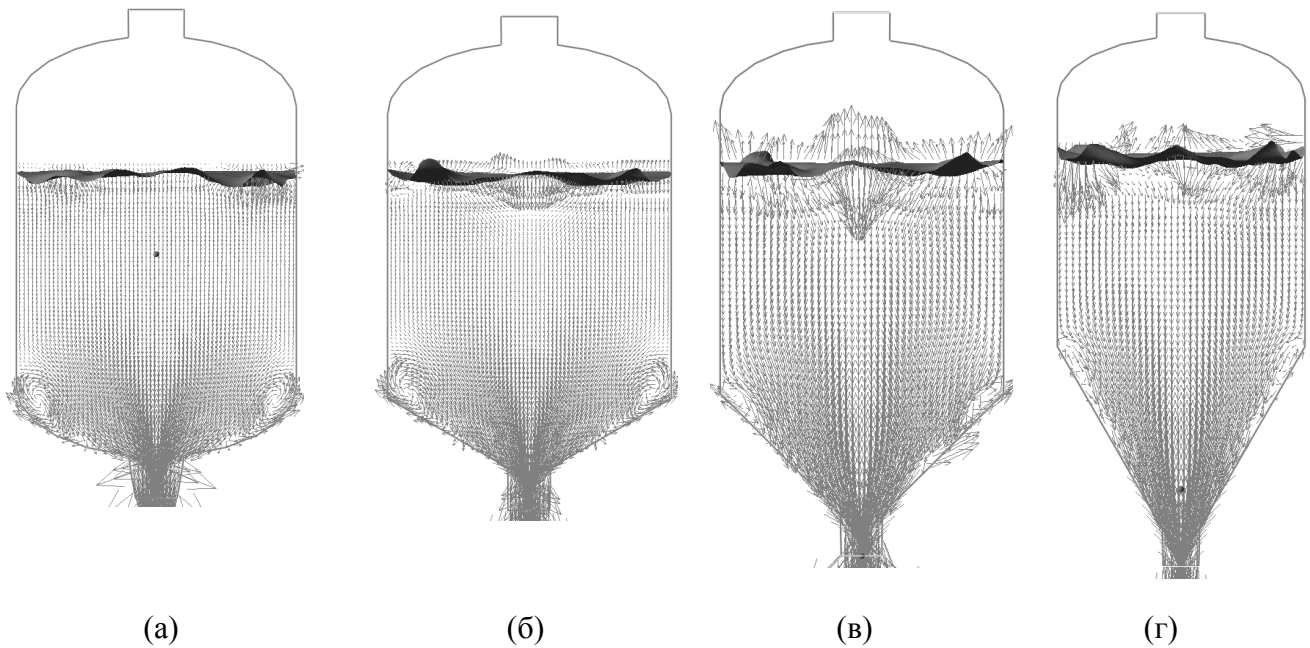


Рис. 1 – Вектори швидкостей потоків при різних кутах між твірними нижньої частини баку: (а) – стандартна еліптична; (б) –  $120^\circ$ , (в) –  $90^\circ$ , (г) –  $60^\circ$

Суттєві зміни відбуваються при зменшенні кута до  $90^\circ$ . Завихрення біля стінок зменшуються, швидкість потоку зростає. Відповідно зменшуються втрати енергії на здійснення процесу.

Позитивні зміни в русі потоку збільшуються при зміні кута до  $60^\circ$ . Подальше зменшення кута здається конструктивно невигідним через значне збільшення габаритної висоти передувного баку.

Узагальнити аналіз запропонованих форм дна можна шляхом порівняння швидкості витікання продукту. Наприклад, через 6 секунд процесу витіснення (продукт ще знаходиться в циліндричній частині баку), швидкість у вихідній трубі була відповідно а – 3,5 м/с; б – 4,0 м/с; в – 4,1 м/с; г – 5 м/с.

#### **Висновок**

Форма та пропорції передувних баків мають велике значення для якісного виконання їх функцій.

Встановлено, що конусна нижня частина баків ефективніша, ніж еліптична. При зменшенні кута між твірними конусу зростає швидкість спорожнення баків та зменшуються втрати стисненого повітря.

#### **Література**

1. С.Д. Беседа, І.М. Литовченко, О.І. Литовченко. Визначення втрат енергії на вході в накопичувачі м'ясних продуктів. // Харчова промисловість. м. Київ – 2021 – №29. – С. 83-93 -



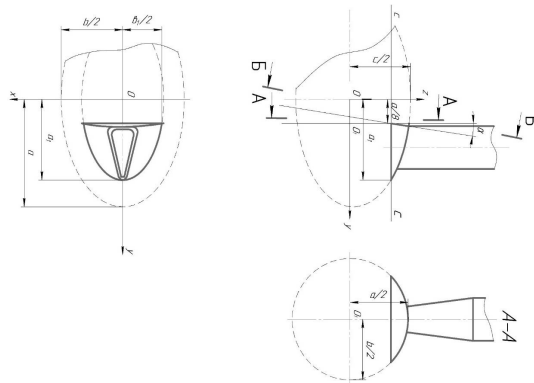


Рис. 2 – Розрахункова схема сошника для розкидної сівби зернових культур

Розподільник встановлений під кутом 30...60° до горизонталі з нахилом в напрямку робочого руху сошника, причому, по формі розподільник виконаний із забезпеченням перекриття проекції отвору насіннепроводу, крім того крила сошника і ущільнювач виконані у вигляді єдиної геометричної фігури, відповідно до залежності[3]:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 ; \quad (1)$$

де  $a$ - більша вісь центрального еліпсоїда;

$b$ - мала вісь центрального еліпсоїда;

$c$ - більша вісь еліпса, площина якого виконана перпендикулярно площині центрального еліпса і включає малу вісь  $b$ .

Площина центрального еліпса еліпсоїда, за допомогою якого утворена робоча поверхня крил, розміщена паралельно поверхні ґрунту, крім того єдина геометрична фігура, в якій об'єднані крила сошника і ущільнювач, утворена за рахунок площини основи, яка виконана паралельно площині центрального еліпса еліпсоїда на відстані відповідно до залежності:

$$\frac{2c}{5} < \frac{c}{3} < \frac{c}{4} , \quad (2)$$

і січної площини, яка відсікає робочу поверхню крил на відстані:

$$\frac{a_1}{10} < \frac{a_1}{8} < \frac{a_1}{6} , \quad (3)$$

$a_1$ - більша вісь еліпса еліпсоїда, утвореного при перетині еліпсоїда площиною основи під кутом  $\alpha=10...20^\circ$ , причому вертикальна стійка сошника встановлена на робочій поверхні крил зі співпаданням її площини симетрії з площиною еліпса виконаного перпендикулярно площині центрального еліпса еліпсоїда [4] .

Сошник для розкидної сівби зернових культур, який відрізняється тим, що площина основи виконана в еліпсоїді на відстані  $\frac{c}{3}$ , січна площина, яка відсікає робочу

поверхню крил виконана на відстані  $\frac{a_1}{8}$  під кутом  $\alpha=15^\circ$ .

**Висновки.** Наведено теоретичне узагальнення і нове технічне рішення наукової задачі, яка полягає у підвищенні рівномірності розподілу насіння зернових культур по площі поля сошником для підґрунтового-розкидної сівби з комбінованим розподільником, який виконаний у вигляді криволінійної призми та похилої ділянки. Вирішення проблеми підґрунтового-розкидної сівби та нерівномірного розподілу насіння порівняно з рядковою сівбою дозволить покращити, технологічні, економічні та експлуатаційні показники сівалок.

**УДК 62-5.519**

**О.З. Бундза, к. т. н., доц.; О.В. Ткачук**

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

### **ЗМІННИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ЧАГАРНИКУ**

**O.Z. Bundza, Ph. D; O.V. Tkachuk**

#### **INTERCHANGEABLE WORKING BODY FOR REMOVING THE BUSH**

Меліорація — це цілеспрямоване покращення властивостей природно-територіальних комплексів для оптимального використання потенціалу ґрунтів. Переваги меліорації в тому, що є можливість контролювати кількість вологи, що подається на площу. При надмірній кількості — воду відкачують, а за посушливої погоди — використовується для зрошування посівів.

На Рівненщині почали відновлення меліоративних споруд. Зокрема, у ТОВ «Агрохолдинг Зоря» провели вивчення стану території, де розташовано меліоративні канали, та першими в області виконали ряд робіт, спрямованих на їхнє відновлення.

Як показав аналіз витрат на весь процес очищення найбільш ресурсовитратними є роботи по очищенню каналів від чагарнику. Тому постала задача розробити змінний робочий орган для зрізання чагарнику на укосах каналів. Розробка нового робочого органу ґрунтується на результатах аналізу відомих конструкцій робочих органів [1-6].

Як показав аналіз відомих конструкцій зрізання проводять: робочим органом пасивної дії з горизонтальними ножами; активним робочим органом сегментного типу; ротаційними робочими органами; робочим органом з дисковою пилкою; робочими органами з обертовими ножами, з дробильними ланцюгами, дробильними молотками. Такий робочий орган не має частин, що рухаються з великою швидкістю, і дозволяє зрізати чагарник дуже значних діаметрів.

На основі проведеного аналізу можна зробити наступні висновки. Робочі органи для зрізання чагарника бувають неперервної та циклічної дії. Робочі органи неперервної дії бувають пасивні і активні. Пасивні робочі органи зрізають чагарник за рахунок тягового зусилля базової машини.

Активні робочі органи зрізають чагарник за рахунок ріжучого елемента, що швидко обертається. Активні робочі органи дозволяють зрізати чагарник діаметром до 80 мм, пасивні – до 40 мм. Робочі органи циклічної дії дозволяють зводити чагарник значно більших діаметрів, оскільки тут до кожного стовбуру чагарника підводиться значно більша енергія. Робочі органи з дисковою пилкою забезпечують якісне зрізання чагарника діаметром до 200 мм, проте, саму пилку легко поламати при роботі робочого органу і вона потребує частого заточування. Робочі органи з обертовими ножами та з дробильними ланцюгами хоч і забезпечують зрізання чагарника діаметром до 80 мм, але вони безладно розкидають рослинність по каналу і є небезпечними в експлуатації, оскільки площина дії ножів може попасти в площину кабіни.

Враховуючи особливості конструкцій та умови використання робочого органу, які полягають у взаємодії його з багаторічними чагарниками, які тривалий час не підлягали очищенню і характеризуються високою щільністю та порівняно великими діаметрами стовбурів, ми запропонували до застосування робочий орган гільйотинного типу.

Запропонований робочий орган (рис.1) складається з корпусу 2, в якому встановлено гільйотинний ніж, що приводиться в рух гідроциліндром 10. Гільйотинний ніж здійснює перерізання стовбуру чагарника на 60%, після чого гідроциліндром 11 приводиться в рух пилка 3, яка здійснює остаточне перерізання стовбуру чагарника.

З торцевої частини робочого органу болтами 12 та 13 прикріплена кришка 4, яка захищає пилку 3 та її направляючу від забивання землею та тирсою.

Робочий орган встановлюється на стрілі екскаватора Борекс 2101. на робочому органі встановлено захватний механізм 6, який закривається синхронно з гільйотинним ножем.

Видалення чагарника відбувається в такій послідовності.

Базова машина встановлюється паралельно осі каналу; шляхом повороту стріли екскаватора, робочий орган підводиться до зрізаного стовбуру чагарника. Після цього здійснюється робочий хід гідроциліндра ножа, а зразу після нього –гідроциліндра пилки.

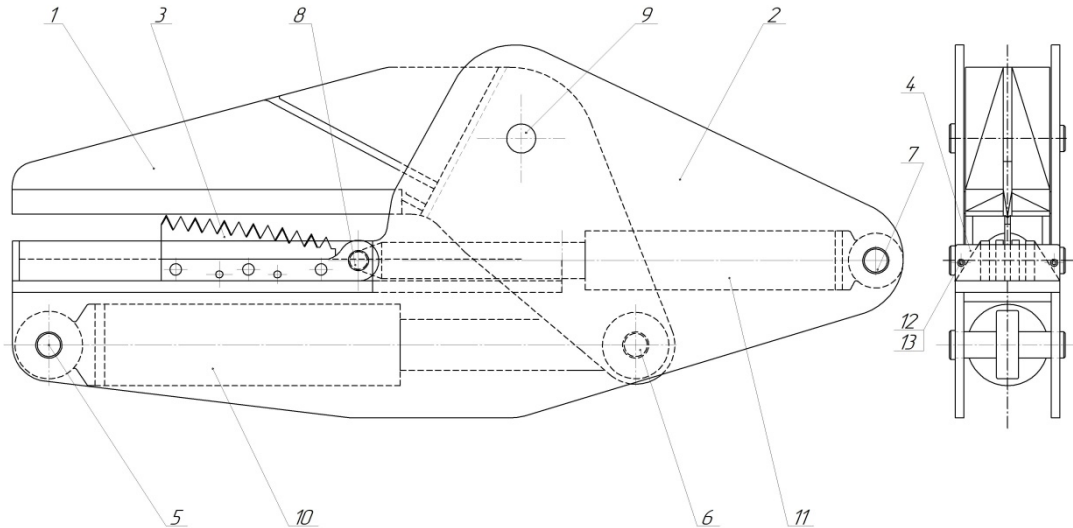


Рис. 1 - Робочий орган

Далі зрізаний чагарник, захоплений захватним механізмом, видаляється за межі каналу, відкривається гільйотинний ніж, а разом з ним і захватний механізм, і зрізаний чагарник падає на землю.

По завершенню цих операцій здійснюється новий цикл, або переїзд до іншого дерева (чагарника).

### Література

1. Машина для зрізування пнів.: пат. 1240388. Україна. А 01G23/06/ Прокопенко В.В.; заявник і патентобладач Прокопенко В.В. – 3789761/29-15; заявл. 11.09.84; опубл. 30.06. 86, Бюл № 24.
2. Різальний апарат машини для скошування і подрібнення росли та їх решток. Пат.96800. Україна. МПК А 01D/Мойсеєнко В.К., Гуков Я.С., Вірченко А.М. та ін.; заявник і патентобладач Національний науковий центр "інститут механізації та електрифікації сільського господарства" української академії аграрних наук-200911788; заявл. 18.11.2009; опубл. 12.12.2011, Бюл. 23.
3. Апарат для скошування і подрібнення росли та їх решток. Пат. 55441. Україна. МПК А 01D/Говоров О.Ф.; заявник і патентобладач Говоров О.Ф.- 201007981; заявл. 25.06.2010; опубл. 10.12.2010. Бюл. 23.
4. А.с. 1346074 М.Кл<sup>3</sup>. СССР. А 01 G 23/06. Кусторез-измельчитель / Всесоюзный научно-исследовательский институт противопожарной охраны лесов и механизации лесного хозяйства: Авт. изобрет. Р.С. Топоев. - №4047889/29-15; Заявл. 01.04.86; Опубл. 23.10.87, Бюл. №39.
5. А.с. 95396 МПК. UA. А 01 D 34/66. Косарка Карпенка. Авт. свід. М.І. Карпенко. – Заявл. 14.05.2010; Опубл. 25.07.2011, Бюл. №14.
6. В. Г. Кочегаров, Л. Г. Федяев, И. А. Лавров. Технология и машины лесосечных и лесовосстановительных работ. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 400 с.

УДК 62-5.519

М.В. Голотюк, к. т. н., доц.; І.С. Щерба

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

### **ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПОТРІБНИХ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ІЗ ВРАХУВАННЯМ ФІНАНСОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ АГРОПІДПРИЄМСТВА**

M.V. Holotiuk, Ph. D.; I.S. Shcherba

### **DETERMINATION OF THE NUMBER OF NECESSARY SPARE PARTS, TAKING INTO ACCOUNT THE FINANCIAL CAPABILITIES OF THE AGRICULTURAL ENTERPRISE**

У сільському господарстві на собівартість готової продукції впливає велика множина різноманітних факторів. Одним із суттєвих факторів є витрати на експлуатацію машино-тракторного парку, зокрема, витрати на технічне обслуговування та проведення ремонтних робіт. Основна задача, яка повинна виконуватись під час ремонтних робіт – надання машині працездатного стану за мінімального часу. Для цього необхідно забезпечити на складі ремонтного підприємства певну кількість необхідних запасних частин для вузлів та агрегатів машин, що задіяні у технологічних процесах господарства. Це особливо важливо для техніки, яка задіяна на збиральних роботах, час яких є обмеженим, і ремонт яких потрібно планувати заздалегідь, до моменту початку робіт у полі. На даний час агропідприємства, в основному, обмежені у коштах і, враховуючи високу вартість запасних частин їм доводиться формувати складський фонд запасних частин та закуповувати запасні частини, спираючись на досвід попередньої експлуатації.

Але вихід із ладу деталей, вузлів та агрегатів сільськогосподарських машин має випадковий характер, тому немає можливості точно визначити потребу у запасних частинах відомими методами. З врахуванням зазначеного, удосконалення процесу забезпечення запасними частинами аграрних підприємств є актуальною науково – практичною задачею. Питання організації сфери ремонтно-технічного обслуговування сільськогосподарського виробництва досліджувались у роботах Кушнар'єва Л.И., Ветохіна В.И., М. Xiang, S. Wei, M. Zhang, M. Z. Li., Роговського І. Л. Горьового В. П. та інші [1-6]. З урахуванням чинних досліджень ефективність роботи машин вимірюється коефіцієнтом технічної готовності, який залежить від сумарного часу простою в ремонті, протягом розглянутого періоду часу експлуатації. Цей час простою визначається як сума часу проведення ремонтних робіт та часу доставки необхідної запасної частини, якщо вона відсутня на складі. Оскільки час доставки не залежить від підприємства, то зменшити час простою можна тільки якщо необхідна запасна частина вже є на складі.

Відомі методики дозволяють визначити лише типи запасних частин, які необхідно зберігати на складі, але не дозволяє визначити кількість. Тому завдання скорочення часу простою зведемо до визначення кількості запасних частин певного типу, які необхідно зберігати на складі протягом часу  $t$ .

Якщо ресурси агропідприємства обмежені, то кількість запасних частин не може бути довільною. Позначимо  $s_k$ -вартість однієї запасної частини,  $S$  – об'єм фінансових засобів, які можуть бути витрачені агропідприємством на закупівлю запасних частин за умови збереження їх на складі, то обмеження підприємства у витратах даного виду:

$$\sum_{k=1}^n s_k N_k \leq S. \quad (1)$$

Час простою буде мінімальним, якщо кожен запит на наявність запасної частини  $k$ -го типу буде забезпечуватись їхнім наявним запасом  $N_k$ , де  $k=1 \dots n$  на складі. Слід



зауважити, що навіть за умови, що агропідприємство характеризується наявністю значних фінансових ресурсів, є ймовірність відсутності потрібної запасної частини. Врахувавши це, задачу мінімізації часу простою можна сформулювати наступним чином: ймовірність перевищення кількості відмов  $k$ -го типу менша за кількість запасних частин  $N_k$ ,  $k=1 \dots n$ , наявних у господарстві.

Прийmemo, що  $a_k$  – кількість відмов деталі  $k$ -го типу за деякий період часу та  $V_k = \{a_k \geq N_k\}$ .

Також приймаємо припущення, що відмови деталей різного призначення є незалежними. Тоді ймовірність прояву  $k$ -ї події

$$P(U_{k=1}^n V_k) = 1 - \prod_{k=1}^n P(\overline{V_k}), \quad (2)$$

де  $V_k$  – ймовірнісна подія,  $\overline{V_k}$  – протилежна їй подія.

Якщо є відомим закон розподілу відмов  $i$ , відповідно, ймовірності  $P(\overline{V_k})$  мінімізувати час простою можна за умови:

$$\begin{cases} P(U_{k=1}^n V_k) = 1 - \prod_{k=1}^n P(\overline{V_k}) \rightarrow \min; \\ \sum_{k=1}^n s_k N_k \leq S, \end{cases} \quad (2)$$

де  $P(U_{k=1}^n V_k)$  – ймовірність відмови  $k$ -го типу;

$\prod_{k=1}^n P(\overline{V_k})$  – ймовірність безвідмовної роботи деталі  $k$ -го типу;

$s_k$  – вартість деталі;  $N_k$  – кількість наявних деталей  $k$ -го типу;

$S$  – наявні фінансові резерви, які можуть бути витрачені для закупівлі потрібних деталей  $k$ -го типу, грн.

Чим більша вартість запасних частини, тим більше часу потрібно для накопичення потрібної суми для їхнього придбання. З врахуванням цього можна допустити, що заповнення складу запасних частин має проводитись у такій послідовності: спочатку накопичувати найдорожчі запасні частини, а далі за зменшенням їхньої вартості. Заповнення проводиться доти, доки виконується умова (1). Якщо припустити, що найдорожчі запасні частини мають малу ймовірність відмови, вони можуть залишитись не затребуваними для заміни на протязі тривалого часу. За умови, що наявних ресурсів буде недостатньо для закупки потрібної кількості і номенклатури запасних частин, проводимо ранжування від максимального до мінімального за комплексним критерієм  $P_k S_k$ .

## Література

1. Организация эффективного использования машинно-тракторного парка / Л.И. Кушнарев, С.Л. Кушнарев, А.В. Чепурин, Е.Л. Чепурина // Учебник для вузов. Под ред. д.т.н. Л.И. Кушнарева. – М.: ФГНУ «Росинформтех». - 2015. – 245 с.
2. Ветохин В.И. Систематизация свойств почвы как элемент теории роектирования почвообрабатывающих орудий и технологий / В.И. Ветохин // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наукових праць. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, 2009. – Вип. 13(27). – Кн.2. – С.30-38.
3. Real-time Monitoring System of Agricultural Machinery Operation Information Based on ARM11 and GNSS / M. Xiang, S. Wei, M. Zhang, M. Z. Li. // IFAC-PapersOnLine. - Vol. 49, Issue 16. – 2016. – P.121-126.
4. Роговський І. Л. Методичні принципи організації технології технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2007. Вип. 67. Т. 1. С. 55–61.
5. Горьовий В. П. Розвиток виробничо-технічного обслуговування підприємств АПК / В. П. Горьовий // Вісник аграрної науки — 2007. — № 11. — С. 59—64.

**УДК 631/635**

**О. О. Налобіна, д. т. н, проф.; С.В. Заборовська**

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

## **ПАКУВАЛЬНИКИ СІНАЖУ У ПЛІВКУ**

**О. О. Nalobina, Dr., Prof.; S.V. Zaborovska**

### **FILM PACKERS OF HAY**

Розвиток галузі тваринництва не можливий без створення кормової бази. Для укріплення кормової бази господарства потрібно не просто збільшити обсяги заготівлі кормів, а підвищити їхню якість та забезпечити зберігання.

На якість сінажу впливають способи заготівлі, закладання на збереження та виймання корму. Під час виконання даних операцій необхідно зменшувати площу та час контакту кормової маси з повітрям, забезпечувати її герметизацію від зовнішнього середовища.

Прогресивні технології заготівлі кормів, наряду з підвищенням продуктивності скота, знижують витрати корму на 10–12 % (за рахунок кращого перетравлювання), покращують фізіологічний стан і відновлювальні здібності тварин [1-8].

Найкращу безпечність збереження кормів дає технологія приготування сінажу в полімерну упаковку, яка отримує все більш широкого поширення. Дана технологія застосовується в Аргентині, Канаді, США, Ірландії, Фінляндії, Німеччині, Італії та інших країнах Західної Європи [2].

Перевагами заготівлі сінажу в полімерну упаковку є:

- немає необхідності в будівництві та обслуговуванні капітальних кормозберігаючих траншей;
- забезпеченість технічними засобами;
- відсутнє аеробне псування під час сінажу з траншей;
- відсутність золи у кормі, яка заноситься колесами машин;
- варіантність вибору місця збереження з урахуванням виробничих потреб;
- моментальне закриття утрамбованої маси.

Застосування даної технології дозволяє за рахунок швидкого і рівномірного провіювання скошених трав, щільного пресування їх у рулони та надійної герметизації отримати якісний корм з мінімальними втратами врожаю. Рулони, упаковані без порушення технології, зберігаються на протязі двох років без втрати якості кормів. Під час їхнього зберігання потрібно забезпечувати захист плівки від механічних пошкоджень заподіяних тваринами чи птахами. З цією метою рукава покривають захисною сіткою. Досвід заготівлі кормів за допомогою сінажної плівки показав, що цей метод економічний і вигідний при утриманні стада від 100 корів.

Для реалізації потенційних можливостей цієї технології потрібна адаптація її до конкретних виробничих умов. Тому задача обґрунтування раціональної структури кормозбирального процесу і комплексу машин для його відтворення має певний науковий інтерес.

Собівартість і якість сінажу, який пакують у плівку, у значній мірі залежить від характеристик машини – пакувальника. Так, наприклад, показник питомої витрати палива, що на даний час має високу вартість, значним чином впливає на собівартість. Також слід враховувати показник витрати плівки. Плівка, як правило, наноситься у шість шарів, причому кожен наступний шар перекриває попередній на 50%. Витрата обмотувального матеріалу на 20% нижча у машин, які здійснюють обмотування способом 3D (Z598, Польща). Також зменшити витрати плівки дозволяє

використання лінійного пакувальника сінажу в плівку за рахунок обмотування лише циліндричних поверхонь рулонів.

Нами було оцінено ефективність різних технічних засобів пакування рулонів сінажу з метою подальшого обґрунтування раціональної структури кормозбирального процесу і комплексу машин для його відтворення.

У якості критерію оцінювання прийнято питомі сумарні витрати на пакування однієї тони сінажу, грн./т.

Дослідження виконувались у господарствах Рівненської області. Досліджували пакувальники індивідуального обмотування: Sipma OZ5000 (Польща), Sipma OG 975 LENA та Neoliner NWX 660 і AGRONIC. Для порівняння моделей проводили розрахунок матеріальних витрат на здійснення технологічного процесу.

У процесі досліджень встановлено, що індивідуальні пакувальники сінажу у плівку, які зустрічаються у 92% господарствах області з 13 проаналізованих, потребують у 1,74 разів більших витрат на здійснення процесу пакування однієї тони сінажу.

Аналіз витрат виявив, що даний тип пакувальників потребує, в середньому, на 50-52% плівки, яка через високу ціну є основною складовою сумарних питомих витрат. Індивідуальні пакувальники також мають значно нижчу продуктивність.

Провівши також аналіз досвіду використання пакувальників сінажу в плівку у господарствах області встановлено:

- представники господарств відмічають, що економічна ефективність використання машин найбільша в господарствах, які утримують не менше 100-150 корів;

- в господарствах, де використовують прес-підбирачі із подрібненням рослин для формування рулонів, витрати плівки вдалось скоротити, в середньому, у 1,64 рази за рахунок зменшення шарів її намотування.

Таке зменшення витрати плівки пояснюється відсутністю довгих жорстких стебел, які пошкоджують цілісність плівки.

### **Література**

1. Зиновенко А. Л. Технология заготовки силоса из провяленных трав в полимерную пленку / А. Л. Зиновенко, А. К. Заневский, А. А. Курепин // Наше сельское хозяйство. – 2013. – С. 39–43.
2. Кравчук В. І. Прогресивні технології заготівлі, приготування і роздавання кормів: науково-практичний посібник / В. І. Кравчук. – К.: Фенікс, 2008. – 104 с.
3. Крилов В.В. Напрями розвитку кормовиробництва України / В.В. Крилов, С.М. Коломієць // Праці ТДАТУ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Chem\\_Biol/Ptdau/2009\\_9\\_1/1/16.pdf](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/Ptdau/2009_9_1/1/16.pdf).
4. Палкін Г. Сучасні технології годівлі корів / Г. Палкін // Пропозиція. – 2001. – № 11. – С. 78–79.
5. Гноєвий В.І. Проблема кормів в Україні та шляхи її вирішення в сучасних умовах / В.І. Гноєвий, О.К. Трішин, І.В. Гноєвий // Корми і кормовиробництво. - 2004.- Вип. 54.- С. 7-11.
6. Новые технологии заготовки травяных кормов с укладкой в пленку. Проспект – Пермь: ОАО «Крестьянский Дом», 2000.
7. Kalym K., Zhortuylov O., Marinova V., Ignatova K. Tekhnologiya zagotovki i khraneniya senazha v rulonakh, obernutuykh plenkoy i tekhnicheskoye sredstva yeye osushchestvleniya. Mekhanizatsiya na zemedel'iyeto. Godina LVI, br.2/2013, s.13-16. Sofiya.
8. Калетнік Г.М. Енергоощадні технології кормів - основа конкурентоздатності тваринництва: Монографія / Г.М. Калетнік, М.Ф. Кулик, Я.Т Глушко та інші - Вінниця: Теза. 2006. - 340 с.

УДК 631.152

**А.В. Шимко, к.т.н.; П.А. Мельник**

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

## **ФОРМАЛЬНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ УПРАВЛІННЯ ЯКІСЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

**A.V. Shymko Ph. D; P. A. Melnyk**

### **FORMAL SETTINGS OF THE TASKS OF MANAGEMENT OF QUALITY OF AGRICULTURAL MACHINERY**

Ефективність виконання технологічних процесів у рослинництві в сучасних умовах господарювання базується на використанні інноваційних розробок і ресурсів, які дозволяють забезпечити точність технологічних параметрів. Для забезпечення роботоздатності машин і обладнання необхідним є застосування періодичного контролю за їхніми налаштуваннями.

Відсутність контролю приводить до порушень якості виконання робіт, їхньої продуктивності, зменшенню урожайності та, як наслідок, до зменшення економічної ефективності виробництва. Під параметрами процесу контролю якості будемо розуміти фактори, які зумовлюють виконання технологічних процесів у рослинництві із заданими параметрами.

Важливість даної задачі потребує розробки та запровадження наукових засад підвищення ефективності контролю якості сільськогосподарської техніки та запасних частин з метою забезпечення готовності сільськогосподарської техніки до використання з метою реалізації технологічних процесів.

Дослідження якості продукції є предметом досліджень, результати яких викладено у роботах [1-3]. Результати досліджень з напрямків підвищення якості технічного обслуговування та ремонтних робіт висвітлено у роботах Левшина А. Г. [4], Кушнар'ова Л. І. [5] та багатьох інших авторів. Авторами приділяється увага процесу організації вхідного контролю машин і запасних частин. Питання ж організації ефективного процесу управління контролем якості на етапі експлуатації техніки потребують вирішення.

Для організації оптимального управління якістю потрібно контролювати параметри зовнішнього середовища та компенсувати збурення (відхилення параметрів від норми) з метою налагодження зворотного зв'язку та виправлення відхилень. Така задача вирішується за рахунок синтезу управляючих впливів.

Об'єктами управління є: КЯ – множина критично важливих агрегатів і механізмів і їхня роботоздатність.

Множина параметричних збурень зовнішнього та внутрішнього середовищ КЯ SER:

$$\Sigma = \{f(\alpha(t)), f(\beta(t)), f(\gamma(t)), f(\delta(t)), f(\sigma(t)), f(\varepsilon(t))\} \quad (1)$$

$f(\alpha(t))$ - порушення технічних параметрів, які впливають на якість технічних засобів;

$f(\beta(t))$ - порушення технологічних параметрів, які впливають на якість технічних засобів;

$f(\gamma(t))$ - порушення енергетичних параметрів;

$f(\delta(t))$ - порушення точності вимірювань;

$f(\sigma(t))$ - порушення організаційних параметрів;

$f(\varepsilon(t))$ - порушення функціонування фінансової сфери;

$t$  - параметр часу.

До зовнішнього середовища (ЗС) відносяться фактори, які мають прямий або непрямий вплив на функціонування КЯ: соціальні ресурси (соціальне забезпечення обслуговуючого персоналу; правове поле, в якому функціонує система управління якістю; трудові ресурси); фінансові ресурси; матеріально-технічні ресурси (наявність обладнання, ремонтних площ); трудові ресурси (чисельність працівників відповідної кваліфікації).

До внутрішніх: точність вимірювання параметрів; наявність вимірювального обладнання та спеціального технологічного обладнання; рівень кваліфікації персоналу.

Згідно нормативної документації до параметрів зовнішнього та внутрішнього середовищ ставляться вимоги:

$$V(t) = \{\alpha_V, \beta_V, \gamma_V, \delta_V, \sigma_V, \varepsilon_V\}. \quad (2)$$

Для ефективного управління якістю сільськогосподарської техніки було сформовано декілька моделей оцінки параметрів зовнішнього та внутрішнього середовища та алгоритми досягнення стабілізації.

Також, із врахуванням того, що у моделі (1) окремі функції є ймовірностями, а вибір моделі управління якістю – багатокритеріальна задача, вибір моделі управління проводили на основі адитивної згортки цих функцій:

$$\mu(t) = \theta_1 \alpha(t) + \theta_2 \beta(t) + \theta_3 \gamma(t) + \theta_4 \delta(t) + \theta_5 \sigma(t) + \theta_6 \varepsilon(t), \quad (3)$$

де  $\theta_i$  – вагові коефіцієнти значущості відповідної функції.

При чому слід врахувати, що  $\sum_{i=1}^6 \theta_i = 1$ .

Наведену формалізовану задачу можна вирішити з застосуванням методів, викладених у роботі [6].

Найкращим управлінським рішенням для системи контролю якості буде те, якому відповідає максимум загального критерію на отриманій множині альтернатив. Оптимізація процесу контролю дозволить обрати такі методи вимірювань, які зможуть забезпечити найвищу точність. Оптимальним вважається такий варіант, за якого виконуються необхідні умови технологічного процесу, а значення цільової функції досягає найвищого результату за оптимальних витрат або заданого результату за мінімальних витрат. Це передбачає забезпеченість високоточними автоматизованими засобами вимірювання, які дозволяють охопити контролем максимально можливу кількість машин та їхніх параметрів, забезпечити точність та продуктивність вимірювань.

### **Література**

1. Новицкий, Н. И. Управление качеством продукции Текст. / Н.И. Новицкий, В.Н. Олексюк, А.В. Кривенков, Е.Э. Пуровская. М.: Новое знание, 2002.-366 с.
2. Голубев, И.Г. Оценка качества технического сервиса тракторов / И.Г. Голубев, А.Ю. Фадеев, В.А. Макуев // Техника и оборудование для села. - 2010. -№ 7. - С. 40-41.
3. Артемьев, Ю. Н. Качество ремонта и надежность машин в сельском хозяйстве Текст. / Ю. Н.Артемьев. М.: Колос, 1981. - 239 с.
4. Левшин, А.Г. Разработка методов повышения эффективности использования мобильных сельскохозяйственных агрегатов как человеко-машинных систем: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.20.01/Левшин Александр Григорьевич. - Москва, 2000. - С. 309.
5. Кушнарв Л. И. Требования к качеству современной техники / Кушнарв Л. И. // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2019. - № 2. - С. 18-21.
6. Афанасьев А.П., Батурич Ю.М., Еременко Е.Н. и др. Информационно-аналитическая система для принятия решений на основе сети распределительно-ситуационных центров.// Информационные технологии и вычислительные системы. – 2010. – № 2.– С. 3 – 14.

**УДК 631.3**

**І.Є. Цизь к.т.н., доц., С.М. Хомич к.т.н., доц.**

Луцький національний технічний університет, Україна

## **АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ РУХУ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ У В'ЯЗКИХ РІДИНАХ**

**I.E. Tsiz Ph.D., Assoc. Prof., S.M. Khomych Ph.D., Assoc. Prof.**

### **ANALYSIS OF RESEARCH OF AIRFLOW MOTION IN VISCOUS LIQUIDS**

Існує багато способів відновлення прісноводних, озер які перебувають на стадії евтрофії. Дані способи використовуються залежно від конкретних умов формування, розташування, стадії евтрофії та необхідних фінансових затрат. До найбільш кардинальних способів належать днопоглиблювальні роботи та видалення осадів (сапропелю) [1, 2]. Які у подальшому використовуються в якості органічного добрива.

Для здійснення видалення сапропелю та днопоглиблювальних робіт найбільшого поширення набули машини з механічними та гідравлічними робочими органами [3, 4]. Проте їхні конструкції є складні та здійснюють багатоопераційні робочі процеси з високими витратами енергії [5, 6]. Значно спростити конструкцію дозволяє засіб, який передбачає використання енергії стисненого повітря [7]. Важливим елементом у пневматичному засобі для добування сапропелю є забірний пристрій у якому відбувається формування повітряно-рідинної суміші. Для забезпечення якісної роботи засобу загалом необхідно дослідити теоретично та експериментально процеси взаємодії потоку повітряних бульбашок із в'язкою рідиною (сапропелем).

Процеси взаємодії потоку повітряних (чи інших газів) бульбашок із рідинами використовуються у значній кількості технологічних процесів. У праці [8] проведено систематизацію досліджень потоку повітряних бульбашок у воді за галузями де він використовується. Так потік повітряних бульбашок використовується під час відновлення евтрофних озер шляхом аерації. Дослідження у даному напрямку, описані у праці [1], стосуються методики дослідження аерації води в озерах за різних параметрів подачі повітря, розподілу бульбашок за розміром та теоретичного моделювання вертикального потоку повітряних бульбашок. Експериментальні дослідження потоку повітряних бульбашок під час розчинення твердих речовин у рідинах передбачали використання лабораторної установки із формування умов квазістатичного режиму [9]. У результаті досліджень було встановлено відривний розмір бульбашок повітря з отворів барботеру та визначено розподіл енергії в апараті для розчинення під час пневматичного перемішування рідини в межах квазістатичного режиму руху за різних витрат повітря. Дослідження турбулентності потоку повітряних бульбашок, що створюється у резервуарі на станції очищення стічних вод наведено у праці [10]. Експерименти проводились з метою встановлення швидкості води у великому об'ємі за межами ядра бульбашкового шлейфу із використанням лазерної доплерівської анемометрії. Для моделювання процесів, що мають місце у ливарному ковші під час введення у рідкий метал газифікованих елементів досліджувався рух потоку повітряних бульбашок у воді [11]. Отримані в результаті дослідження фізичної моделі результати були використані для уточнення математичної моделі реального процесу. Дослідження наведені у праці [12] стосуються потоку повітряних бульбашок, який має місце у ядерних реакторах з киплячою водою пасивного типу. Експерименти дослідників стосувались встановлення емпіричних коефіцієнтів необхідних для уточнення математичної моделі великих вихорів. Значний обсяг теоретичних досліджень з моделювання потоку повітряних бульбашок здійснив Brevik I. [8, 13].

Оригінальні методики експериментальних досліджень потоку повітряних бульбашок наведено у працях [14]. Згідно цих досліджень для візуалізації потоку

повітряних бульбашок використовувались попередньо підготовлені рідини, додаткові джерела освітлення та швидкісні цифрові відеокамери.

Таким чином у галузі дослідження потоку повітряних бульбашок здійснено велику кількість експериментальних досліджень, які дозволяють зрозуміти багато його особливостей та передбачають використання широкого кола експериментального обладнання. Проте, стосовно визначення меж потоку, які необхідно знати для обґрунтування форми корпусу забірної пристрою засобу для добування сапропелю, інформація із доступних джерел є недостатньою. Тому вимагає дослідження процес руху потоку повітряних бульбашок саме у середовищі сапропелю. Але оскільки візуальне спостереження руху потоку бульбашок повітря у сапропелі обмежене його прозорістю то за аналогією із розглянутими вище дослідженнями доцільно використовувати моделюючі прозорі рідини.

### **Література**

1. Gafi, M., Kettab, A. Eutrophication In Surface Waters. European university publishing, Deutschland (2020).
2. Kimberly, L. et al. Manitoba Prairie Lakes: In-Lake Remediation Treatment Summary. International Institute for Sustainable Development (IISD) (2016).
3. Bodak, V.I. Development and research of mechanisms for extraction of sapropels. Doctor's thesis. Lutsk, Ukrainian (1996).
4. Stankevica, K., Burlakovs, J., Klavins, M., Vincevica-Gaile, Z. Environmental and economic aspects of small freshwater lake sustainable use: Lake Pilvelis example. SGEM 2014 GeoConference Proceedings on Ecology Economics, Education and Legislation, 3, 127-134 (2014).
5. Khlopetskyi, R.A. Improvement of technology and means for extraction of lake sapropels from under water layer. Doctor's thesis. R. A. Khlopetskyi. Lviv: [in Ukrainian]. (2016).
6. Shimchuk, O.P. Substraction of module parameters for extraction of lake sapropels. Extended abstract of candidate's thesis. "Machines and Means of Mechanization of Agricultural Production". Ternopil: [ in Ukrainian]. (2009).
7. Tsiz, I. Homich, S. Experimental research of working process of pneumatic intake device for sapropel extraction. INMATEH, Agricultural Engineering Vol. 40, No. 2. 67-72 (2013).
8. Brevik, I., Kristiansen, O. The flow in and around air-bubble plumes. International Journal of Multiphase Flow 28, 617–634 (2002)
9. Danylyuk, O.M., Atamanyuk, V.M., Gumnitskiy, Ya. M.. Simulation of the motion of compressed air bubbles in a pneumatic stirring apparatus. Simulation contened transport processes. Optimization of equipment and systems. (Vol.1), Ukrainian, 61-65 (2018).
10. García, C. M., & García, M. H.. Characterization of flow turbulence in large-scale bubble-plume experiments. Experiments in Fluids, 41(1), 91-101 (2006)
11. Sheng, Y., Irons, G. The impact of bubble dynamics on the flow in plumes of ladle water models. Metallurgical and materials transactions, volume 26B, 625-635 (1995).
12. Milelli, M. A numerical analysis of confined turbulent bubble plumes. A dissertation submitted to the Swiss federal institute of technology Zurich, Switzerland (2002).
13. Brevik, I. Two-dimensional air-bubble plume. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Division, ASCE 103, 101–115 (1977).
14. Kitagawa, A., Sugiyama, K., & Murai, Y. Experimental detection of bubble–bubble interactions in a wall-sliding bubble swarm. International journal of multiphase flow, 30(10), 1213-1234 (2004).



**УДК 664.554**

**Р.П. Бойко, А.В. Харчій, В.Р. Реник**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПАЛЬЧИКОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ТІСТОМІСИЛЬНОЇ МАШИНИ**

**R.P. Boiko, A.V. Kharchii, V.R. Renik**

### **DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF THE FINGER WORKING BODY OF THE KNEADING MACHINE**

Сьогодні одним із напрямків підвищення ефективності змішування середовища є інтенсивна обробка компонентів [1,2]. Змішувачі компонентів періодичної дії є основою технологічного процесу виробництва хлібобулочної продукції. Їх конструктивні параметри спрямовані на підвищення ефективності процесу. Існує ряд небажаних впливів на процес, але головним недоліком є часткова обмежена можливість їх дії на різні компоненти із-за адгезії середовища [3]. Тому постійно ведеться пошук конструкції робочих органів змішувачів періодичної дії.

Вони потребують нової розробки та удосконалення із-за постійної зміни властивостей сировини з подальшим дослідженням. Крім цього, в основі вирішення питання розробки, дослідження та реалізації нових видів робочих органів й робочих камер змішувачів періодичної дії, поставлено завдання зменшення енерговитрат процесу.

Тому актуальністю є і залишається сьогодні удосконалення конструктивних параметрів машини та підвищення ефективності замішування середовища шляхом розроблення нової конструкції робочого органу змішувача періодичної дії. На основі аналізу способів приготування тіста запропоновано конструкцію змішувача компонентів періодичної дії та проведено моделювання. Воно ґрунтується на описі характеру функціонального змінного впливу діючих сил на робочий орган, якості утворення маси тіста.

Робочий орган має вигляд вертикального валу з пальчиками, які розміщені під кутом 120 градусів відносно осі валу. Методом комп'ютерного моделювання руху було підібрано частоту обертання лопаті змішувача періодичної дії – 75 об/хв, та було проведено розрахунок міцності робочого органу під час змішування середовища. Також встановлено технологічний процес утворення тіста з порівнянням його показників якості з приготуванням на існуючому змішувачі.

Базуючись на отриманих результатах процесу змішування компонентів, функції, які повинен виконувати робочий орган змішувача, встановлено рівномірний розподіл рецептурних складових (борошна, дріжджів, води) із створенням сприятливих умов для утворення структури тіста.

### **Література**

1. Смесительные машины в хлебопекарной и кондитерской промышленности / А.Т. Лисовенко, И.Н. Литовченко, И.В. Зирнис и др.; Под ред. А.Т. Лисовенко. – К.: Урожай, 1990. – 192 с.
2. Igor Yaroslavovych Stadnyk, Julia Pankiv, Petro Havrylko, Halina Karpyk RESEARCHING OF THE CONCENTRATION DISTRIBUTION OF SOLUBLE LAYERS WHEN MIXED IN THE WEIGHT CONDITION // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences vol. 13, 2019, no. 1, p. 581-592
3. Igor Stadnyk, Volodymyr Piddubnyi, Svitlana Krsnozhon, Nataliia Antoshkova. INFLUENCE OF REDUCTION ON ADHESIVE PROPERTIES Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences vol. 14, 2020, p. 76-87 <https://doi.org/10.5219/1195>

УДК 621.82

**Ів.Б. Гевко, д-р. техн. наук., проф., В.З. Гудь, д-р. техн. наук, доц., О.Я. Гурик, канд. техн. наук, доц., С.О. Коваль, аспірант**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ШНЕКОВИЙ ЗМІШУВАЧ З РЕГУЛЬОВАНИМИ ОТВОРАМИ ПРОСИПАННЯ**

**Iv.B. Nevko, Dr., Prof., V.Z. Hud, Dr., Assoc. Prof., O.Y. Huryk, Ph.D., Assoc. Prof., S.A. Koval**  
**SCREW MIXER WITH ADJUSTABLE DISCHARGE HOLE**

Окрім транспортування з допомогою шнековими механізмами найчастіше здійснюють змішування різних видів вантажів. [1]. При цьому не завжди досягаються поставлені цілі з отримання відповідної неоднорідності суміші, на що впливають як параметри і режими виконання операції, так і конструктивні особливості цих змішувачів. Тому для отримання необхідної неоднорідності суміші та продуктивності змішування матеріалів шнековими механізмами розроблено і виконується дослідження конструкції шнекового змішувача з регульованими отворами просипання (рис. 1).

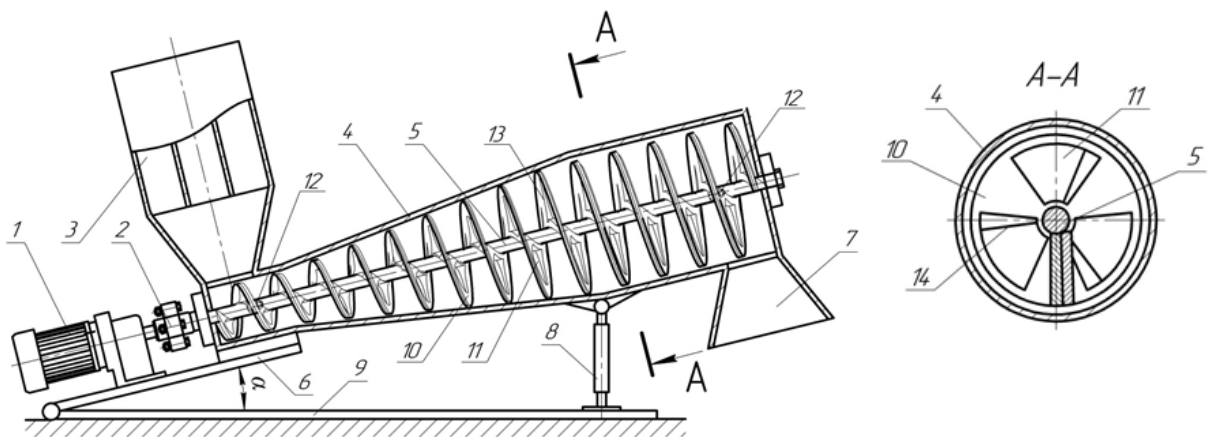


Рис. 1 - Конструктивна схема шнекового змішувача з регульованими отворами просипання

Робота шнекового змішувача з регульованими отворами просипання здійснюється наступним чином. В роздільний завантажувальний бункер 3 засипають необхідні для змішування сипкі матеріали у відповідних пропорціях і вмикають привід 1, який приводить через вал 5 в рух стрічковий конусний гвинтовий робочий орган 10. Під дією стрічкового конусного гвинтового робочого органу 10 сипкий матеріал транспортується до розвантажувального патрубку 7, з якого вивантажується. Під час транспортування стрічковим конусним гвинтовим робочим органом 10 сипкі матеріали пересипаються через виконані у ньому отвори 11, інтенсивно змішуючись. З метою покращення змішування матеріалів проводиться часткове перекривання у різних положеннях отворів 11 стрічкового конусного гвинтового робочого органу 10 додатковим стрічковим конусним гвинтовим робочим органом 13 з регульовальними отворами 14, за рахунок його відносного провертання по відношенню до стрічкового конусного гвинтового робочого органу 10 і зміни величини отворів просипання 11. Потрібна висота підйому матеріалу для підвищення ефективності змішування регулюється регульовальною опорою 8.

#### **Література**

1. Рогатинський Р. М., Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Гудь В. З., Дячун А. Є., Мельничук А. Л., Слободян Л. М. Перспективні гвинтові конвеєри: конструкції, розрахунок, дослідження : монографія. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. – 212 с.

**УДК 631.351**

**І.В. Головецький, аспірант; А.В. Бабій, докт. техн. наук, доцент**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НАЙПРОСТІШИХ КАРТОПЛЕКОПАЧІВ**

**I. Holovetskyi, post-graduate student; A. Babii, Dr., Assoc. prof.**

### **ANALYSIS OF THE CONSTRUCTION FEATURES OF THE ELEMENTARY POTATO DIGGERS**

З наближенням осені приватний сектор виробництва сільськогосподарської продукції переважно поринає у збір картоплі як одного з найпопулярніших продуктів харчування. В залежності від ступеня механізації даного технологічного процесу визначається його трудомісткість.

На даний час набирає особливої популярності використання мінітехніки. На ринку величезне насичення мотоблоків, мінітракторів та різних сільськогосподарських машин і пристосіблень до них. Якщо говорити про картоплекопачі, то за таких умов досить важко розібратися, яка ж машина буде ефективною у полі. Щодо картоплекопачів, то тут такі машини розглядаються в контексті малогабаритної відносно дешевої техніки непромислового використання.

Тому задача полягає у виборі ефективного картоплекопача із вже існуючих конструкцій або розробити свою унікальну конструкцію, яка була б адаптивною до наявного енергозасобу та умов вирощування картоплі.

Відсутність повного забезпечення технікою на всі технологічні операції при вирощуванні картоплі призводить до того, що площі з культурою є забур'янені і як наслідок утруднене збирання основного продукту. Важкі ґрунти Подільського регіону, перевищений вміст у них кореневищ бур'янів ще додатково зв'язують бульбоносний пласт і таким чином підкопування та його сепарація значно ускладнюються. Це означає, що одна і та ж машина дуже по-різному себе зарекомендує, наприклад на описаному ґрунті та легкому супіщаному. Тут процес сепарації бульбоносного пласту матиме значні відмінності. Тому врахування умов збирання картоплі на конкретній площі має одне з визначальних значень.

Таким чином, перш ніж перейти до вибору машини, потрібно ознайомитись з основними типами підкопуючих та сепарувальних робочих органів, вказати на їх переваги та недоліки.

Процес руйнування бульбоносного пласту ґрунту та первинна сепарація розпочинається при дії на нього підкопуючого робочого органу – лемеша: пасивного, активного або комбінованого. Обґрунтування конструктивних та кінематичних параметрів лемешів картоплекопачів потребує окремого детального аналізу. В даному дослідженні розглянемо сепарувальні здатності різних типів сепаруючих робочих органів.

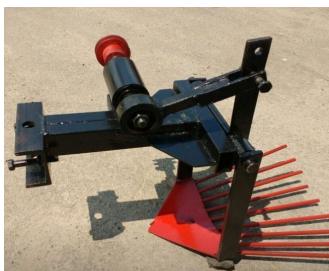


Рис. 1 – Вібролапа

Один з найпростіших картоплекопачів є вібролапа, рис. 1. Така конструкція у порівнянні з пасивною лапою-викопувачем має зменшений тяговий опір та покращену сепарацію. Але тут зрозуміло, що сепарувальна здатність такої конструкції є досить примітивною і говорити про якість її роботи на забур'янених площах є недоречним. Така вібролапа ефективно може себе зарекомендувати на чистих легких ґрунтах, де картоплю потрібно підняти тільки на поверхню поля.



Рис. 2 – Леміш-грохот

Покращена конструкція такого типу – це картоплекопач виконаний у вигляді активного лемеша-грохота, рис. 2. Принцип залишається тим самим: леміш має продовжену пруткову частину, що здійснює вібраційні рухи. І таким чином відбувається підкопування з одночасною сепарацією та транспортуванням. Оскільки шлях сепарації є незначним, тому можливе присипання картоплі в наслідок нерозділеності її з ґрунтом до моменту сходу з грохота. Далі (за

сепарувальною ефективністю) йдуть картоплекопачі, що мають розділені кінематичні рухи лемеша та грохота.

Крім наведених конструкцій, на практиці добре себе зарекомендували транспортерні картоплекопачі, наприклад Віракс (Польща), рис. 3. Проте, їх складніша конструкція не дозволяє забезпечити якісну сепарацію бульбоносного пласту ґрунту на забур'яненних площах, де

в кінцевому результаті спостерігається значне присипання викопаної картоплі на поверхні поля. Тут причиною є відносно мала інтенсивність струшування та невеликий шлях при переміщенні з одночасною сепарацією.

Окремим видом можна виділити копачі-кидалки роторного типу. Такі машини добре розбивають пласт ґрунту, але некеровано розкидають картоплю по поверхні поля навіть із застосуванням відбивача, одночасно присипаючи її ґрунтом.

Ще один тип сепаруючих органів, який використовується в малогабаритних картоплекопачах – це барабанні сепаратори. У переважній більшості конструкцій в середині барабана є спіральна навивка, яка дозволяє значно збільшити шлях сепарування. Це має позитивний ефект на ґрунтах, які добре просипаються. Якщо ж на полі спостерігається значна грудкуватість та засміченість кореневищами бур'янів, то такі сепаратори швидко забиваються і втрачають свої функціональні властивості.

Таким чином, за аналізом джерел інформації та практичного досвіду найбільш ефективними та практичними конструкціями сепарувальних робочих органів для бульбоносного пласту засміченого кореневищами бур'янів є копачі транспортерного чи грохотного типу, де можна значно збільшити інтенсифікацію процесу сепарації.



Рис. 3 –Транспортерний картоплекопач

### **Література**

1. Бабій А.В., Головецький І.В., Герасимович П.В. Проблеми та перспективи розвитку картоплярства в Україні. Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. Тернопіль 24-25 листопада 2021 року. ФОП Паляниця ВА. Т.1. С. 25-26.
2. Головецький І.В., Бабій А.В. Аналіз типу приводу робочих органів картоплекопача. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 13-15 квітня 2022 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. С.100-102.
3. Рибак Т.І., Бабій А.В., Халілов Р.Е. Роторний очисник. Деклараційний патент на корисну модель 65679 A01D 13/00, A01D 19/00; заявл. 30.05.2011; опубл. 12.12.2011, Бюл. № 23.

**УДК 631.348**

**Б.Б. Левицький, аспірант; А.В. Бабій, докт. техн. наук, доцент**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **КОНЦЕПТУАЛЬНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБПРИСКУВАЧА**

**B. Levytskyi, post-graduate student; A. Babii, Dr., Assoc. prof.**

#### **CONCEPTUAL SOLUTIONS FOR DESIGNING SMALL SPRAYER**

Українська нація – це дуже працелюбний народ. Свідченням того є те, що практично кожен з нас має дачну ділянку, яка налічує город, сад, виноградник тощо. В сільській місцевості такі земельні наділи є значно більшими. Приватні сільськогосподарські ділянки, що призначені для ведення підсобного господарства мають площі від 0,2-0,3 га до 2-3 га. Займаючись рослинництвом, технологічні процеси вирощування культур необхідно механізувати. Це підвищить культуру землеробства та значно знизить частку важкої ручної праці. Серед операцій, що найчастіше використовують в технологіях вирощування є обприскування. Його застосовують для хімічного захисту, підживлення і т.д.

Звичайно, що промисловість намагається споживачу запропонувати максимально ефективну машину чи якийсь пристосування, але зроблений аналіз вказує на те, що серед малогабаритних обприскувачів важко підібрати універсальний, який можна було би однаково ефективно використовувати як у полі, так і в саду.

Найпоширеніші обприскувачі, які використовують у підсобних господарствах, є ранцеві. Вони можуть бути з ручним приводом нагнітання тиску, від двигуна внутрішнього згоряння чи електричного. Але навіть використання двигунів для створення тиску в системі не до кінця вирішує проблему великої затрати фізичної сили на виконання обприскування: ранець з вмістом робочого розчину потрібно переміщати, вручну керувати штангою, часто заправляти... Застосування ж тачкових обприскувачів має обмеження щодо використання при обробці польових культур: нездатність переміщатися в міжряддях (незмінна ширина колії), великий опір на перекошування із-за малого діаметра коліс, малий кліренс і т.д. Їх пряме призначення – обробка садів, рослин в закритому ґрунті, дезінфекція приміщень тощо.

Якщо розглядати малогабаритні навісні обприскувачі, які переважно використовують в агрегаті з мінітракторами чи мотоблоками, значно полегшують ручну працю, але й вони мають деякі недоліки: потрібна наявність сумісного енергетичного засобу, який досить коштовний; при наявності навіть такого агрегату спостерігається проблема швидкої зміни ширини колії енергозасобу, а малий кліренс мотоблока чи мінітрактора взагалі обмежує таке використання, наприклад для повторної обробки картоплі. За власними спостереженнями було встановлено, що розвинуті стебла цієї рослини можуть мати значну висоту, яка в період цвітіння сягає 70 см і більше, рис. 1. Це залежить від сорту картоплі та умов її росту.

Все це вказує на те, щоб запропонувати ефективний малогабаритний обприскувач, потрібно врахувати наведені недоліки машин-аналогів. Тому вибудовується певне концептуальне рішення щодо проектування нової конструкції малогабаритного обприскувача. Нова конструкція повинна забезпечити:

- швидко безступеневу зміну ширини колії;
- достатньо великий кліренс або можливість його зміни в певному діапазоні;
- для зменшення кількості заправок – об'єм бака за розрахунком обробки середньостатистичної ділянки 0,2-0,3 га;





Рис. 1 – Спостереження для встановлення висоти стебел картоплі

- машина самопересувна (наявність двигуна приводу);
- штанга універсальна, що забезпечує можливість нижнього та верхнього обприскування багатолісткових рослин;
- використання спеціальних подовжувачів зі штангами для роботи у садах, виноградниках, теплицях і т.д.

Для реалізації концептуальних рішень при проектуванні малогабаритного обприскувача потрібно особливу увагу звернути на конструкцію рами і шасі в цілому. Що стосується зміни ширини колії обприскувача, то тут має бути передбачений такий механізм, який дозволить оператору безступенево виконати цю операцію, не застосовуючи додаткових засобів, наприклад піддомкращування частини обприскувача при повному його навантаженні.

Особливу роль в конструкції такої машини відіграє штанга. Її універсальність визначає ефективність обприскувача в цілому. Тому є необхідність закласти у функціональні властивості здатності обробляти польові культури при суцільному внесенні робочого препарату; можливість роботи в міжрядях просапних культур, де витрата робочого препарату розраховується тільки на листову частину рослин, а не на «зайву» обробку порожніх ґрунтових міжрядь; обробку міжрядь кушових насаджень; робота в садах при застосуванні подовжувачів і т.д.

Тобто проєктована конструкція малогабаритного обприскувача повинна увібрати в себе всі функціональні властивості такого класу обприскувачів і стати незамінною машиною у підсобних та фермерських господарствах, які займаються виробництвом сільськогосподарської продукції, дотримуючись передових технологій вирощування.

### **Література**

1. Andreikiv O.E., Babii A.V. & Dolinska, I.Ya. Influence of the Working Media and Maneuvering Loading Mode on the Service Life of Spraying Booms of Field Sprinklers. Materials Science. Vol. 56. December, 2020. P.166–173.
2. Andreykiv O., Babii A., Dolinska I., Yadzhak N, Babii M. Residual lifetime prediction of field sprayer booms under the action of manoeuvre loading and corrosive environment. Procedia Structural Integrity. Volume 36, 2022, P. 36-42.
3. Babii A., Babii M. Taking impact of oscillation amplitude of bearing frame sections of boom sprayers into account on its resource. Scientific Journal of TNTU. Tern. : TNTU, 2019. Vol 95. No 3. P. 97–104.
4. Babii A.; Aulin V.; Babii M.; Levytskyi B. (2022) Investigation of the working capacity of the operating body suspension functional-transporting machine. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 105, no 1, pp. 5–12.
5. Бабій А.В., Рибак Т.І., Попович П.В., Господарський Я.Я., Сікорський С.П. Механізм зміни ширини колії. Деклараційний патент на корисну модель 73090 А01В 51/00; заявл. 01.03.2012, опубл. 10.09.2012, бюл. № 17.
6. Левицький Б.Б., Бабій А.В. Дослідження опору переміщенню обприскувача. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", Кропивницький : ЦНТУ, 2022. С.106-107.

УДК 631.356.2

**Ю. Б. Гладь, канд. техн. наук, доц., І. Г. Ткаченко, канд. техн. наук, доц.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, (Україна)

**І. В. Фльонц, канд. техн. наук, доц.**

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», (Україна)

### **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТЕРА-ОЧИСНИКА КОРЕНЕПЛОДІВ З ПРУЖНИМИ СКРЕБКАМИ**

**Yu. B. Hlado, Ph.D., Assoc. Prof., I. G. Tkachenko, Ph.D., Assoc. Prof.,  
I. V. Flonts, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **MATHEMATICAL MODEL OF THE TRANSPORTER-CLEANER OF BEETROOT WITH SPRINGS SCRAPERS**

Очищення коренеплодів в процесі збирання з мінімальними пошкодженнями підвищує якість сировини та зменшує кількість родючого ґрунту, що вивозиться з поля.

Існуючі конструкції транспортерів-очисників розглянуті в роботах [1-4], де описані їх переваги та недоліки. Для покращення очищення коренеплодів в процесі переміщення запропоновано транспортер-сепаратор [5], який є зручним щодо регулювання інтенсивності очищення та менш енергозатратним.

Для визначення раціональних параметрів конструкції транспортера-очисника необхідно провести аналіз силових і кінематичних параметрів процесу очищення з метою мінімізації силових впливів на коренеплід, що значною мірою зменшить його пошкодження без втрати ефективності очищення.

Розглянемо транспортно-очисну систему, яка складається із трьох елементів: скребка, коренеплоду і полотна транспортера. Коренеплід рухається вздовж відносно поверхні скребка та обертається разом із скребком відносно його осі.

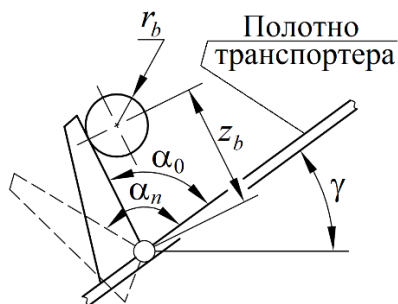


Рис. 1 – Схема руху коренеплоду при його очищенні

Положення скребка, коренеплоду і полотна транспортера у процесі очищення показано на рис. 1.

Систему рівнянь руху скребка і коренеплоду запишемо у формі

$$J_c \ddot{\alpha} = -C_c (\alpha_H + \alpha - \alpha_0) - m_c r_c g \cos(\alpha + \gamma) + F_b z_b; \quad (1)$$

$$m_b \ddot{z}_b = -F_b f - m_b g \sin(\alpha + \gamma - \delta) + m_b \dot{\alpha}^2 z_b; \quad (2)$$

$$J_b \ddot{\alpha} = -F_b z_b - 2m_b z_b \dot{z}_b \dot{\alpha} - m_b z_b g \cos(\alpha + \gamma - \delta), \quad (3)$$

де  $J_c$  – момент інерції скребка відносно точки його обертання;  $C_c$  – кутова жорсткість пружини скребка;  $\alpha_H$  – початковий кутовий натяг пружини скребка,  $m_c$  – маса скребка,  $r_c$  – радіус центра мас скребка,  $F_b$  – сила тиску коренеплоду на скребок (реакція),  $m_b$  – маса коренеплоду,  $f$  – коефіцієнт тертя коренеплоду по поверхні скребка,  $\delta = \arctg(r_b / z_b)$  – кут відхилення центру мас коренеплоду від поверхні скребка,  $J_{b0}$  – момент інерції коренеплоду відносно його центру мас,  $J_b = J_{b0} + m_b z_b^2$  – момент інерції коренеплоду відносно точки обертання, решта позначень зображена на рис. 1.

Після перетворень отримаємо систему двох нелінійних диференціальних рівнянь руху, яку розв'язуємо чисельним методом за допомогою комп'ютерних програм.



$$\ddot{z}_b = \frac{\left(\frac{J_{b0} + m_b z_b^2}{z_b}\right) \ddot{\alpha} + 2m_b \dot{z}_b \dot{\alpha} + m_b g \cos(\alpha + \gamma - \delta)}{m_b} f - g \sin(\alpha + \gamma - \delta) + z_b \dot{\alpha}^2; \quad (4)$$
$$\ddot{\alpha} = \frac{-C_c (\alpha_H + \alpha - \alpha_0) - m_c r_c g \cos(\alpha + \gamma) - 2m_b z_b \dot{z}_b \dot{\alpha} - m_b z_b g \cos(\alpha + \gamma - \delta)}{J_c + J_{b0} + m_b z_b^2}.$$

Врахуємо початкові умови руху:

$$\alpha(0) = \alpha_n; \quad z_b(0) = z_{b0} = r_b; \quad \dot{\alpha}(0) = 0; \quad \dot{z}_b(0) = 0. \quad (5)$$

Кінець руху коренеплоду по поверхні скребка визначається умовою  $\alpha = \alpha_0$ .

Після відриву від поверхні скребка коренеплід здійснює вільний рух під кутом до горизонту в бік полотна транспортера до контакту з ним. При контакті відбувається удар і струшування зайвого ґрунту. Початкові швидкості та координати коренеплоду при відриві від скребка визначаються із розв'язку системи (4).

Рух коренеплоду після відриву описується простими рівняннями, що не наводяться у тезах.

На основі вказаної математичної моделі проведено дослідження впливу механічних параметрів системи (мас, жорсткостей та кутів) на основні характеристики процесу транспортування: швидкість та відстань польоту, а також швидкість падіння коренеплоду.

Збільшення жорсткості пружини збільшує енергію її деформації, що в свою чергу, збільшує швидкість та відстань польоту коренеплоду. Початковий натяг пружини сприяє зростанню швидкості кидання та відстані польоту. Збільшення кута відхилення скребка пропорційно збільшує швидкість та відстань польоту, проте внаслідок зростання часу переміщення коренеплоду по скребку при його великих відхиленнях значно зростає нормальна складова швидкості коренеплоду та кут його вильоту над поверхнею транспортера. Це призводить до збільшення відстані та часу польоту коренеплоду до падіння. Аналіз залежності параметрів кидання від кута нахилу транспортера показує, що швидкості кидання та кут вильоту практично не залежать від цього параметру, а довжина кидання незначно зростає.

Рациональна конструкція скребкового транспортера повинна мати параметри, які б забезпечили задану відстань кидання для певного діапазону мас коренеплодів, що може бути досягнуто зміною кута нахилу транспортера, жорсткості та початкового натягу пружини, а також кута відхилення скребка.

## **Література**

1. Ткаченко І. Г., Гладь Ю. Б., Гевко Р. Б., Павелчак О. Б. Обґрунтування параметрів транспортера-сепаратора. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. Луцьк : ЛДТУ, 2000. Вип. 7. С. 260-266.
2. Nevko R. B., Tkachenko I. G., 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, vol. 49, no. 2.- pp. 53-60.
3. Nevko R. B., Tkachenko I. G., Rogatynskiy R. M., Synii S. V., Flonts I. V., Pohrishchuk B. V. (2019) Impact of parameters of an after-cleaning conveyor of a root crop harvester on its performance, INMATEH: Agricultural Engineering, vol. 59, no. 3. - pp. 41-48.
4. Nevko R. B., Tkachenko I. G., Gandziuk M. O., Hlado Y. B., Synii S. V., Trokhaniak O. M. Mathematical model of a root harvester after-cleaning system / Bulletin of the Karaganda university, Kazakhstan. - №4 (96). - 2019. - pp. 81-89.
5. Фльонц І. В., Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г. Транспортер-сепаратор для коренебульбоплодів. Патент України на корисну модель №31875, МПК (2006), A01D 27/00. №u200713963; заявл. 12.12.2007; опубл. 25.04.2008, Бюл.№8.

**УДК 621.43**

**О. С. Бабич, канд. техн. наук, доц., В. О. Улексін, канд. техн. наук, доц.,**

**С. Г. Годяєв, канд. техн. наук, доц.**

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

## **РОБОТА ДИЗЕЛІВ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВАХ**

**O.Babich, Ph. D, Assoc. Prof., V.Uleksin, Ph.D, Assoc. Prof., S. Godyaev Ph. D, Assoc. Prof.**

### **OPERATION OF DIESEL ENGINES ON ALTERNATIVE FUELS**

Стабільне подорожчання нафтопродуктів є не чим іншим, як ознакою давно прогнозованого вичерпання запасів нафти. Двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) більше ста років отримував перемогу у конкурентній боротьбі з іншими джерелами механічної енергії завдяки відносній дешевизні і доступності нафти та її похідних. Тепловий двигун може працювати на різних паливах. Основна вимога до палива для ДВЗ – легке випаровування і змішування пари палива з повітрям, згоряння горючої суміші в камері згоряння за короткий час, що не перевищує 0,001...0,004 с.

Пошук енергоносіїв, альтернативних нафтовому паливу, примушує застосовувати більш доступні горючі гази. При цьому доводиться миритися з подорожчанням машин, двигуни яких переобладнуються (конвертуються) для роботи на газоподібному паливі [7].

Особливістю сучасного енергетичного комплексу України є відсутність власних родовищ нафти та наявність суттєвої кількості газових родовищ, значної кількості шахтного газу, який може виступати сировиною для виробництва газового моторного палива. Перспективним для сільськогосподарського сектору України слід вважати виробництво «біодизелю» та біогазу, основним горючим компонентом якого є метан.

Області застосування газодизелів з використанням альтернативних палив можуть бути наступними.

1. Двигуни для міського транспорту. Загально відомо, що подача невеликої кількості горючого газу в циліндри дизеля покращує згоряння рідкого палива, що дозволяє суттєво зменшити шкідливі викиди [3, 4, 5].

Останнім часом жорсткішають вимоги до екологічності машин з ДВЗ, а традиційні способи знезараження викидів дизелів виявляються занадто дорогими і мало ефективними. Тому спільнота все більше схиляється до заборони застосування дизелів на міському транспорті. Цьому сприяє і досвід використання електромобілів, хоча останні навряд чи будуть серйозними конкурентами для автомобілів з дизельними двигунами.

Наявні результати випробувань газодизелів при невеликих добавках горючого газу дозволяють сподіватися на перспективність такого технічного рішення. В цьому випадку основним енергоносієм залишається рідке паливо, а горючий газ подається лише при максимальних навантаженнях у кількості 15...20 % за тепловим еквівалентом від номінальної подачі дизельного палива. Враховуючи, що експлуатаційне навантаження автомобільного двигуна не перевищує 80 %, автомобіль повинен обладнуватися балонами для компримованого природного газу близько 15 л на 100 л об'єму бака для дизельного палива.

2. Утилізація низькокалорійних горючих газів в газодизелях (детально розглянута в [7]) дозволяє сподіватися на ефективність цього способу.

Низькокалорійні горючі гази є побічним продуктом різних виробництв. Наприклад, шахтний або рудниковий газ – суміш газів, що виділяються в гірських виробках. Серйозною проблемою нині стала переробка твердих побутових відходів, які містять до 10...15 горючих речовин, а збір і утилізація сміття супроводжується

виходом низькокалорійного звалищного газу.

У тваринництві існує проблема утилізації гною, одним із способів вирішення якої є метанове зброджування [1, 2]. При цьому основним продуктом переробки виступають високоефективні *органічні добрива, побічним – метановмісний біогаз (біометан)*. Біогазові установки застосовуються також в системах переробки каналізаційних вод великих міст.

У всіх цих випадках можливе застосування мотор-генераторів на базі газодизелів.

Розрахунки газодизельного робочого процесу на низькокалорійних газах [6] показують, що:

2.1. Біогаз з вмістом метану більше 20 % можна використовувати в якості повноцінного моторного палива для конвертованого газодизеля при величині запальної дози рідкого палива 25 %, що має переваги у порівнянні з мотор-генераторами на основі ДВЗ з іскровим запалюванням.

2.2. Шахтний газ є повноцінним моторним паливом для газодизелів при концентрації метану більше 7 %.

2.3. Досвід застосування газодизелів для утилізації низькокалорійних газів накопичено австрійською компанією Jenbacher & Waukesha Gas Engines, яка випускає лінійку газодизелів потужністю понад 1200 кВт. Для дрібних фермерських господарств з невеликими об'ємами горючого газу рекомендуються газогенераторні установки на базі двигунів з зовнішнім сумішоутворенням і іскровим запалюванням [2]. Там же сформульовані вимоги до двигуна:

- низька вартість, що визначається серійним виробництвом двигуна;
- достатній ресурс в режимі тривалого навантаження;
- частота обертання максимум 1500 о/хв;
- спроможність тривалої роботи при частковому навантаженні;
- простота обслуговування, відсутність дефіцитних вузлів.

Для використання в невеликих господарствах замість двигуна з іскровим запалюванням може бути рекомендовано конвертований газодизель, що доступно для виготовлення у місцях використання і відповідає приведеним вище вимогам. Слід також відмітити, що в умовах роботи в складі мотор-генератора використовується лише регуляторна ділянка характеристики двигуна, що спрощує будову системи регулювання.

### **Література**

1. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз: теория и практика (Пер.с нем) – М. Колос, 1982. – 148 с.
2. Барбара Эдер, Хайнц Шульц. Биогазовые установки. Практическое руководство. Перевод с немецкого 2008г. (1996.(<http://www.zorg-biogas.com>).
3. Коллеров Л.К. Газовые двигатели поршневого типа.– М.:–Л.: МАШГИЗ, 1955.–212 с.
4. Лиханов В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции/Транспорт на альтернативном топливе № 4 (40). 2014 г. – С. 21...25.
5. Самоль Г.И., Гольдблат И.И. Газобаллонные автомобили. – М.: Государственное НТИ машиностроительной литературы, 1963 г – 387 с.
6. Сергеев А.П., Стремоухов А.Б. Улексин В.А. Расчет рабочего процесса газодизеля на низькокалорійних газах: Матеріали міжнародної науково - практичної конференції, посвященної 75-летию окончания Сталинградской битвы 31 января 2018 г. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2018. – Том 2. – С. 215-225.
7. Улексин В.А., Стремоухов А.Б. Конвертирование автотракторных дизелей в газодизели. Монография. Днепр, 2020. 227 с.

**УДК 621.891:631.31:631.37**

**В.В. Аулін, д-р. техн. наук, проф.**

Центральноукраїнський національний технічний університет, Україна

## **ПІДХОДИ ТА МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

**V.V. Aulin, Dr., Prof.**

### **APPROACHES AND METHODS OF SOLVING THE PROBLEM OF INCREASING THE RELIABILITY OF MOBILE AGRICULTURAL TECHNICS**

Мобільна сільськогосподарська техніка (МСГТ) працює в складних умовах знакозмінного циклічного та динамічного навантаження, підвищеної запиленості, взаємодії з активними та агресивними робочими та технологічними середовищами, а тому не виробляє запланованого ресурсу.

Найголовнішим чинником спрацювання елементів (деталей, вузлів, систем і агрегатів) МСГТ є процеси тертя та зношування. Тому проблема розробки підходів та методів підвищення надійності МСГТ потребує передусім розгляду МСГТ, як системи на основі системно-спрямованого підходу. Якщо до уваги беруться триботехнічні системи елементів МСГТ та трибологічні методів дослідження їх стану, то формується трибофізичний підхід підвищення надійності МСГТ. При цьому досліджуються еволюція розвитку структури та зміни характеристик і властивостей матеріалів деталей та паливно-мастильних матеріалів, їх взаємодія та модифікування. Встановлюються умови прояву станів, процесів та різних типів самоорганізації, при яких елементи МСГТ та її одиниці мають максимальні значення показників надійності.

Дослідження самоорганізації елементів та технічних систем спрямовує синергетичний підхід. Синергетика надійності потребує розробки, як методології, так і теорії. Крім цього для виявлення самоорганізації необхідні критерії та умови її спостереження. В разі взаємовпливу елементів МСГТ, впливу зовнішнього середовища враховують чутливість, яка доповнює і уточнює значення показників надійності. При цьому використовується сенситивний підхід на основі визначення відносної чутливості елементів. Особливо це ефективно при виборі найбільш інформативного діагностичного параметру. Підхід потребує радикальної розробки методів, критеріїв та теоретичних основ.

Дослідження сукупності процесів, явищ, що спостерігаються в елементах МСГТ, доцільно проводити на основі рівневого підходу, виділивши макро-, мезо-, мікро- та нанорівень. На зазначених рівнях бажано із загальної сукупності процесів і явищ виділити їх характерні сукупності. Вони потребують розроблення методів дослідження і теоретичних основ. Також бажано запропонувати критерії віднесення того чи іншого явища та процесів в елементах МСГТ до певного їх рівня.

При підвищенні експлуатаційної надійності елементів МСГТ, її одиниць та парку машин слід встановити зв'язок діагностичних параметрів технічного стану з показниками надійності підібрати з стратегій технічного обслуговування та ремонту (планово-запобіжна, адаптивна, інтелектуальна) ті підходи, які забезпечують найбільш ефективне підвищення надійності. Наприклад, планово-запобіжну систему ТО і Р можливо удосконалити на основі елементно-модульного підходу або логістичного підходу забезпечення МСГТ запасними частинами. Що стосується інтелектуальної стратегії ТО і Р МСГТ, то доцільним є побудова кіберфізичної системи технічного сервісу на основі інформаційно-фізичного та кіберфізичного підходів. Проблема підвищення надійності МСГТ на цій основі потребує детальної розробки як теорії, так і методології.

УДК 632.895

**В.В. Сацюк к.т.н., доцент; Т.А. Сацюк, В.О. Савіцький**  
Луцький національний технічний університет, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ШНЕКОВОГО ГРАНУЛЯТОРА

**V. Satsiuk Ph.D., Assoc. Prof; T. Satsiuk, V. Savitsky**

### RESULTS OF PRODUCTIVITY OF THE SCREW GRANULATOR

Процес гранулювання використовується у багатьох галузях. Наприклад у сільськогосподарській галузі використовують гранулювання при виробництві добрив та комбікормів, в галузі енергетики гранулювання відбувається при виробництві паливних брикетів, у харчовій промисловості гранулювання є частиною технологічного процесу при брикетуванні, формуванні та штампуванні різної харчової сировини [1-5].

У світовій практиці відомі і широко використовуються у технологічних процесах різні методи гранулювання. Але найбільш поширений це - пресування шнековими грануляторами.

Об'ємна витрати матеріалу через фільтру матриці становить [2]:

$$Q = \frac{\Delta p \cdot \pi}{128 \eta l} \cdot (k \cdot d_n)^4, \quad (1)$$

де  $\Delta p$  - перепад тиску пресування у філь'єрі матриці;

$\eta$  - в'язкість гранульованої суміші;

$l$  - довжина філь'єри;

$d$  - діаметр філь'єри.

При гранулювання суміші із підвищеною липкістю за допомогою шнекових грануляторів, спостерігається налипання даної суміші на перегородках матриці, за рахунок чого фактичний діаметр філь'єри  $d_\phi$  зменшується (рисунок 1). Тому у залежності (1) визначення об'ємної витрати матеріалу через філь'єру матриці взамін діаметру філь'єри слід використовувати фактичний діаметр філь'єри  $d_\phi$ .

За рахунок налипання гранульованої суміші на перегородках матриці гранулятора його продуктивність зменшується.

Фактичний розмір філь'єри становить:

$$d_\phi = k \cdot d, \quad (2)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує налипання матеріалу на перегородках матриці гранулятора;

Тоді формула (1) з врахуванням викладеного набере вигляду:

$$Q = \frac{\Delta p \cdot \pi}{128 \eta l} \cdot (k \cdot d_n)^4 \quad (4)$$

Продуктивність шнекового гранулятора можна визначити через об'ємну витрату філь'єри матриці:

$$P = 3600 \rho \cdot n \cdot Q, \quad (5)$$

де  $\rho$  - густина гранульованого матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

$n$  - кількість філь'єр в матриці гранулятора

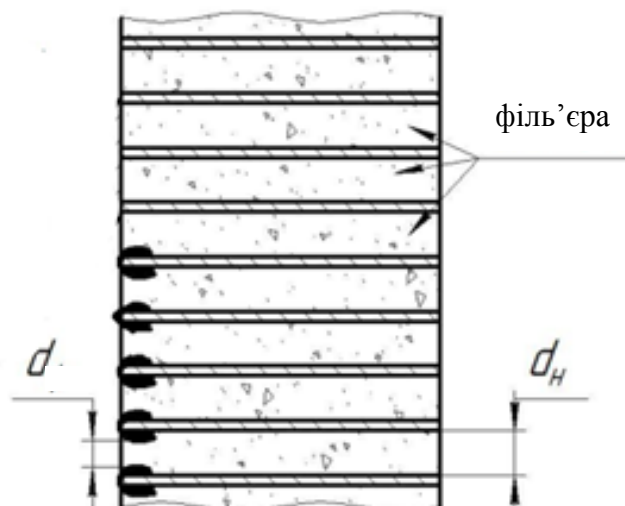


Рис. 1 – Схема матриці шнекового гранулятора  
 $d$  – номінальний діаметр філь'єри;  
 $d_{\phi}$  – фактичний діаметр філь'єри.

Підставимо у (5) залежність (6) отримаємо:

$$\Pi = 3600\rho \cdot n \cdot \frac{\Delta p \cdot \pi}{128\eta l} \cdot (k \cdot d_{\phi})^4 \quad (6)$$

Слід відмітити, що у випадку коли філь'єри чисті та відсутнє налипання матеріалу на стінки матриці, то коефіцієнт  $k$ , який враховує зменшення фактичного розміру філь'єри, не впливає на продуктивність гранулятора. Тобто коефіцієнт  $k=1$ . У разі налипання суміші на стінки матриці значення коефіцієнта  $k$  менше одиниці. Це призводить до значного зниження продуктивності гранулятора так-як коефіцієнт та діаметр філь'єри у залежності (6) у четвертій степені.

Отже для гранулювання матеріалу із підвищеною липкістю на грануляторах слід встановлювати лопатеві ножі для очистки матриць від налиплого матеріалу. Таке рішення дозволить підвищити продуктивність роботи гранулятора та зменшити енергозатрати на процес виробництва кінцевої продукції.

### Література

1. Бойко Л. Н. Прогресивныетехнологии для производствакомбикормов [текст] / Л. Н. Бойко.Комбикорма. - 2005. - №4. - С. 23-24.
2. Вилесов Н.Г. Процессы гранулирования в промышленности. - К.: Техніка, 1976. – 192 с.
3. Вирясов Г. П. Физические и технологические основы производства торфоминеральных гранулированных удобрений. Дис... докт. техн. наук. 05.15.05. Минск, 1992. -451 с.
4. Китун, А. В. Машини и оборудование в животноводстве : учебник / А. В. Китун, В. И. Передня, Н. Н. Романюк. – Минск : БГАТУ, 2019. – 504 с. ISBN 978-985-519-982-4
5. Койков П.М. Гранулирование древесных отходов / П.М. Койков, А.А. Перевалов // Деревообрабатывающая промышленность, 1998. – № 5. – С. 19-20.

УДК 631.3.1.171

**О.Д. Деркач, канд. техн. наук., доц.; О.В. Сергієнко, асист.**  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

## **КОНТРОЛЬ ТВЕРДОСТІ ҐРУНТУ ЦИФРОВИМ ПЕНЕТРОМЕТРОМ**

**O.D. Derkach, Ph.D., Assoc. Prof.; O.V. Serhienko**

### **CONTROL OF SOIL HARDNESS WITH A DIGITAL PENETROMETER**

**Вступ.** В сучасних технологіях вирощування с.-г. культур все більше використовуються високопродуктивні широкозахватні машинні агрегати (МА). Як відомо, для підвищення тягово-зчіпних властивостей збільшують потужність і масу трактора. Це призвело до інтенсифікації процесу штучного ущільнення орних та підорних шарів ґрунтів. Таким чином, в сучасному землеробстві виник парадокс: для підвищення ефективності землеробства використовується високопродуктивні МА, енергетичні засоби яких надмірно ущільнюють ґрунти, знижуючи ефективність виробництва.

**Аналіз стану питання.** Проблемою ущільнення ґрунтів займалися Панченко А.М., Мельник В.П., Кухаренко П.М., Ільченко В.Ю. Сьогодні ряд наукових праць з даної тематики належить професору Надикто В.Т., представнику виробництва колісних систем Клісаку Г.О. та іншим вченим і виробничникам.

Як наслідок переущільнення ґрунтів, все частіше фермери спостерігають результат негативної дії рушіїв техніки на ґрунти (рис.1). Як встановлено авторами, на місці, де виявилися застійні явища води, минулого сезону здійснювалося



Рис. 1 – Негативна дія переущільнених орних та підорних шарів ґрунту.

розвантаження зерна комбайнами в автомобілі. Стоянка автомобілів і заїзд комбайнів із зерном зумовили надзвичайне ущільнення ґрунту. Таким чином, фермерам необхідні інструменти для швидкого і якісного контролю стану ґрунту. Однак, існуючі методи контролю величини ущільнення ґрунтів уже не задовольняють сьогодні споживачів, так як не дають оперативної і комплексної інформації. Сьогодні в Україні є достатньо велика кількість цифрових веб-платформ і застосунків [1], які дозволяють споживачам (фермерам) отримувати оперативну

інформацію про поточний стан виробничих засобів. Вочевидь, і технологія контролю за щільністю ґрунтів має базуватися на цих засадах. До таких відноситься технологія, що базується на використанні цифрового пенетрометра Skok Agro S600 [2], відповідного програмного забезпечення (ПЗ). Недоліком ПЗ Skok Agro є відсутність суміщення позиції оператора на полі при вимірюванні твердості ґрунту із точками вимірювання, які генерує це ПЗ. Це в певній мірі призводить до сповільнення виконання роботи та/або деякого спотворення отриманих результатів, так як в софті передбачений алгоритм обрахування даних з точок, розміщених на однаковій відстані одна від одної.

**Постановка проблеми.** Проблема, яка потребувала дослідження – оперативне поєднання місцезнаходження на полі оператора, що вимірює твердість ґрунту із точкою вимірювання, визначеною ПЗ Skok Agro та швидкої передачі отриманих результатів



замовнику.

**Вирішення проблеми.** При формуванні сітки точок вимірювання (рис.2, а), створюється файл з розширенням .kml. Цей файл пересилається на електронну скриньку оператора. Відкривши файл, оператор, увімкнувши на смартфоні функцію геопозиціонування, оператор суміщає точку власного місцеперебування з точкою вимірювання і здійснює операцію. Таким чином, оператор швидко може пересуватися визначеним шляхом від точки до точки, скорочуючи час і шлях.

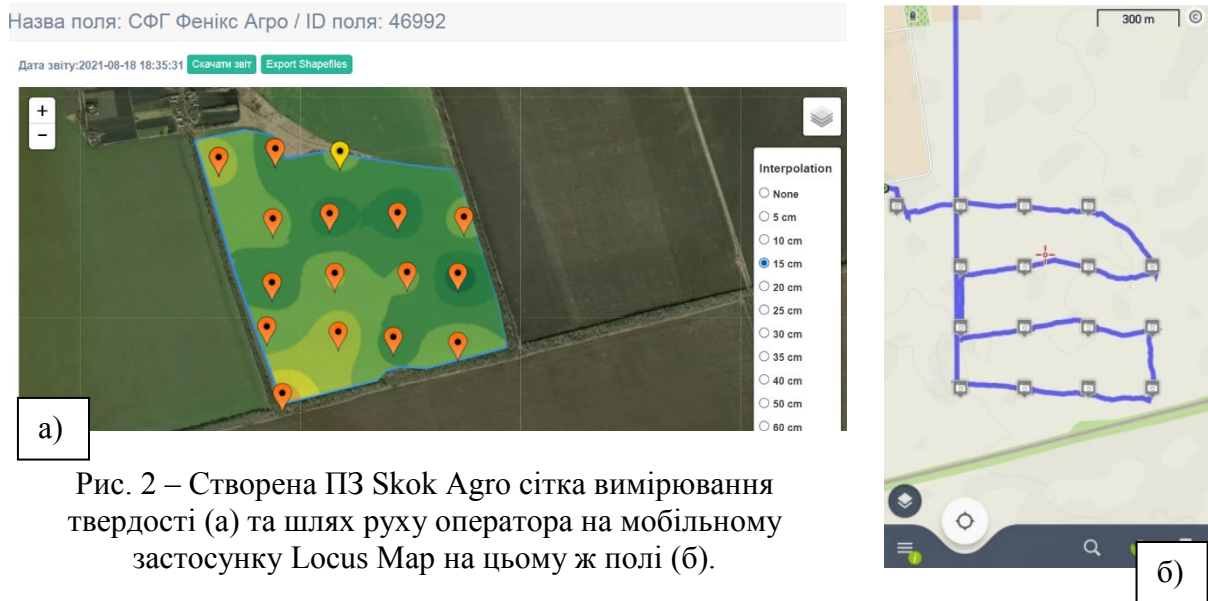


Рис. 2 – Створена ПЗ Skok Agro сітка вимірювання твердості (а) та шлях руху оператора на мобільному застосунку Locus Map на цьому ж полі (б).

Отримані дані в кожній визначеній точці аналізуються на глибину 60 см

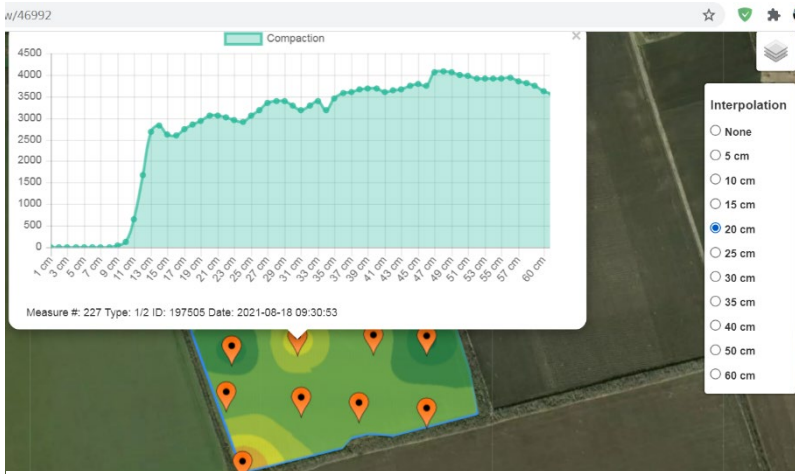


Рис. 3 – Характер твердості ґрунту в одній з точок вимірювання.

з дискретністю 1 см (рис. 3). Таким чином можна визначити загальний характер ущільнення ґрунтів, контролюючи зміну цього параметра пошарово. Як бачимо з рис. 3, в встановлено, що в одній з точок вимірювання твердість ґрунту є низькою до глибини 11...12 см. А в подальшому відбувається суттєве зростання твердості. Критичним значенням твердості є величина вище за 3000 кПа.

**Висновок.** Поєднання даних з ПЗ Skok Agro та Locus Map вирішує проблему оперативного отримання та обробки даних.

### Література

1. Руденко М.В. Вплив цифрових технологій на аграрне виробництво: методичний аспект / Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Економіка і управління. Том 30 (69). № 6, 2019 р., с. 30 – 37.
2. Інструкція з експлуатації твердоміра ґрунту Skok Agro S600. Версія 1.3. 2019 р.

**УДК532**

**Д.О. Вітенько**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль

### **ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОЇ ДІЛЯНКИ КАВІТАЦІЙНОГО МОДУЛЯ З АКТИВАТОРОМ СКЛАДНОЇ ФОРМИ**

**D.O. Vitenko**

### **INVESTIGATION OF THE WORKING ZONE OF CAVITATION WITH COMPLEX ACTIVATOR**

Одним з ефективних методів інтенсифікації масообмінних процесів у рідинах є кавітаційна дія на оброблюване середовище. Кавітація являє собою засіб локальної концентрації енергії низької щільності у високу, пов'язану з пульсаціями та захопуванням кавітаційних бульбашок. Після схлопування каверни в навколишній рідині поширюється сферична ударна хвиля, що швидко загасає у просторі. Під час генерування імпульсних розтягуючих напружень у рідині, присутні в ній зародки кавітації (стійкі парові та газові бульбашки малих розмірів) починають рости, утворюючи кавітаційний кластер, форма і розміри якого визначаються початковим спектром розмірів кавітаційних зародків.

Інтенсифікація розчинення, екстрагування та інших масообмінних процесів здійснюються, в основному, за рахунок двох характерних проявів кавітації: ударних хвиль та кумулятивних струминок, що утворюються при схлопуванні кавітаційних бульбашок. Кумулятивні струмки руйнують поверхневі шари та поверхню твердого тіла за рахунок кінетичної енергії рідини. Дрібні частинки твердого тіла, розміри яких можна порівняти з поперечним перерізом кумулятивних струменів, захоплюються ними і дають додатковий внесок у процес руйнування поверхневих шарів і самих твердих частинок, що знаходяться в рідині. Кавітаційна дія ефективно використовується для інтенсифікації процесів розчинення та екстрагування, наприклад, пектину, каротину, таніну та інших цінних речовин.

У цій роботі виконано верифікацію результатів моделювання та експериментальних даних щодо впливу кавітації на гідродинамічні характеристики струменевого потоку за допомогою програмного пакету SolidWorks з використанням модуля Flow simulation. Отримані результати порівняли з візуальними та експериментальними дослідженнями. Побудована геометрія моделі та виконано розрахунок кавітаційної течії рідини за складної форми кавітаційного активатора.

За отриманими результатами максимальний тиск має місце в напірному соплі і досягає 12 МПа. Далі в міру звуження напірного сопла місцевий тиск знижується внаслідок зростання швидкості течії і набуває свого мінімального значення на зрізі сопла, що дорівнює 0,5 МПа. При вході струменя в струменеві камеру тиск підвищується до 0,8 МПа. Після входу струменя в дифузор приймального сопла місцевий тиск знижується до тиску насичених парів рідини, що дорівнює 1900 Па і залишається таким. Середня швидкість при вході в напірне сопло становила трохи більше ніж 18 м/с. Далі по мірі звуження швидкість рідини зростала і на зрізі сопла становила 165 м/с. Після виходу основного струменя з напірного сопла кінетична енергія та профіль струменів зберігаються. Після входу струменя в дифузор приймального сопла швидкість рідини досягає максимального значення 172 м/с. При вході струменя в струменеву камеру швидкість течії трохи знижується за рахунок надлишкового тиску.

УДК 664

**С.І. Костишин**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ОЦІНКА ПОХИБОК ДОЗАТОРІВ**

**S. Kostyshyn**

### **DISPENSERS ERRORS ASSESSMENT**

Результати дозування завжди містять певну похибку. Якщо похибка незначна, то нею можна знехтувати. Проте при цьому виникають два питання: коли похибка несуттєва і яким чином її оцінити.

Виділяють два способи вимірювань: прямі і опосередковані. При прямому вимірюванні оцінювана величина порівнюється безпосередньо зі своїми одиницями міри. Наприклад, вимірювання маси ваговим механізмом. При опосередкованому вимірюванні шукана величина встановлюється за результатами вимірювання інших величин, пов'язаних з нею функціонально. Наприклад, вимірювання маси дозованого матеріалу по об'єму і по насипній вазі (густині).

При вимірюванні будь-якої фізичної величини виконують перевірку та встановлення відповідного приладу чи механізму, відстеження їх показів та відлік. При цьому дійсне значення вимірюваної величини отримати не можна, бо що вимірювальні засоби засновані на визначеному методі вимірювання, точність якого є кінцевою величиною. При виготовленні системи контролю дозованого матеріалу задається клас точності. Його похибка визначається точністю поділки шкали приладу. Якщо поділки шкали нанесено через 1 мм, точність відліку 0,5 мм не змінюється, навіть якщо застосувати лупу для її розглядання. Аналогічно відбувається вимірювання і при використанні інших вимірювальних засобів.

Крім похибки вимірювальної системи на результат виміру впливає ще значна кількість об'єктивних і суб'єктивних причин. Похибка вимірювання зазвичай невідома, як невідоме і справжнє значення вимірюваної величини. Виключення містять виміри величин при визначенні точності вимірювальних приладів або їх таруванні. Тому однією з найважливіших задач математичної обробки результатів вимірювання дозованих порцій продуктів є оцінка дійсного значення вимірюваної порції за даними експерименту з мінімальною похибкою.

Крім похибки вимірювальної системи (визначається методом вимірювань) існують інші, які можна розділити на три типи:

1. Систематичні похибки дозування, які обумовлюються постійно діючими чинниками. Наприклад, розміщення початкової точки відліку, вплив температури на геометричні розміри тощо. Систематичні похибки виявляються в процесі тарування вимірювальних систем і тому їх нескладно оцінити в процесі оброблення результатів вимірювання.

2. Випадкові похибки дозування містять у своїй основі багато різних причин, будь-яка з них не виявляє себе чітко. Випадкову похибку можна розглядати як сумарний ефект дії багатьох чинників. Тому випадкові похибки при багатократних повторних вимірюваннях отримують різні як за величиною, так і за знаком. Їх неможливо врахувати як систематичні, але можна врахувати їх вплив на оцінку істинного значення вимірюваної величини.

3. Грубі похибки дозування (промахи) виявляються зазвичай через неправильні налаштування дозатора. Їх легко виявити в процесі перевірки.

Систематичні і грубі похибки не допускаються в процесі роботи дозуючих систем.

УДК 631.356.2: 62-235

Ю.Ю. Ястунічев, В.О. Микуляк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГАЛЬМ ПРИВОДУ БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Yu. Yastiunichev, V. Mykuliak

### INCREASING THE RELIABILITY OF THE BEET HARVESTER DRIVE BRAKE

Основним завданням при розробці систем машин для забезпечення технологічних процесів в аграрному секторі є підвищення надійності сільськогосподарської техніки. Проте аналіз технічного рівня й показників якості сільськогосподарської техніки вітчизняного виробництва та тенденції їх зміни, свідчать, що підвищення вказаних параметрів відбувається досить повільно.

Причинами низької надійності (виходу техніки з ладу) є конструктивні недоробки на стадії проектування (20-30%), відмови внаслідок низької якості виготовлення та складання машин (20-30%), низького технічного рівня та якості матеріалів, елементної бази комплектуючих (35-40%), відмови через порушення правил експлуатації техніки та низьку кваліфікацію обслуговуючого персоналу (10%), інші відмови – 5-10%.

Коренезбиральний комбайн КБМ-6 створений на базі самохідної машини КБ-6 і успадкував її ходову систему. Збільшений об'єм бункера та вага нових функціональних вузлів (гичкоріз) комбайна спричиняють додаткове навантаження на ходову систему машини, що, за даними експлуатаційних випробувань, приводить до швидкого виходу з ладу кінцевої передачі (та зношування дискових гальм).

В результаті малого об'єму повітря в просторі диску колеса та швидкого протікання процесу гальмування, розсіювання тепла в навколишнє середовище практично відсутнє. Вся кінетична енергія гальмування витрачається на нагрівання маси гальма.

Для забезпечення нормальних умов роботи зупинкового гальма ведучого моста комбайна КБМ-6 (покращення теплообміну між гальмом і навколишнім середовищем) необхідно збільшити об'єм потоку охолоджуючого повітря навколо корпусу гальма. Цього можна досягнути, збільшивши діаметр колеса.

Крім того, для покращення охолодження дискових гальм набігаючим потоком повітря доцільно також дещо винести дискове гальмо за межі диска колеса. Для цього між гальмом і вхідним валом бортового редуктора необхідно встановити вал-подовжувач (рис. 1).

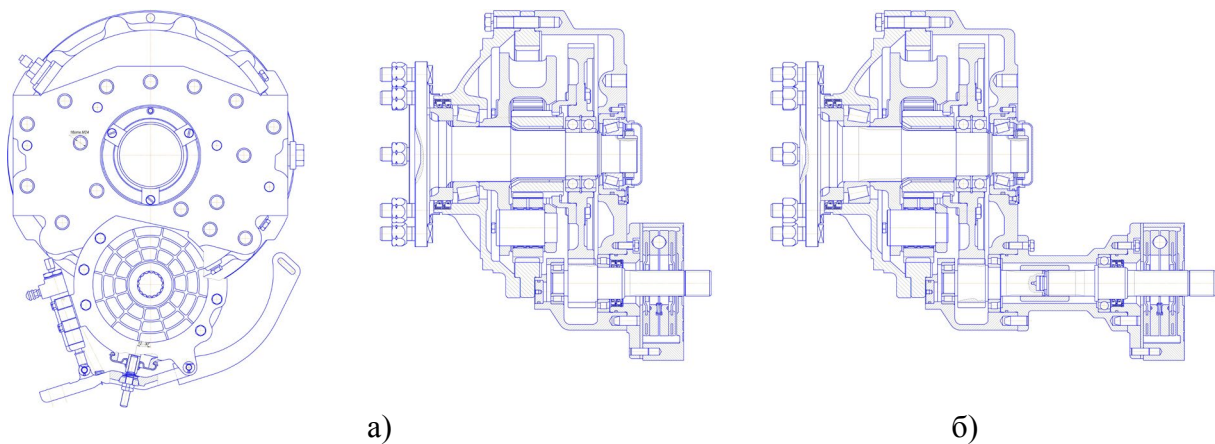


Рис. 1 – Бортовий редуктор базової (а) та удосконаленої (б) конструкції

УДК 621.891

Н.К. Медведчук, канд.техн.наук. доц.

Хмельницький національний університет, Україна

## ПРОГНОЗУВАННЯ КОНТАКТНОЇ ЖОРСТКОСТІ ПЛОСКИХ СТИКІВ

N.K. Medvedchuk, Ph.D., Assoc.Prof.

### PREDICTION OF CONTACT HARDNESS OF FLAT JOINTS

При вирішенні проблем підвищення працездатності машин часто виникає необхідність визначення контактних переміщень та особливо жорсткості контакту. Цьому запитанню присвячено чимало досліджень [1]. Однак формули, які отримані для оцінки жорсткості різноманітних вузлів деталей машин, складаються з безлічі емпіричних коефіцієнтів, які справедливі лише в даних конкретних умовах, що являється недоліком існуючих розрахункових методів.

Перевага запропонованих формул полягає в більшій точності та використанні лише стандартних характеристик шорсткості [2].

Для розрахунку рівня деформації при пружному контактуванні отримана формула:

$$h = -6,568 + 3,704 \ln(5,73 - c), \quad (1)$$

$$\text{де } c = \ln \frac{1,77 \sigma_n}{Eg}.$$

При пластичному контактуванні отримана формула:

$$h = \begin{cases} -6,461 + 3,749 \ln(4,826 - c), & k \leq 0,693 \\ 0,365 \exp[1,508(c + 0,366)], & k > 0,693 \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{де } k = \frac{\alpha \sigma_n}{g^{2m} H}, \quad c = \ln k.$$

Контактні переміщення при зміні  $\sigma_{n1}$  до  $\sigma_{n2}$  можливо визначити за допомогою формул (1) і (2), виходячи з виразу:

$$\Delta H = 1,253 Ra(h_1 - h_2).$$

Для визначення жорсткості маємо:

$$j = L \sigma_n / \Delta H,$$

де  $\Delta \sigma_n$  – зміна тиску;

$\Delta H$  – зміна контактних переміщень.

**Висновок.** Таким чином жорсткість буде змінюватися із зміною контактних переміщень.

### Література

1. Бачинська Н.К. Дослідження контактних характеристик шорстких, сильно анізотропних поверхонь: дис. канд. техн. наук / Бачинська (Медведчук) Н.К.-Хмельницький, 1994.-166с.
2. Семенюк М.Ф., Бачинська (Медведчук) Н.К. Механіка фрикційного контакту шорстких поверхонь. Розробка розрахункової моделі // Тертя та зношування.1993. т.14, №5, с.837-841.

УДК 613.3; 796.03; 616-008; 606:628

**О.С. Покотило, докт. біол. наук., проф.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ КАТОЛІТНИХ ВОД – РЕВОЛЮЦІЙНИЙ ПІДХІД ДЛЯ ЗДОРОВОГО ДОВГОЛІТТЯ**

**O.S. Pokotylo, Dr., Prof.**

### **CATHOLYTIC WATER PREPARATION SYSTEMS – A REVOLUTIONARY APPROACH FOR HEALTHY LONGEVITY**

З кожним днем зростає у світі актуальність питання щодо якості і безпечності питної води. Проблема пов'язана із зростанням чисельності населення, збільшення використання води у різних сферах господарської діяльності і зменшення ступеня її очищення. На сьогодні забруднення торкається не лише відкритих водойм, а й ґрунтових і глибинних підземних вод. Тому системи очистки води від продуктів хімічного, радіологічного, бактеріологічного забруднення, як природнього, так і антропогенного походження вже не є модним трендом, а необхідним атрибутом для пересічного споживача води.

З іншого боку, аналізуючи унікальні властивості води, як субстрату життя на Землі, хочеться зробити особливий акцент, на таку властивість рідин і в тому числі води, як окисно-відновний потенціал або Редокс-потенціал і ступінь насичення води молекулярним воднем. Як показують нещодавні результати японських вчених, що вода із негативним Редокс-потенціалом має особливу оздоровчу дію на організм [1, 2]. В першу чергу, через насичення молекулярним воднем така католітна вода, яку ще називають «живою», має підтверджений і дуже виражений антиоксидантний ефект. Цілющі властивості молекулярного водню виявлялися після кожного нового наукового і клінічного дослідження [1, 2]. Ефекти позитивного впливу молекулярного водню на організм вже є закономірними, багаторазово підтвердженими і не викликають жодних сумнівів. Мережа систем підготовки таких католітних вод у світі розширюється та вони працюють в основному на принципі електролізу, тобто розпад молекул води відбувається за рахунок зовнішнього надходження електричного струму і створення катод-анодної системи. У природні існують унікальні цілющі джерела, в яких вода має від'ємний Редокс-потенціал та насичена воднем, як правило через розпад сірководню (наприклад, води типу Нафтуса). Проте у природних водних системах в таких чи інших джерелах абсолютно відсутнє використання електричного струму для утворення католіту чи аноліту. Це послужило науковою мотивацією та ідейним поштовхом для створення систем очистки і підготовки католітної («живої») води за природнім принципом.



В результаті проведення ряду експериментальних робіт на кафедрі харчової біотехнології і хімії ТНТУ імені Івана Пулюя професором Покотило О.С. розроблено цілий ряд систем підготовки католітних вод, які успішно функціонують вже у понад 25 країнах.





Однією з найпростіших і найпопулярніших систем, розроблених проф. Покотило О.С. – є термос-іонізатор-генератор водневої води – «Living Water» ТІГ-«LW». Це повністю автономна, мобільна та зручна система підготовки католітної води, яка здатна виконувати свою функцію впродовж 10 років за належної експлуатації [3]. ТІГ-«LW» утворює католіт – «живу» низькомолекулярну воду з від’ємним окисно-відновним потенціалом (Редокс-потенціалом) в діапазоні -100 -500 мВ, лужним Рн (7,5 – 9,5) та із вмістом молекулярного водню 0,3-0,8 ppm.

Наступною за складністю є розроблена міні-система “Living Water”, яка складається із фільтра води, іонізатора та генератора молекулярного водню. При цьому вода миттєво і в природний спосіб очищається, олужнюється до рН 7,5-8,0 та набуває від’ємного окисно-відновного потенціалу до -500 мВ через насичення молекулярним воднем в межах 0,3-0,8 ppm.



Ще більш складною розробкою є система фільтрації води на основі принципу зворотного осмосу із генерацією молекулярного водню під назвою «Living Water ФЗО-6». Дану систему рекомендується підключати до системи центрального або приватного водопостачання за умови знаходження в ній води не належно допустимого ступеня її якості, при наявності надлишкових кількостей окремих макро- чи мікроелементів тощо.

Підсумовуючи вище викладене, можна сказати, що розробка даних систем генерування молекулярного водню пройшли швидкий шлях від його скромних початків і надзвичайно розвинулися в останні роки. У дослідженні молекулярного водню вже отримано вражаючі результати і зроблені вагомні висновки, проте вивчення механізмів його впливу на організм потрібно продовжувати [4]. Молекулярний водень на сьогодні має дуже перспективні результати.

### **Література**

1. Hong Y., Chen S., Zhang J. M. Hydrogen as a selective antioxidant: a review of clinical and experimental studies. *The Journal of International Medical Research*. 2010. vol. 38 (6). P. 1893–1903. [doi.org/10.1177/147323001003800602](https://doi.org/10.1177/147323001003800602)
2. LeBaron T. W., Larson A. J., Ohta S. et al. Acute supplementation with molecular hydrogen benefits submaximal exercise indices. Randomized, Double-Blinded, Placebo-Controlled Crossover Pilot Study. *Journal of Lifestyle Medicine*. 2019. vol. 9 (1). P. 36–43. doi: [10.15280/jlm.2019.9.1.36](https://doi.org/10.15280/jlm.2019.9.1.36)
3. Покотило О. С., Головач П. І., Покотило С. О. Дослідження закономірностей утворення електронодонорної води на основі змін рН і ОВП вод в термосах-іонізаторах-генераторах «Living water». *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія Біологія*. 2019. Vol 78. N4. С. 24-29. <http://journals.chem-bio.com.ua/index.php/biology/article/view/63>
4. Покотило О., Захарчук І., Вихованець Б. Стан і перспективи використання молекулярного водню для спортсменів // *Спортивний вісник Придніпров'я*. – 2020. – №1. – С. 443-450.



УДК 631.332.71

**Б.О. Блашак, аспірант; А.В. Бабій, докт. техн. наук, доцент**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КАРТОПЛЕПОСАДОЧНИХ АПАРАТІВ**

**B. Blashchak, post-graduate student; A. Babii, Dr., Assoc. prof.**

### **RESEARCH OF WORK EFFICIENCY POTATO PLANTING MACHINES**

Механізація технологічних процесів при вирощуванні сільськогосподарської продукції у дрібних фермерських чи підсобних господарствах є ще досить актуальною. Проблема в тому, що тут дане виробництво носить, переважно, некомерційний характер. Це означає, що продукція не напряму реалізовується після збору урожаю, а йде, наприклад на згодовування тваринам, які вирощують на м'ясо, чи відгодівлю ВРХ для отримання молока. Тоді частина цієї продукції реалізовується і отримані кошти можуть залучатися на придбання дрібної техніки. Якщо ж говорити тільки про підсобні господарства, то виробництво сільськогосподарської продукції може бути тільки для власного споживання родини. Звідси випливає, що фінансування таких проектів з придбання машин чи знарядь є досить обмеженими. Крім того, дані машини повинні бути відносно дешевими – доступними для такого сектора споживачів.

Тому конструкторам сільськогосподарських машин чи знарядь ставиться задача щодо розробки мінітехніки – максимальна технологічна ефективність, мінімальна ринкова вартість кінцевого продукту.

Проведені дослідження картоплепосадочних машин, які використовують на невеликих площах, засвідчують певну недосконалість картоплепосадочних апаратів картоплесаджалок, що агрегатуються з мініблоками чи мінітракторами [1]

Зараз на ринку набули особливої популярності одно- і двохрядні картоплесаджалки з посадочним апаратом конвеєрного типу, рис. 1.



Рис. 1 – Класична конструкція картоплесаджалки з конвеєрним апаратом [2]

Такі машини досить добре себе зарекомендували на практиці, але попри те помічено і їх суттєвий недолік – захоплення однією ложечкою кількох картоплин, що не відповідає агротехнічним вимогам до технологічного процесу посадки картоплі.

Наступні світлини, що отримані на прикладі роботи однієї з картоплесаджалок, підтверджують ці факти, рис. 2.



Рис. 2 – Фрагменти зйомки роботи посадочного апарату

Варіанти виконання таких конвеєрних посадочних апаратів досить різні. Звичайно, що дана техніка не може конкурувати з професійними картоплесаджалками, де використовують, переважно, дисково-ложечкові апарати, але можна пропонувати різні конструкторські рішення щодо їх вдосконалення [3, 4].

Розробка картоплесаджалок для мінітехніки повинна супроводжуватися простою конструкцією та адаптивністю до енергозасобів. Для отримання ефективного посадочного апарату потрібно використати існуючий досвід наявних конструкцій, виділити недоліки та на основі власних ідей провести їх вдосконалення чи запропонувати принципово (конструктивно) новий апарат.

Серед перспективних конструктивних рішень – посадкові апарати дискового типу з вертикальним розміщенням осі обертання та вібраційним живильним пристроєм. Такі апарати повинні забезпечити підвищення технологічної ефективності роботи картоплесаджалки, вони конструктивно простіші та надійніші у роботі.

Дослідницькі роботи у цьому спрямуванні ведуться на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

### **Література.**

1. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюка. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 543 с.
2. Картопляна саджалка до мототрактора дворядна КСН-2МТ-50 : АГРОКРАМ. URL : <https://agrokram.com/ua/sazhalki-kartofelja-ksn-2mt-50/>.
3. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Агрпромидат, 1989. 527 с.
4. Бабій А.В., Головецький І.В., Герасимович П.В. Проблеми та перспективи розвитку картоплярства в Україні. Збірник тез доповідей X-ої Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. Тернопіль, 24-25 листопада 2021 року. ФОП Паляниця В.А. Т.1. С. 25-26.

**Patrycja Baldowska-Witos<sup>1</sup>, PhD., Ing.; Taras Shchur<sup>2</sup>, PhD., Ing.;  
Yuriy Gabriel<sup>2</sup>, Mgr.**

<sup>1</sup>Bydgoszcz University of Science and Technology, Bydgoszcz, Poland

<sup>2</sup>Lviv National Environmental University, Faculty Mechanics, Energy and Information Technology, Ukraine

## **ENVIRONMENTAL HAZARDS AND FACTORS AFFECTING THE ENVIRONMENT DURING THE COVID-19 PANDEMIC**

**Abstract.** The Covid-19 pandemic changed humanity forever. Every day we wonder what elements of life have changed the most. One of the most important aspects is the impact of a pandemic on the environment and our entire surroundings. The aim of the work is to make a preliminary assessment and review of the literature devoted to this issue. Although the scope of the problem is far beyond the scope of this work, any analysis seems valuable. The work presents positive and negative effects, allowing the reader to interpret the facts on their own.

According to the European concept of a circular economy, used plastic, like some other waste, should be treated as a resource, the circulation of which in the product life cycle should be kept as long as possible. And one of the goals of last year's directive on reducing the environmental impact of certain plastic products is to reduce the amount of plastic waste in the marine environment, especially single-use products, which are estimated to account for around 80% of waste. The purpose of this study is to assess the climate change impact of increased amounts of single-use personal protective equipment (PPE) waste [1,2].

As a result of the fight against COVID-19, the amount of medical waste is growing rapidly around the world, posing a serious threat to public health and the environment. Much infectious and biomedical waste is generated

for the purpose of sampling suspected COVID-19 patients, diagnosis, treatment of huge numbers of patients and disinfection purposes from hospitals. The problem is compounded by unclear criteria for assessing the possible re-suitability of many other materials, mainly those generated by hospitals. Needles, syringes, bandages, masks, gloves, used handkerchiefs, instead of being subject to some disposal strategy, often end up in the surrounding forests, rivers and oceans. The increase in municipal waste generation has direct and indirect environmental impacts, such as air, water and soil pollution. The aforementioned policy of insulation and work from home, apart from positive effects, unfortunately led to an increase in the demand for online shopping with home delivery, which ultimately increases the amount of household waste from packaging shipped. Worse still, many countries have postponed waste recycling efforts to reduce the transmission of viral infections. For example, the United States has restricted recycling programs in many cities (nearly 46%) because the government was concerned about the risk of COVID-19 spreading in recycling facilities. Similar controversial decisions were made by the authorities of Great Britain, France and Italy, which literally forbade residents from sorting waste. Due to the disruption of routine municipal waste management, recovery and recycling of waste, landfilling and environmental pollution are increasing worldwide [2,3].

In 2019, approximately 12.8 million Mg of municipal waste was generated in Poland, and about 114 million Mg of industrial waste. In terms of medical waste, the forecast of the National Waste Management Plan indicates 47 thousand. Mg / year, however, the COVID-19 pandemic caused an increase in the amount of this waste by approx. 50%. Annually, before the COVID-19 pandemic, Poland produced an average of approx. 79 thousand tons of medical waste. In 2020, it was already about 115 thousand. Tone. In order for medical personnel to use personal protective equipment, e.g. masks, coveralls, gloves or goggles was effective, they have to be changed several or even several times a day. Dangerous epidemiologically are also, inter alia, food debris from covid troops. This waste, improperly collected, stored and disposed of, may become the nucleus of further outbreaks of epidemics. There are 17 installations for neutralizing medical waste in Poznań, Poland. The available data on temporary hospitals show that there is a clearly noticeable increase in the production of infectious medical waste per 1 covid bed, from 2.5 to 3 kg per day. In normal situations, it was about 0.9 kg per day. The biggest problem in the time of the pandemic is not so much weight as volume of medical waste. All used personal protective equipment is large in volume, hence problems with their storage, repackaging, packing and transport [3,4].

#### *Increase in the amount of medical waste production*

Since the COVID-19 outbreak, the amount of waste has increased worldwide, posing a serious threat to public health and the environment. It is estimated that roughly the Wuhan region of China itself produced more than 240 tons of medical waste each day after an outbreak, almost 200 million tons more than during normal times. According to the portal "WASTE 360" and the Asian Development Bank (ADB) in Wuhan, before the COVID-19 pandemic, the daily "production" of medical waste in Wuhan was 45 tons, while at its peak - 247 tons, which is almost six times more. In Ahmedabad, India, the amount of medical waste generated increased from 550-600 kg per day to around 1,000 kg. Slightly smaller but still gigantic amounts are produced daily in Dhaka, Manila, Kuala Lumpur, Hanoi and Bangkok. Such a rapid increase in the amount of hazardous waste and its proper management has become a great challenge for local authorities dealing with waste management. The amount of waste is also growing due to the increased use of personal protective equipment. The lack of appropriate guidelines for the proper management of disposable personal protective equipment has become the cause of increased pollution of water reservoirs and a potential source of microplastics spread. Polypropylene is most often used for the production of disposable masks, protective coveralls or gloves. The decomposition time of these compounds is very long, which makes them a source of emission of harmful compounds such as e.g. dioxins [2,4].

Due to the "lock down" during the pandemic, there has been an increase in demand for online shopping for home delivery in many countries, which ultimately increases the amount of household waste. In addition, it changed the form of waste, including there was an increase in the amount of biodegradable waste generated by households. For example, Great Britain and Italy have introduced a ban on sorting waste from quarantined households. This action disrupted the routine waste management, including recovery and recycling of waste, including recovery and recycling of waste. In Poland, the rules for dealing with waste generated during COVID-19 are regulated by the guidelines of the Minister of Climate and the Chief Sanitary Inspector. According to general guidelines, waste from preventive measures in the form of masks or gloves used at work or while shopping by healthy people should be disposed of as mixed waste. Quarantined persons should place the above preventive measures in additional

bags, and then, after binding, also throw them into mixed waste. The most restrictive standards apply to people in isolation, whose waste should be placed in double bags and transferred to designated containers [4].

There are many relationships between the Covid-19 pandemic and the environment. The first, relatively surprising example, may be the effects of the excessive use of disinfectants in road, commercial and residential areas to exterminate the SARS-CoV-2 virus. Such a wide use of disinfectants may kill the target beneficial species, causing an imbalance in the natural environment. The second example is the health of people who are exposed to many threats at any time, including contaminated air and water, noise and chemicals. Cities in Europe are particularly vulnerable to these multiple threats and have less access to green areas and water. Poorer communities tend to be exposed to higher levels of pollution and noise and to high temperatures, and pre-existing health problems make them more vulnerable to environmental health risks[4,5].

### **Summary**

Although the current epidemiological situation is not conducive to many environmental programs aimed at reducing the amount of plastic waste, it is to be hoped that while maintaining the priority of protecting health and life and with the participation of common-sense consumer choices, the fight against the excessive amount of waste plastic leaking into the environment will be successful [6].

### **References**

- [1] Główny Inspektorat środowiska pod kier. Wiech A, Marciniwicz-Mykiety M, Toczko B 2018, Stan środowiska w polsce Raport 2018, Warszawa
- [2] Zhang N., Gong Y., Meng F., Bi Y., Yang P., Wang F. Virus shedding patterns in nasopharyngeal and fecal specimens of COVID-19 patients; Science China Life Sciences, doi: 10.1007/s11427-020-1783-9
- [3] Kasner R, Kruszelnicka W, Baldowska-Witos P, Flizikowski J, Tomporowski A 2020 Sustainable Wind Power Plant Modernization, Energies, 13 (6), 1461, doi: <https://doi.org/10.3390/en13061461>
- [4] Piasecka I, Bałdowska-Witos P, Piotrowska K, Tomporowski A 2020, *Eco-Energetical Life Cycle Assessment of Materials and Components of Photovoltaic Power Plant*, Energies 13, (6), 1385 doi: <https://doi.org/10.3390/en13061385>
- [5] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 maja 2020 r. w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii (Dz.U. z 2020 r., poz. 792 i 820).
- [6] Mannheim, V. Life Cycle Assessment Model of Plastic Products: Comparing Environmental Impacts for Different Scenarios in the Production Stage. Polymers 2021, 13, 777.

**Patrycja Baldowska-Witos<sup>1</sup>, PhD., Ing.; Taras Shchur<sup>2</sup>, PhD., Ing.;  
Yuriy Gabriel<sup>2</sup>, Mgr.**

<sup>1</sup>Bydgoszcz University of Science and Technology, Al. Prof. S. Kaliskiego, 85-793 Bydgoszcz, Poland

<sup>2</sup>Lviv National Environmental University, Faculty Mechanics, Energy and Information Technology, Ukraine

## **ENVIRONMENTAL IMPACT OF INCREASED WASTE DURING THE COVID-19 PANDEMIC**

**Abstract.** In the face of the global problems caused by COVID-19, plastics undoubtedly play a large role, and among their many strengths is the ability to protect against the rapidly spreading virus. Unfortunately, the massive use of plastic measures to protect against the spread of the SARS-CoV-2 virus was reflected in the amount of waste generated from them, and the way to manage them has become a challenge for the whole world.

In March 2020, the COVID-19 disease was declared a global pandemic caused by the SARS-CoV-2 coronavirus [1]. Mass application of means of protection against infection influenced the amount of generated waste [2]. The obligation to wear a mask over the mouth and nose resulted in the production of a large amount of waste: surgical masks, dust masks, cloth masks. The need to use plastic measures to protect against the spread of SARS-CoV-2 virus was reflected in the amount of waste generated from them, and the way of their management has become a challenge for the whole world. The properties of plastics in the pandemic era meant that a particular increase in demand for products made of them took place in the medical and food industries. Plastic gloves, goggles, aprons and helmets have become a necessary element of medical personnel's equipment, and the need to protect some food products has increased the demand for plastic packaging. In Poland, the rules for dealing with waste generated during COVID-19 are regulated by the guidelines of the Minister of Climate and the Chief Sanitary Inspector. According to general guidelines, waste from preventive measures in the form of masks or gloves used at work or while shopping by healthy people should be disposed of as mixed waste. What is particularly worrying in the context of the increased consumption of plastic products during COVID-19 is the systematic infiltration of the waste generated from them into the environment. Until now, the catastrophic effects of polluting ecosystems by used plastic have led many countries around the world, including the EU, to take steps to reduce the amount of plastic waste, while increasing the level of their recycling [1,3].

The SARS-CoV-2 coronavirus that causes COVID-19, like many other viruses, can be found in wastewater. Municipal wastewater, due to the fact that it is generated in households, public facilities, hospitals, schools, shops, service facilities, etc., carries millions of viruses, bacteria, parasites, toxic and poisonous substances. Any virus in the waste water is largely removed by waste water treatment. Coronaviruses are characterized by low resistance to UV radiation and disinfectants commonly used in technological water treatment processes, such as chlorine, sodium hypochlorite or chlorine dioxide. In addition, viruses of this type, like other suspended particles of this size, are removed from the water by coagulation (a process that destabilizes colloidal particles by the addition of chemical reagents called coagulants).

However, water intended for human consumption provided by the collective water supply system is safe for both consumption and economic purposes [2,3].

Seismologists said quarantine, blockade and other measures to alleviate COVID-19 have resulted in an average global reduction of 50% of high-frequency seismic noise. The results of the research in their evaluation may be helpful for better monitoring and detection of natural seismic sources such as earthquakes and volcanic activity. Obviously, along with the reduction of transport and tourism, there has been a lower noise level in many parts of the world. For example, noise levels in Delhi, the capital of India, dropped drastically by around 40-50% during the recent blockade. Due to the reduction in vehicle traffic during the standstill period, the noise level of the Govindpuri metro station (Delhi) drops by 50-60 dB from 100 dB. It is worth noting that the obtained noise level corresponds to that emitted by singing birds, thus giving the opportunity for given residents to enjoy their presence for the first time in history. Also in Europe, significant differences have been noted in this respect, which mainly contribute to the quieting down of places that are popular tourist attractions, but also the vicinity of airports. Only passenger aircraft traffic within the EU decreased by 90% in the first period of the pandemic [2,3].

In October 2020, scientists, based on near real-time activity data, reported a sudden 8.8% drop in global CO<sub>2</sub> emissions in the first half of 2020. Compared to the same period in 2019, which is greater than in the previous economic downturns in the 20th century. According to data from the Ministry of Ecology and Environment in China, from January to March 2020, an increase in the number of days with good air quality was observed by about 85% in over 300 cities. The European Environment Agency (EEA) predicted that NO<sub>2</sub> emissions fell by around 50% in many European cities, including Barcelona, Madrid, Milan, Rome and Paris due to the COVID-19 blockade. In the US, nitrogen dioxide decreased by 25.5% over the COVID-19 period compared to previous years. Similar declines were seen in Ontario, Canada, and Sao Paulo, Brazil. NO<sub>2</sub> and PM<sub>2.5</sub> levels were also found to have dropped by almost 70% in Delhi, India's capital. Overall, India saw a 46% and 50% reduction in PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> during the nationwide lockdown, respectively. It is worth adding that not all effects and changes can be presented in numbers. For example, it is the first time modern humans have been able to observe the Himalayan ranges from some areas in northern India, which became visible again for the first time in decades, as air quality improved due to a decrease in pollution [2,3].

These types of results are not surprising, and regardless of their scale and credibility, they seem to be the obvious consequence of a sudden reduction in industry and transport in the world. However, an important question arises about their long-term effect. Will a sharp decline in pollution values turn into a sharp rise to pre-pandemic levels when it comes to an end one day? Many studies show that there is a trend of widespread remote work in many industries and the use of virtual conferencing technology. Contrary to the temporary improvement in air quality scores, the nature of this change appears to have a more lasting effect on improving air quality. Scientists estimate that such behavioral changes during an isolation could permanently reduce 15% of all transport CO<sub>2</sub> emissions [3,4].

### **Summary**

The outbreak of the coronavirus epidemic has led to a significant increase in the consumption of single-use plastic products, such as gloves and masks, and food packaging. According to WHO estimates, the world currently uses about 89 million masks and 76 million gloves per month. The need to prevent the spread of the coronavirus means tons of medical



waste are produced. Courier shipments are also thrown away in an unprecedented amount. Analyzing the above result, it is certainly difficult to clearly define the impact of the Covid-19 pandemic on the environment. Certainly the impact on the environment is not only negative or positive. It seems to be a collection of both interactions. It is also likely that many of the effects mentioned are of a short-term nature. For this reason, special attention should be paid to those elements that may have long-term effects, such as the dissemination of remote work in the world, limiting the usable areas of companies as well as everyday transport or limiting uncontrolled tourism. Regardless of what effects the pandemic will ultimately have, man has received a clear signal from nature that there is still time to change something in relation to the environment [4,5].

#### **References**

- [7] Głowy Inspektorat środowiska pod kier. Wiech A, Marciniwicz-Mykiety M, Toczko B 2018, Stan środowiska w polsce Raport 2018, Warszawa
- [8] Zhang N., Gong Y., Meng F., Bi Y., Yang P., Wang F. Virus shedding patterns in nasopharyngeal and fecal specimens of COVID-19 patients; *Science China Life Sciences*, doi: 10.1007/s11427-020-1783-9
- [9] Piasecka I, Baldowska-Witos P, Flizikowski J, Piotrowska K, Tomporowski A 2020 Control the System and Environment of Post-Production Wind Turbine Blade Waste Using Life Cycle Models. Part 1. Environmental Transformation Models, *Polymers* 12, 8, doi: 10.3390/polim12081828
- [10] Baldowska-Witos P, Piotrowska K, Kruszelnicka W, Blaszczyk M, Tomporowski A, Opielak M, Kasner R, Flizikowski J 2020, *Managing the Uncertainty and Accuracy of Life Cycle Assessment Results for the Process of Beverage Bottle Moulding*, *Polymers* 12, 6, doi: 10.3390/polym12061320.
- [11] Baldowska-Witos P, Doerffer K, Pysz M, Doerffer P, Tomporowski A, Opielak M 2021, *Manufacturing and Recycling Impact on Environmental Life Cycle Assessment of Innovative Wind Power Plant Part 2/2*, *Materials*, 14(1), 204, doi: <https://doi.org/10.3390/ma14010204>

**Miroslav Žitňák<sup>1</sup>, PhD., prof. Ing.; Romana Krnčánová<sup>1</sup>, PhD., Ing.; Maroš Korenko<sup>2</sup>, PhD., prof. Ing.; Taras Shchur<sup>3</sup>, PhD. Ing.; Yuriy Gabriel<sup>3</sup>, Mgr.**

Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Nitra, Slovakia

<sup>1</sup>Department of Building Equipment and Technology Safety,

<sup>2</sup>Department of Quality and Engineering technologies

<sup>3</sup>Lviv National Environmental University, Faculty Mechanics, Energy and Information Technology, Ukraine

<sup>3</sup>Department of Cars and Tractors

## **RISK ANALYSIS FOR EXTERMINATION, DISINFECTION AND DISINSECTION**

Occupational health and safety is an essential part of any company (Bujna at al., 2017). Compliance with safety principles and legislative regulations contributes to the quality of the work performed (Cooper at al., 2005). In a sector such as ensuring the safety of the environment, i.e. the performance of extermination, disinfection and disinsection (DDD), it is essential to strictly comply with all regulations, standards, decrees, ordinances, regulations and laws related to occupational health and safety (Sinay at al., 2017). It refers to the Slovak Republic's Regulation No. 355/2006 Coll. on the protection of employees against risks related to exposure to chemical agents. In any PPA activity, employees are exposed to chemical exposure, which has an adverse effect on their health and also on the environment (European Chemicals Agency, 2018).

The aim of the work was to assess the risks using the extended scoring method in ensuring the safety of the environment, to determine the level of risk resulting from the given activities of the DDD and to reduce the level of risk by introducing measures in individual activities of extermination, disinfection and disinsection. In order to meet the objective, it was necessary to identify the source of the hazard and specify the hazard, to determine the threat arising from the hazard. Subsequently, the level of risk had to be determined and a proposal for safety measures had to be developed and the correct type of personal protective equipment had to be determined. Last but not least, it is necessary to compare the level of risk before and after the introduction of safety measures.

Preparation for work is very important in any activity. Often, when preparing for work, employees can already be exposed to a range of hazards that can cause harm to health, property and the environment. Before performing work, it is important that employees know safe work practices for handling materials, tools and equipment. The loading and transportation of necessary preparations to the work site is a hazard. Employees shall be transported in a company vehicle. When loading, it is necessary to follow the provisions of Regulation (EC) No 281/2006 and to focus on the correct handling of heavy objects. The preparation work also includes dosing, weighing, measuring the preparations and adding water or adjusting the concentration of the substances. To reduce this hazard, we have proposed a technical measure in the form of an automatic mixing device. Prior to the introduction of safety measures, the packaging requirements pose the highest level of risk, as incorrect labelling and storage can lead to confusion between substances and to ingestion or direct poisoning. It is therefore essential to use only original packaging and packaging intended for this purpose. It is essential to comply with Slovak Regulation No 387/2006 Coll.

After the introduction of the measures, we can observe a change and the highest level of risk is posed by handling and transport.

We then summarized the common risks in DDD work. The source of the hazards is the environment, the performance of the protective PPA activity and the psychological stress. Various hazards, such as insufficient space (cramped space, cable tray, cellar, canal, etc.), affect the workers when carrying out the activity of protective plumbing. The highest level of risk can be observed in the handling of small hand tools and within the environment - noise levels both before and after the introduction of the measures.

Extermination is most often carried out with chemical purpose-built products where employees are exposed to the chemical agent. It is therefore necessary to follow the procedures on labels and safety data sheets. Each extermination station must be labelled. Extermination may be carried out in cellars without lighting, therefore it is necessary for employees to have their own lighting and to comply with Decree No 541/2007 Coll. When applying, replacing or removing extermination stations, it is necessary to take into account possible contact with animals and the performance of work also near road traffic. When exterminating in cable ducts, there may be electric shock, falling into the depth, also the area may not be sufficiently illuminated. Electrocutation poses the highest risk.

Chemical disinfection is most often used for disinfection. Several safety procedures should be followed. All precautions must be followed when disinfecting at-risk sites where Covid-19 infection may occur. In order to reduce the risk, we have proposed a technical measure in the form of an automatic chemical applicator. Thus, the employees would not be directly exposed to the chemical risk and would be relieved of the burden on the spine as with conventional mechanical application of disinfectant. To carry out the disinfection work effectively, it is essential to determine the necessary quantity. The calculation is given for the disinfection of the packing house and warehouse. The quantity is determined according to the intensity or location of the infestation required to achieve the necessary effect. At present, the highest possible risk is working in the area of possible infestation, inhalation of disinfection particles may occur, which could be prevented by the use of an automatic disinfectant applicator, and the lowest risk once the measures are in place. The second most risky activity after the introduction of the measures is the handling of flammable substances, where it is necessary to comply with Decree No 96/2004 Coll.

Other DDD activities include disinsection. It is carried out by physical or chemical methods. Disinsection activities include the destruction of wasp nests and the performance of fumigation (gassing). Working on ladders poses the highest risk. Employees are exposed to this risk when applying electric insect traps. In addition to Act No 126/2006 Coll., both employees and employers must comply with Decree No 356/2007 Coll. and Decree No 147/2013 Coll.

In finishing work, the greatest risk is the cleaning and rinsing of equipment, machinery and tools used in the work, where eye and skin contact or respiratory damage can occur.

Our task was to reduce the level of risk by introducing individual measures. We designed administrative, organisational and technological measures and personal protective equipment that lead to a reduction of risk in the individual activities of the PPA. The conclusions of the work show that a large number of safe working practices and risk reduction measures need to be followed during the performance of PPA.

## **References**

1. BUJNA M., KOTUS M., ČIČO P., 2017. Risk Management. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra, 2017. ISBN 978-80-552-1629-4
2. Cooper D., Grey S., Raymond G., Walker P., 2005, Project Risk Management Guidelines—Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements Wiley Publishers, ISBN 9780470022825
3. European Chemicals Agency, Safety Data Sheet Manual. Available on the Internet:  
[https://echa.europa.eu/documents/10162/22786913/sds\\_es\\_guide\\_sk.pdf/c9572a51-7c0f-bd59-229f-480ae4a8fea6](https://echa.europa.eu/documents/10162/22786913/sds_es_guide_sk.pdf/c9572a51-7c0f-bd59-229f-480ae4a8fea6), 2018
4. SINAY J. – BALÁŽIKOVÁ M. – HOVANEC M. 2017. Safe working environment. 1st ed. Košice: Technical University p. 84, ISBN 978-80-8168-6092
5. Decree No. 541/2007 Coll. of the Ministry of Health of the Slovak Republic on details and requirements for lighting at work
6. Decree No. 96/2004 Coll. of the Ministry of the Interior of the Slovak Republic, principles of fire safety in the handling and storage of flammable liquids, heavy fuel oils and vegetable and animal fats and oils
7. Decree No. 147/2013 Coll. of the Ministry of Labour, Social Affairs and Family of the Slovak Republic on details for ensuring safety and health protection during construction and related works and details on professional competence to perform certain work activities.
8. Act No. 126/2006 Coll. on Public Health Care and on Amendments and Additions to Certain Acts

**Maroš Korenko<sup>1</sup>, PhD., prof. Ing.; Miroslav Szegény<sup>1</sup>, PhD., Ing.; Miroslav Žitňák<sup>2</sup>, PhD., prof. Ing.; Taras Shchur<sup>3</sup>, PhD., Ing.; Yuriy Gabriel<sup>3</sup>, Mgr.**

Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Nitra, Slovakia

<sup>1</sup>Department of Quality and Engineering technologies

<sup>2</sup>Department of Building Equipment and Technology Safety

<sup>3</sup>Lviv National Environmental University, Faculty Mechanics, Energy and Information Technology, Ukraine

<sup>3</sup>Department of Cars and Tractors

## **PLANNING, OPTIMIZATION AND CONTROL OF MODULAR PRODUCTION**

The manufacturing process of a product as a group of successive and related operations is extremely complex (Novotny et. al 2011), and requires a considerable amount of time for an independent observer with no previous experience to be able to understand it and to grasp the given contexts resulting from the process (Blažíček and Basl, 2012).

Due to the overall benefits in terms of financial, operator comfort and ensuring the smoothness of production planning and operation (Kráľvenský et al., 2011), the company proposed to fully implement the system within the group. The project currently covers nine plants in six countries and amounts to a total investment of more than half a million euros. The company's financial plan for the coming years also includes an amount for further development and innovation in the area of the production management and planning system described above. The aim for the coming years is to make the processes even more efficient, to extend the software with new modules for quality management, scrap management and, last but not least, to link the system with others to create the complete product history network required by the customer. The thesis focuses on the topic of designing a concept for planning and management of modular production, analyzing the current state of the organization in the field of modular production and its planning, and then defining the design of a software solution for the optimization of the selected processes (Tomek – Vávrová, 2014).

In today's information technology market, there are a large number of companies that develop the necessary software, but many times it happens that it is necessary to elaborate the functions and conditions defined by the user, or the standard package of functions does not contain the necessary solution. The software itself is sold at prices in the order of several hundred thousand euros without additional updates, for which the user has to pay extra. However, this is still not the final amount, which includes all the fees for running the system server-side (Gregor – Košturiak, 1994).

This was one of the main reasons why a solution was adopted to define and program the software in-house. With this solution, the software was precisely tailored to the production and planning processes and the investment was several times less than if the software had been procured from another company. Nowadays, in the age of information technology and progress, it is necessary for companies containing production to follow the trend of innovation and optimize their production processes in order to eliminate indirect work, increase profits, but most importantly to stay in a state of competitiveness in the market.

In the thesis we have dealt with the issue of streamlining production processes, planning and production management. We have described its forms, phases and possible use of known, conventional methods for effective process management in the organization. The types of methods used in organizations depend on factors such as customer-defined requirements, the organization's production program and its qualitative, quantitative goals.

In order to streamline the above processes, we analysed the current state of play, where we came to the following conclusion based on the output values such as efficiency and

the large amount of downtime. Up to 65% of the downtime was due to missing orders. Therefore, we mainly focused on this issue and looked for what is the real root cause of its occurrence. The outcome was the failure of human factor, due to late, inefficient and incorrect distribution of orders by the operator. This was the initial impetus for seeking a solution without direct human factor intervention in the order planning and management process. The result was the design of a software solution that eliminates the above problems.

The thesis is divided into two main parts. The first theoretical part is focused on the theory of modular production and related processes. It presents the basic definitions of management, sorting of processes, but also a description of production operations of the mentioned type of production, information about the ERP system and many others.

In the introduction of the practical part there is a description of the ERP system used in each major company, then the work is oriented to the description and analysis of the current state of the company's processes, focusing on processes and activities that can be considered as underperforming. Subsequently, a proposal is formulated to optimize the selected processes using the software in an effort to reduce production, eliminating indirection time without impacting the smooth running of production in the said organization.

The role of the software solution is to streamline the use of production time and, last but not least, to save costs associated with activities in the background of the production process, which are not directly involved in its implementation, i.e. do not directly produce profit. This task is fully assumed by the proposed software, which, after its classification, defining the classification criteria based on the in-house systems, the logical structures of the ERP system, defining the organization of production, and after full implementation and final integration into the information structures of the systems currently used in the organization.

The concept of the proposed software is on the one hand for analyzing the input data, processing it, transforming it and then interpreting it to the operator at the workplace. On the other hand, the resulting outputs from the workplace, created by the operator, are re-evaluated by the software, processed and based on defined criteria are interpreted by the manager or directly reported to the company management. The aim is to eliminate the human factor and, consequently, the possibility of process failures. Taking into account the optimal solution of production and customer-defined orders within a precisely defined time.

The final part is devoted to the evaluation of the effectiveness of the solution and the expected financial savings associated with the implementation of the software, tied to the optimized processes.

## **References**

1. BLAŽÍČEK, Roman; BASL, Josef. Enterprise information systems - enterprise in the information society. ed. Prague : 3rd, updated and supplemented edition, Grada, 2012. 283s. ISBN 9788024722795
2. NOVOTNÝ, Ota; POUR, Jan; MARIŠKA, Miloš; BASL, Jozef. Performance management in enterprise informatics. ed. Professional Publishing, 2011, 276s. ISBN 9788074310409
3. KRÁLVENSKÝ, Jozef.; GNAP, Jozef; MAJERČÁK, Jozef; ŠULGAN, Marián. The Position of Transport in Logistics, published by the University of Žilina, 2011, 203s. ISBN 8071008885
4. GREGOR, Milan; KOŠTURIÁK, Ján. Just-in-Time : Production philosophy for good management. 1st ed. Elita, 1994, 299 s. ISBN 8085323648
5. TOMEK, Gustav; VÁVROVÁ, Věra. Integrated production management. ed. Prague: Grada, 2014. 368s. ISBN 9788024744865





використовують теплообмінники, а на другому етапі – теплові насоси. Схема печі з двоетапною рекуперацією тепла відпрацьованих технологічних газів приведена на рис. 2.

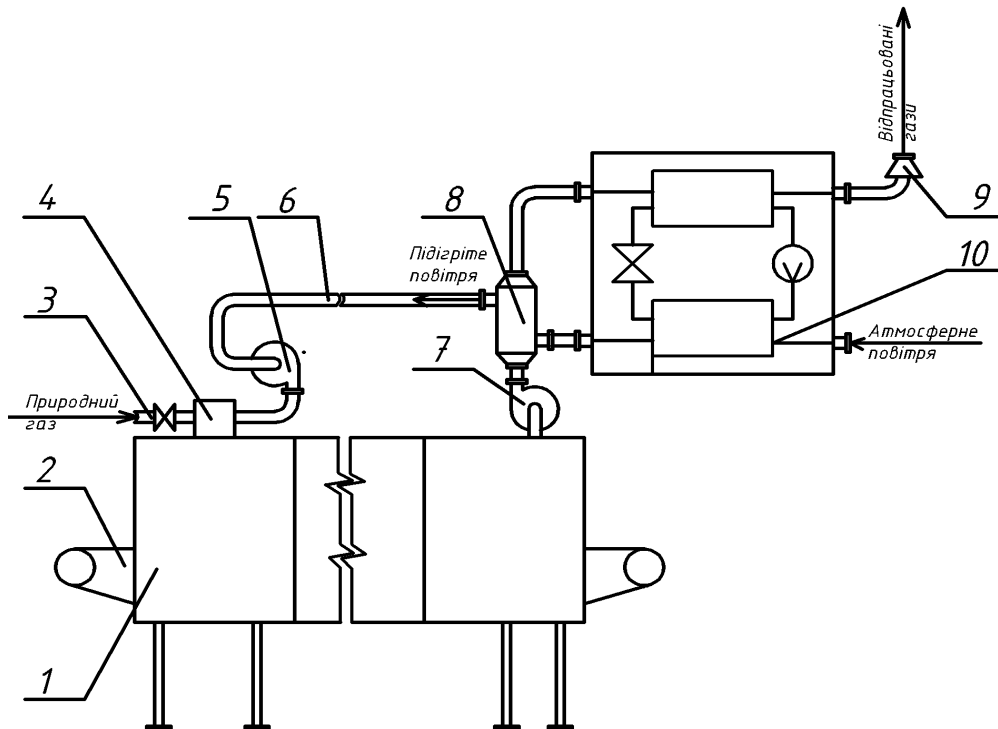


Рис. 2 – Схема печі з двоетапною рекуперацією тепла відпрацьованих технологічних газів: 1 – корпус печі; 2 – сітчастий конвеєр; 3 – система підводу природного газу; 4 – топка; 5 – нагнітаючий вентилятор; 6 – повітропровід; 7 – витяжний вентилятор; 8 – теплообмінник; 9 – труби відводу відпрацьованих технологічних газів; 10 – тепловий насос.

Враховуючи складність проведення реконструкції працюючого технологічного обладнання і вартість теплових насосів доцільно впроваджувати рекуперацію тепла відпрацьованих технологічних газів у два етапи. На першому етапі пропонується встановлення теплообмінника «повітря – повітря».

Попередньо проведений аналіз ефективності запропонованої схеми рекуперації показав, що використання пластинчастого протиточного теплообмінника «повітря – повітря» на тунельній печі з опаленням природним газом і об'ємом відпрацьованих технологічних газів  $1,3 \text{ м}^3/\text{с}$  дозволяє економити до  $10,6 \text{ м}^3/\text{год}$  первинного енергоносія.

### **Література**

1. Балабан С. М., Дуда М. І. Особливості використання утилізації тепла на енергозатратному обладнанні підприємств первинної переробки сільськогосподарської продукції // Збірник тез доповідей Міжнародної науково – технічної конференції присвяченої пам'яті професора Гевка Б. М. «Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно – технологічних машин», 23-24 вересня 2021 р. – Тернопіль: 2021. – С.45.
2. Стадник І. Я., Балабан С. М., Каспрук В. Б., Деркач А. В. Обґрунтування вибору схеми рекуперації тепла відпрацьованих технологічних газів на підприємствах // Екологічна безпека держави: тези доповідей Другого всеукраїнського круглого столу, м. Київ, 15 грудня 2021 року/ редкол. О. С. Волошкіна та ін. – К.: ІТТА, 2021. – С.120-123. № 619285-ЕРР-1-2020-1-FI-ЕРРКА2 СВНЕ-JP (15.11.2020 – 14.11.2023)

**УДК 677.11:677.021.15**

**М. І. Фомич, аспірант**

Луцький національний технічний університет, Україна

## **НОВІ РОСЛИННІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ У КОНТЕКСТІ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ**

**M. Fomych, graduate student**

## **THE NEW ENERGY PLANT SOURCES IN THE RECOVERY UKRAINE CONTEXT**

Україна проживає непростий час. На сьогодні, маючи великі площі сільськогосподарських угідь, частина з них є вимушено вільною від виробництва сільськогосподарських культур або не придатна для вирощування традиційних культур. Деякі з них можуть бути використані для вирощування енергетичних культур. Це підвищить енергетичний потенціал країни, дасть змогу забезпечити певну частину енергетичних потреб, які вкрай необхідні на даний час. В подальшій перспективі сприятиме розвитку національної економіки та зростанню добробуту населення.

Енергетичні культури – це рослини, які спеціально вирощуються для використання безпосередньо в якості палива або для виробництва біопалива. На сьогоднішній день в світі не існує єдиної загальноприйнятої класифікації, що для них застосовується. Енергетичні культури розрізняють за категоріями:

- *цикл вирощування* – однолітні (ріпак, соняшник) та багаторічні (верба, тополя);
- *тип* – деревоподібні (верба, тополя), трав'янисті (міскантус, просо прутіноподібне);
- *характеристики* й, відповідно, отримуваний кінцевий продукт – олійні (ріпак/соняшник на біодизель), крохмале- та цукрововмісні (цукровий буряк/кукурудза на біоетанол), лігноцелюлозні (верба/тополя для безпосереднього виробництва теплової та електричної енергії, виробництва твердих біопалив або отримання рідких біопалив другого покоління);
- *«походження»* – класичні культури, тобто з самого початку призначені суцього для енергетичних цілей (міскантус, двукісточник тростиноподібний) та звичайні сільськогосподарські культури, що вирощуються як для отримання харчових продуктів, так і з метою виробництва біопалив (ріпак на біодизель, цукровий буряк на біоетанол, кукурудза на біогаз). [1]

З-поміж енергетичних культур в Україні найбільшого поширення набули: просо прутіноподібне (світчграс), верба, міскантус, тополя. Тривалість їхнього життя – 10–15, інколи – до 30 років, агрозаходи для їх вирощування не вимагають значних затрат, збір урожаю проводять зимою чи навесні, використовуючи звичайну сільськогосподарську техніку. Поряд із цими культурами науковий інтерес мають наступні: арундо тростинний, сорго цукрове та багаторічне. [2]. За результатами комплексного дослідження усіх складових визначено сумарний біоенергетичний потенціал сільського господарства України. Так, станом на 2019 р. його величина знаходиться на рівні 44,8 млн т у. п.

З огляду на практику європейських країн можна передбачити значний розвиток біоенергетичної складової аграрного виробництва. Збільшити потенціал можна завдяки використанню відходів кукурудзи та соняшника, ріпаку, льону олійного та ін. Такі відходи, згідно даних (Ukrstat, n.d.), залишаються на полях агропромислових підприємств. Для максимально ефективного використання сільськогосподарських культур слід розвивати логістичні мережі для збору, доставки та зберігання біомаси,

враховуючи, що транспортування на великі відстані є нерентабельним. Важливими етапом є укладання довгострокових договорів на постачання сировини для біопалива. Зазначимо, що станом на сьогодні використання енергетичного потенціалу біомаси в Україні можна назвати незадовільним. Частка біомаси у забезпеченні первинного енергоспоживання становить тільки 3,4% [3]. Щоб біоенергетика зайняла свою нішу у загальній структурі агропромислового комплексу, необхідно розвивати механізми її стимулювання. Крім того, необхідна ефективна стратегія розвитку біоенергетичного сектору сільського господарства. [4,5,6]. Зазначим, що використання біомаси в якості твердого палива є перспективним.

Отже рослинна біомаса сільськогосподарських та енергетичних культур має великий потенціал та є перспективним джерелом екологічно чистої енергії в Україні та світі. Тому потрібно налагодити механізми стимулювання до розвивання біоенергетичного сектору сільського господарства, якщо це зробити то це буде дуже значний поштовх до розвитку національної економіки та зростанню добробуту населення особливо в нинішніх умовах та енергетичної незалежності України.

### **Література**

- 1) Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Трибой О.В. (2014) Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні
- 2) Курило, В. Л., Рахметов, Д. Б., & Кулик, М. І. (2018). Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тоногових в умовах України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, (1), 11-17. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.01>
- 3) Energy balance of Ukraine for 2018 (2018). State Statistics Service of Ukraine: Website. Retrieved from [http:// www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua) [in Ukrainian].
- 4) Ukrstat. (n.d.). Утворення відходів за класифікацій-ними угрупованнями державного класифіка-тора відходів у 2020 році (Waste generation by classification groups of the state waste classifier in 2020). Отримано 01 жовтня 2021 з <http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/uvzaklass/archuvzaklassu.htm>
- 5) Yaheliuk, S., Fomych, M., Holiy, O., & Khomych, A. (2021). The identification and classification of the agricultural crops residues for further use. *Agricultural Machines*, 47, 95-101. <https://doi.org/10.36910/acm.vi47.654>
- 6) Yaheliuk, S., Didukh, V., Busnyuk, V., Boyko, G., Shubalyi, O. (2020), Optimization on Efficient Combustion Process of Small-Sized Fuel Rolls made of Oleaginous Flax Residues. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 62(3), pp. 361–368; DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-62-38>

**УДК 677.1**

**С. В. Ягелюк, д.т.н., проф.**

Луцький національний технічний університет, Україна

## **ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ПРИКЛАДІ ЛЬОНУ**

**Svitlana Yaheliuk, Dr., Prof**

### **THE FEATURES OF QUALITY ASSESSMENT OF AGRICULTURAL PRODUCTS ON THE EXAMPLE OF FLAX**

Сучасні умови військового стану в Україні показали важливість та необхідність повернення до виробництва рослинних волокон. Практика використання військової форми наочно показала переваги натуральних тканин. Зрозуміло, що в сучасних економічних умовах сировиною для вітчизняного текстилю повинен стати льон-довгунець та льон олійний. Це культури, які також можна використовувати комплексно в медицині, харчовій промисловості та для виробництва широкого спектру непродовольчих товарів. Тому важливо вчасно визначити пріоритетні напрямки та ефективність використання льняної сировини. Для цього необхідно застосувати комплексний підхід та оцінку якості сировини та готової продукції з неї.

Фаза стиглості, довжина стебла, кількість коробочок, погодні умови під час вирощування та на момент збирання льону олійного та льону довгунця – це показники якості, які потрібно враховувати для визначення напрямків подальшого використання врожаю [1-3]. Зібрати товарні посіви льону олійного й льону-довгунця бажано у фазі ранньої жовтої стиглості, коли половина коробочок є жовтими, а решта – бурі, зелено-жовті та зелені. В такому випадку є можливість отримати продукцію (волокно, насіння) високої якості. [2-4].

Для комплексної оцінки якості сільськогосподарської продукції потрібно вибрати показники якості, наприклад стебел соломи льону, які нормуються у відповідних технічних регламентах, ISO, ДСТУ, ТУУ або встановлені під час експериментальних досліджень для базових аналогів.

На першому етапі під час оцінки якості сільськогосподарської продукції, наприклад, зі стебел соломи льону визначається номенклатура показників якості. На другому етапі здійснюється формулювання цілей оцінки якості сільськогосподарської продукції та формування робочої й експертної груп для встановлення визначальних показників якості. На третьому етапі роботи здійснюється вибір методів, способів та процедур оцінювання показників якості. На наступному (четвертому) етапі виконується робота з оцінки якості сільськогосподарської продукції відповідно до встановлених на другому етапі методів, засобів. На п'ятому, завершальному, етапі роботи здійснюється обробка експертних даних і оформляється експертний висновок [3].

Передусім вивчають ті показники та властивості сільськогосподарської продукції, які мають найбільшу значущість (вагу) для подальшого її використання. Визначення важливості кожного параметра доручають групі експертів, що спеціально створюється на сільськогосподарському підприємстві.

Експертні групи користуються здебільшого бальною оціночною системою. Експерти визначають коефіцієнти вагомості параметрів (показників якості), що оцінюються, в балах або в частках одиниці. Для оцінки вагомості показників якості сільськогосподарської продукції застосовується п'яти- або десятибальна шкала.

Задача відбору базових зразків сільськогосподарської продукції для зіставлення з оцінюваною продукцією може вирішуватися методом, аналогічним тому, яким вирішується задача оцінки значущості показників якості [3]. Для методу комплексної

оцінки якості застосовують комплексний показник якості ( $K$ ), який визначається шляхом зведення окремих показників за допомогою коефіцієнтів вагомості кожного показника. При цьому може бути використана функціональна залежність:

$$K = f(n, b_i, k_i),$$
$$i = 1, 2, 3, \dots, n_i,$$

де  $K$  – комплексний показник якості продукції;  
 $n$  – число показників, що враховуються;  
 $b_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го показника якості;  
 $k_i$  –  $i$ -й показник якості (одиничний або відносний).

За базові, під час оцінки якості сільськогосподарської продукції, можна брати максимальні значення показників якості, які отримали під час експериментальних досліджень, або значення, що характеризують показники якості попереднього врожаю, відповідно до шкали оцінки якості продукції.

За описаною методикою можна прогнозувати та визначати завчасно напрямки раціонального використання отриманої продукції з льону та інших сільськогосподарських культур [5]. Це дозволить гнучко реагувати виробникам на динамічні умови сучасного ринку сільськогосподарської продукції та приймати правильні рішення щодо подальшого комплексного її використання та ефективної реалізації.

### **Література**

1. Каталог сортів промислових конопель і льону-довгунця (за ред. П. А. Голобородька). (2016) Нота бене, 14 с.
2. В. М. Заремба та ін (2006) Методичні рекомендації по вирощуванню льону-довгунця в агроформуваннях Волині. Луцьк, 20 с.
3. Ягелюк С.В. (2016) Формування властивостей льняних матеріалів: монографія Луцьк: Луцький НТУ, 128 с.
4. Ivanovs, S. Matisans, E., Stramkale, V. (1999) Impact of the flax fluffing and turning technology upon the quality of flax products. *Service cooperation in agriculture. Lithuanian university of agriculture research papers.* - Kaunas-Akademiija. 265 - 269.
5. Ягелюк С.В., Дідух В.Ф. (2020) Напрямки використання продукції переробки льону олійного та льону-довгунця *Товарознавчий вісник.* 13. 292-305.

**УДК 621.928.9**

**В. Б. Каспрук, к.т.н., доцент**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧІВ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ**

**V.Kaspruk, PhD, associate professor**

### **PROSPECTS OF THE USE OF DUST COLLECTORS IN THE PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS**

Багато аграріїв застосовують для первинного та вторинного очищення зерна аеродинамічні машини для сепарування, які розділяють за фракціями оброблюваний матеріал залежно від питомої ваги частинок. Даний метод обробки дозволяє очистити зерно від пилу та дрібних включень, таких, як лушпиння, дроблене зерно, пилок. Але при цьому повітряний потік, що виходить із зерноочисної машини, виносить всі ці частинки у навколишню атмосферу, де зерновий пил потім й осідає.

Елеватор продукує велику кількість пилу в нього входять різні за природою частинки з багатьох нейтральних і небезпечних складових, куди потрапляють грибні спори, бактерії й алергени. Берегти здоров'я людей — як персоналу, так і тих, хто живе поблизу — завдання для керівництва даного підприємства. Крім того, на сьогодні за забруднення довкілля можна сплатити чималий штраф, що має додатково симулювати до встановлення очисного обладнання. Однак найважливішою причиною для застосування систем пиловидалення є запобігання вибухів і пожеж. Жоден власник елеватора незалежно від розміру і класу не хоче, щоб його підприємство згадували саме через негатив.

Важливе місце серед проблем які впливають на кліматичні зміни належить забрудненню атмосфери технологічними та вентиляційними викидами. Згідно закону України «Про охорону атмосферного повітря» в статті 10 вказано про безперерйну ефективну роботу і підтримування у справному стані споруд, устаткування та апаратури для очищення викидів і зменшення рівнів впливу фізичних та біологічних факторів. Для дотримання цих вимог підприємствам надається ряд пільг у разі впровадження ними маловідходних, ресурсозберігаючих технологій які призводять до зменшення шкідливого впливу на клімат.

Дослідження стану та якості повітряного басейну в умовах техногенезу, висвітлення його загальної динаміки у часовому та просторовому зрізі є вкрай важливим завданням сучасної науки, вирішення якого допоможе зберегти середовище, сприятливе для життєдіяльності людини та попередити незворотні зміни у кліматі.

Процес вловлювання твердих частинок з запиленого повітряного потоку ґрунтується на безпосередньому виводі з нього (наприклад, випадання частинок під дією сили тяжіння в пилових камерах) або осадження на різних поверхнях і тілах (волокна в тканинних фільтрах, електродах електрофільтрів, краплі в мокрих пиловловлювачах) і відділяють від газового потоку.

Для апаратів з зустрічними закрученими потоками в подальшому (ЗЗП) теоретична продуктивність сепарації пилу вища, ніж у циклонів, а граничний розмір частинок, при якому ефективність дорівнює нулю, менший в  $\sqrt{2}$  рази. При цьому вважають, що граничний розмір частинок для пиловловлювачів ЗЗП складає 0,4мкм.

Апарати ЗЗП знайшли застосування в процесі досушування дисперсних матеріалів з одночасним вловлюванням пилу при виробництві мінеральних добрив, полімерних матеріалів, зерна.

В енергетичному відношенні перевага вихрових пиловловлювачів над



циклонами чітко проявляється тоді, коли запилений газ надходить в обидва канали і для подачі вторинного газу не використовується окремий вентилятор. При однаковій загальній продуктивності апаратів, які порівнюються, з різними за величиною корпусами апаратів, швидкість газу у вхідних перерізах ЗЗП приблизно в два рази нижча, тому що потік розділяється. А звідси при однакових коефіцієнтах гідравлічного опору вхідних пристроїв втрати тиску в пиловловлювачі ЗЗП менші.

Від робочої частоти обертання жалюзійної решітки залежить величина відцентрової сили яка діє на частинку пилу в поперечному перерізі корпусу апарата. В ході проведення експерименту встановлено залежності, які дають можливість встановити ці параметри та їх взаємозв'язок.

Математично такий зв'язок між параметрами руху частинки пилу та силами, які діють на неї описується другим законом Ньютона;

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}, \quad (5)$$

де  $\vec{F}$  – сумарний добуток усіх сил, що діють на тіло;  $m$  – маса тіла;  $\vec{a}$  – прискорення тіла;

При рівномірному обертанні частинки по колу її прискорення визначається як

$$a = \frac{v^2}{R}, \quad (6)$$

де  $v$  – лінійна швидкість, м/с;  $R$  – радіус кола, м

Тоді для розрахунку відцентрової сили яка діє на частинку в корпусі апарата використаємо рівняння

$$F_E = \frac{mv^2}{R}, \quad (7)$$

де  $m$  – маса частинки,  $R$  – радіус апарата, м.

Лінійна швидкість частинки визначається через кутову швидкість

$$v = \omega \cdot R, \quad (8)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість,  $c^{-1}$ ;

Тоді кутова швидкість залежить від частоти обертів газового потоку  $n$  ( $c^{-1}$ ):

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n. \quad (9)$$

Розрахуємо відцентрову силу підставляючи вище наведені рівняння в рівняння (3), отримаємо

$$F_E = 2 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot n^2 \cdot D. \quad (10)$$

З останнього рівняння випливає, що відцентрова сила яка діє на частинку, залежить від частоти обертання повітряного потоку та місця знаходження частинки пилу в площині апарата при постійному обертанні жалюзійної решітки. Так як відцентрова сила є головним чинником який діє на частинку в плані апарата, то тим швидше частинка досягне його стінки і транспортуватиметься в бункер.

В ході проведення експериментів дані показують, що ефективність розділення в апараті з решіткою яка обертається збільшується. Отже при стаціонарному положенні решітки можливий перехід пилових частинок з зони розділення у патрубок виходу очищеного повітря. Вони дозволяють встановити діапазон швидкостей, при яких досягається найвища ефективність в плані апарата.

Дані експериментальних досліджень вказують на те, що відцентрова сила є основним чинником в процесі розділення пилоповітряної суміші і надання додаткової відцентрової сили лопатями решітки яка обертається підвищує розділюючу здатність даного пиловловлювача з рухомою решіткою та впливає на ефективність пиловловлювання. Початкова концентрація пилу в пилоповітряному потоці, який надходить в пиловловлювач складала  $Z_n = 3 \text{ г/м}^3 \pm 20\%$ .

Результати показують, що при обертанні жалюзійної решітки коефіцієнт розділюючої здатності решітки збільшується.

**UDC 637.5.03**

**S.B. Verbytskyi, Ph.D., Engineering**

Institute of Food Resources of NAAS, Ukraine

## **SOME TECHNOLOGICAL FEATURES OF HYDRO-MECHANICAL PROCESSING OF BEEF**

**С.Б. Вербицький, канд. техн. наук**

Інститут продовольчих ресурсів НААН, Україна

### **ДЕЯКІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГІДРОМЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ М'ЯСА ЯЛОВИЧНИНИ**

A necessary technological operation in the production of delicacy whole-muscle beef products is its softening or tenderization (from the Latin *tener* – soft, tender). For this purpose, fermentation, ultrasonic treatment, as well as various kinds of mechanical influences, such as beating, notching, piercing, processing on rollers, etc. are used. Now days, the main trend is the hydro-mechanical processing of raw materials using brine injectors [1, 2] and meat massagers or tumblers [3].

The hollow needles of the injectors, in addition to saturating the meat with curing brine, play the role of the working parts of a mechanical tenderizer operating on the principle of piercing. Thus, the injection salt promotes maceration of meat, acting on it mechanically, causing the destruction of muscle fibers, as well as chemically. The latter action is achieved by introducing ingredients that increase water retention or promote proteolysis of muscle fibers. In beef processing, relatively simpler brine and lower injection levels are used compared to the production of ham from pork hams, since in the first case the purpose of curing is to improve consistency, and not increase yields. The simplest brine consists of water, salt (2-3%), phosphates (1%) and other necessary ingredients such as antioxidants. For beef, recommended injection levels are 8% to 10%. At the indicated percentages of salt and phosphates and within this range of injection levels, the finished end product will contain approximately 0.2-0.3% salt and 0.1% phosphates [4, 5].

Technically, intensive salting is carried out by piercing the meat with hollow needles, through which curing brine is injected. Today, mainly automatic injectors are used, equipped with needle blocks that combine up to several dozen hollow perforated needles, as well as units for continuous supply of raw materials to the injection zone using push or plate conveyors. While piercing the meat with injection needles and injecting brine, the feed conveyor is in standby mode, and the introduction of brine into the needles is carried out continuously or dosed, depending on the type of feed pump used. Typically, multi-needle brine injectors are equipped with electromechanical drives for raw material supply mechanisms, brine injection and reciprocating motion of the injection needle block. Such a constructive scheme is not uncontested: the Food Resources Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine has developed a line of mechanical brine injectors without the use of an electric drive, in particular, the Ya5-FSH1L automatic injector with 50 needles, equipped with two pneumatic drives. The said actuate the needle block, supply raw materials using a pushing conveyor with a transport comb, and also supply brine into the holes of the injection needles [5].

On the Ya5-FSH1L injector, the yield of beef ham was determined depending on the average feed rate of raw materials into the processing zone. The output has a maximum value in the range of comb speed of 0.01 - 0.0115 m/s (Table 1). At higher speeds, the output is reduced due to a decrease in the volume of muscle tissue with channels for the penetration of

brine. The decrease in yield at low speeds can be explained by the greater brine leakage at the heat treatment stage [6].

Table 1 Effect of the transporting rake speed upon the yield of beef ham [6]

Injecting		Transporting rake speed, m/s				
		0.0080	0.0095	0.0115	0.0140	0.0145
Test 1	Yield, %	135.0	137.0	138.5	131.0	127.0
Test 2		132.0	133.0	134.5	128.4	122.9
Test 3		126.0	128.0	129.0	126.0	121.0

Massaging beef is preferably carried out in an interval mode: during rest, the muscle tissue of the meat relaxes, and when the drum of the massager rotates, the brine is intensively absorbed by the tissues of the meat. Traditionally, domestic enterprises used the following modes of processing meat raw materials in massagers: single massaging of bone-in raw materials at a drum rotation speed of 8 rpm, work 10 - 20 min., rest 50 min., when processing boneless raw materials: massaging raw materials at a drum rotation speed of 16 rpm, work 20 - 30 min., rest 45 - 60 min., the cycle is repeated for 24 - 36 hours. There are recommendations to use such massaging mode for beef: 20 - 40 min., work, 20 - 40 min. rest, the total processing time is up to 16 hours. It is also recommended [7] to massage raw beef in the following mode: the drum is filled to 70 % capacity and 30 min. work / 30 min. rest are alternated, while the total processing time is 12 hours at a speed of 20 rpm, or 8 hours at a speed of 5 rpm. [8]. The Institute of Food Resources of NAAS conducted research and determined the optimal parameters for processing beef in paddle drums with a diameter of 1000 mm to 1200 mm: the total number of strikes of meat pieces is 3000 - 3500, the fill factor is up to 0.5; mode: 20 min. work / 25 min. rest, drum rotation speed is from 8 to 10 rpm.

So a conclusion can be drawn that it is possible producing delicacy whole-muscle products of beef when proper pickling brines are used as well as proper technological machines.

### References

- Jůzl M., & Nedomová, Š. *Quality of animal products*. Mendel University in Brno, 2015.
- Planas i Solivera, S. *Characterització de salmorres i avaluació en un model de producte carni cuït*. Universitat de Girona, Escola Politècnica Superior, 2018.
- Kovalenko, O., Verbytskyi, S., Yashchenko, L., & Lysenko, H. (2020). Peculiarities of technical means of meat processing industry in Ukraine. *The Scientific Journal of Cahul State University "Bogdan Petriceicu Hasdeu" Economic and Engineering Studies*, 7(1), 66-72.
- Rocha McGuire, A. E. (2022). Mejorando la suavidad de la carne de bovino con tecnología de inyección. *Carnetec*: [www.carnetec.com/Industry/TechnicalArticles/Details/104982](http://www.carnetec.com/Industry/TechnicalArticles/Details/104982).
- Verbytskyi, S. (2022). Effect of technological parameters of the needle injecting upon the quality of the processing of raw meats. *Food Resources*, 10(18), 7-18.
- Verbytskyi, S. B. (2022). Determination of technological parameters of the operation of a multi-needle injector for raw meats. *Bulletin of the M. Kozybayev NKU*, 1(53), 129-133.
- Lachowicz, K., Gajowiecki, L., Żych, A., Żochowska, J., Sobczak, M., & Kotowicz, M. (2003). Effects of massaging time and drum speed on texture and structure of two beef muscles. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Food Science and Technology*, 2003, 6(2).
- Dolata, W., Krzywdzińska-Bartkowiak, M., & Wajdzik, J. (2005). Technological effect of plastification on changes in the macrostructure of meat. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Food Science and Technology*, 2005, 8(3).

**УДК 637.3**

**М. М. Шинкарик, канд. техн. наук, доц., О.І. Кравець, канд. техн. наук, доц.,  
В.І. Кравець**

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

## **ПАРАМЕТРИ РЕГЕНЕРАЦІЇ ФІЛЬТРУВАЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ОЧИСТЦІ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ**

**M.M. Shynkaryk, Ph.D., Assoc. Prof., O.I. Kravets, Ph.D., V.I. Kravets  
PARAMETERS OF THE REGENERATION OF THE FILTERING SURFACE  
DURING CLEANING OF MILK WHEY**

Більшість процесів переробки молочної сироватки передбачають її попередню очистку від дисперсних частинок білка. Виходячи із середніх розмірів цих частинок (0,5-1,0 мм), їх відділення можна здійснювати на фільтрах. Проте, в процесі очистки не зважаючи на періодичну регенерації фільтрувальної перегородки, спостерігається поступова зміна її фільтрувальних властивостей, що проявляється у зменшенні початкової швидкості фільтрування та підвищенні гідравлічного напору. Це пов'язано із накопичення в порах фільтрувальної перегородки певної кількості частинок білка, які не видаляються при регенерації. Вони створюють залишкове забруднення фільтрувальної перегородки.

Ступінь залишкового забруднення фільтрувальної перегородки залежить від наступних технологічних параметрів: характеристик фільтрувальної перегородки (товщина перегородки, відношення діаметру пор до діаметру частинок білка) та властивостей сироватки (концентрація, в'язкість тощо).

Значний вплив на ефективність процесу регенерації здійснюють властивості дисперсних частинок білка, зокрема їх здатність до адгезійної взаємодії з фільтрувальною поверхнею.

Ще однією причиною зниження фільтрувальних властивостей пористої поверхні фільтра є зміна в процесі фільтрування компресійно-фільтраційних характеристик сирної пилуки. Так, наприклад, при фільтруванні рідини через шар осаду ефективність процесу напряду залежить від кількості пор в одиниці об'єму осаду, тобто від його коефіцієнту пористості, який в свою чергу залежить від величини зовнішнього тиску та тривалості дії останнього. Також під дією тиску змінюються такі важливі для процесу фільтрування характеристики продукту як питомий опір фільтруванню та коефіцієнт фільтрування.

З метою встановлення оптимальних параметрів фільтрування (матеріалу фільтрувальної поверхні, робочого тиску процесу, періоду регенерації фільтрувальної поверхні) було проведено експериментальні дослідження адгезійних та компресійно-фільтраційних характеристик білкової дисперсної фази.

Отримані результати дозволили зробити наступні висновки: в якості матеріалу фільтрувальної поверхні доцільно використовувати нержавіючу сталь; робочий тиск процесу не повинен перевищувати 3,5 кПа; регенерація фільтрувальної поверхні буде ефективною, якщо її період складатиме 15-20 с.

На основі отриманих результатів запропоновано конструкцію фільтра для очистки сироватки від сирної пилуки, з періодичною регенерацією фільтрувальної перегородки.

Використовуючи отриманих результати досліджень було розроблено конструкцію фільтра безперервної дії для очистки молочної сироватки від білкової дисперсної фази.

УДК 637.147.2

**М. М. Шинкарик, канд. техн. наук, доц., О.І. Кравець, канд. техн. наук, доц.,  
І.О.Кобзар**

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

## **ДВОСТАДІЙНЕ ЗНЕВОДНЕННЯ КАЗЕЇНУ**

**M.M. Shynkaryk, Ph.D., Assoc. Prof., O.I. Kravets, Ph.D., I.O. Kobzar  
TVO-STAGE DEHYDRATION OF CASEIN**

Суттєвою перевагою виробництва сухих молочних продуктів, в тому числі казеїну, є можливість довготривалого зберігання, що дозволяє згладити сезонність у виробництві молочних продуктів і реалізувати продукт по найбільш вигідних цінах. Необхідно відмітити, що сухі молочні продукти, зокрема, казеїн в основному експортуються. Так, у лютому цього року Україна експортувала 350 тон казеїну, що в 2,5 рази більше, ніж за аналогічний період 2021 року, проте, вже у літній період виникли проблеми з його реалізацією. Підтримання конкурентної здатності на світовому ринку вітчизняних виробників визначається двома показниками: якістю казеїну і його вартістю.

Одним із основних і важливих факторів, що впливають на якість казеїну і його вартість є процеси зневоднення. Обґрунтування вибору способу й режиму зневоднення такого термолабільного продукту, як казеїн, та одержання готового продукту бажаної якості визначається його фізико-хімічними і структурномеханічними властивостями. В першу чергу формами зв'язку вологи з продуктом: гравітаційна, волога макро і мікро капілярів, біологічно і хімічно зв'язана волога. Тому можна виділити два етапи зневоднення казеїну- механічний та сушіння. Мінімізація витрат на сушіння може бути досягнута за рахунок максимального видалення вологи механічним шляхом, що характеризується істотно меншими у порівнянні із сушінням енерговитратами. Досягнення максимально можливої вологості матеріалу до сушіння і застосування мінімально можливої температури сушильного агента й мінімальних температурних перепадів у сушильних апаратах забезпечить підвищення якості продукту.

Другою умовою підвищення якості є зменшення тривалості перебування білку у зоні високих температур за рахунок високоінтенсивного проведення процесу. Найбільш ефективним способом сушіння казеїну є сушіння в завислому шарі, що відповідає всім основним вимогам, пропонованим до сушильних установок. Під час сушіння в завислому шарі частинки матеріалу перебувають у стані безперервного руху й перемішування, досягається турбулізація граничного шару випаровуваної вологи, максимальна поверхня випаровування, рівномірність тепло- і масообміну, можливість застосування підвищених температур сушильного агента. Завдяки цьому значно скорочується тривалість сушіння. Крім того, сумарний вплив підвищених температур сушильного агента й тривалості процесу сушіння дозволяє одержати продукти високої якості. Таким чином, оптимальним методом сушіння для такого молочнобілкового продукту, як казеїн, до якості якого пред'являються високі вимоги, є спосіб сушіння в завислому шарі. Проведені дослідження показали, що оптимальною схемою зневоднення казеїну є його механічне зневоднення на деканторах типу Z4E та сушіння на вібраційних конвективних сушарках у завислому стані.

УДК 664.7:631.547

**С.П. Краєвська, В.А. Піддубний докт.техн.наук, професор**

Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ, Україна

## **ВИЗНАЧЕННЯ ДИСПЕРСНОСТІ КОМПОНЕНТІВ МІКРОСКОПІЧНИМ МЕТОДОМ**

**S.P. Kraievska, V.A. Piddubnyi Dr. Prof**

### **DETERMINATION OF COMPONENTS DISPERSITY BY MICROSCOPIC METHOD**

Застосування комп'ютерних технологій для моделювання і оптимізації дозволяє провести аналіз рецептурного складу суміші для хлібобулочних виробів з точною і швидкою оптимізацією враховуючи не тільки хімічний склад інгредієнтів, але і їх технологічні властивості.

Перед проведенням комплексу досліджень замішування тіста проведено встановлення розмірів і форм частинок компонентів. Використано один із найпростіших методів і засобів визначення дисперсності компонентів - мікроскопічний, який оснований на фотографії за допомогою цифрового оптичного обладнання.

Система досліджень спрямована на встановлення розподілу компонентів, їх зміна при бродінні, вплив ПНЛ на зміну структури, кількість й форма частинок. Тому наявність фотографій мікроструктури зразків за допомогою оптичного мікроскопу з використанням програмного забезпечення дозволяє визначити дисперсний склад і в подальшому провести аналіз (рис.1). Отримання вірогідних результатів частинок різних фракцій проводили 5 разів на різних ділянках зразків.

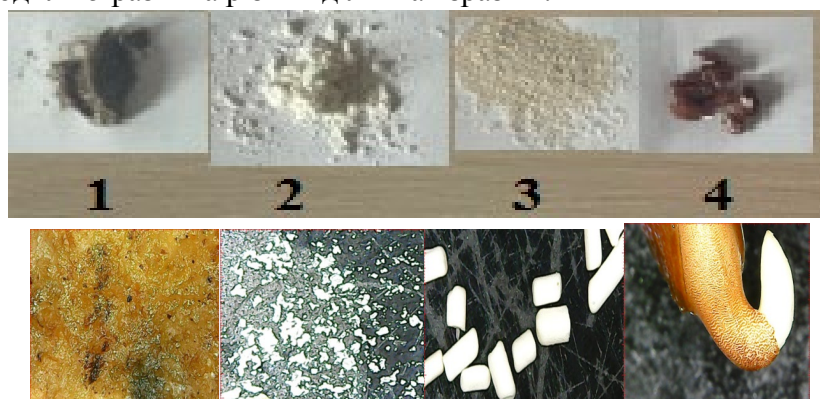


Рис. 1 – Фотографії дисперсного складу досліджуваних зразків: 1 – житня закваска; 2 – борошно першого гатунку; 3 – сухі дріжджі; 4 – ПНЛ

Відповідно до сучасних наукових уявлень про відсутність гідратованого клейковинного каркасу, одним важливим чинником оптимізації і стабілізації процесу утримання газонакопичення в тісті є необхідна кількість води для гідратації біополімерів тіста. Достатня кількість води зазвичай формує просторову структуру пшеничного тіста і тісто набуває потрібну в'язкість. Фактор впливу підвищення гідратаційної здатності є пророщене зерно льону з вираженими драглеутворювальними властивостями (рис. 1 поз. 4) Крім цього, урізноманітнення амінокислотного складу та жирних кислот в тісті безумовно сприятиме ефективній ферментній обробці.

Таким чином, наші подальші дослідження способів поліпшення утворення структурних властивостей тіста та структурно-хімічних властивостей хлібобулочних виробів з додавання ПНЛ, вважаємо актуальними та потребують ґрунтового аналізу й оптимізації технологічних режимів.

УДК 664

**А.В. Деркач к.т.н., І.Я. Стадник д.т.н., проф.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль

## **ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ФОРМУВАЛЬНИХ ВАЛКІВ НА ТЕЧІЮ СЕРЕДОВИЩА ПРИ РОЗКАЧУВАННІ І НАГНІТАННІ**

**A.V. Derkach Ph.D, Assoc. Prof., I.Ya.Stadnyk Dr. Prof**

### **INFLUENCE OF THE DESIGN OF THE FORMING ROLLS ON THE FLOW OF THE ENVIRONMENT DURING EXPANSION AND INJECTION**

Трансформації потоків в'язкого середовища в харчових технологіях відбувається під дією зовнішніх потоків теплової, електромагнітної, хімічної, променевої, механічної, сонячної енергій, енергій гравітаційних полів тощо.

Завдання оптимізації параметрів функціонування даного класу машин полягає у детальному вивченні процесів з вибором аналітичних методів за умов наявності необхідних моделей, або їх розроблення. При цьому необхідно враховувати цілий ряд факторів, що впливають на проходження процесів в'язкого середовища.

Рух середовища, утвореного робочим органом, визначається основними параметрами: формою і величиною поверхні деформації, обсягом простору робочої камери. Деформації на поверхні середовища можна утворювати не тільки при обертovому русі, але й при поступальному русі робочого органу.

Для збільшення рівномірності затягування і транспортування тіста до формувального пристрою в машині для формування бубликів нами запропоновано конструкцію робочих органів. Робочий орган вузла подачі маси тіста формувальної машини (рис.1) являє собою фігуру у формі циліндра з гвинтовими лініями відповідного кроку. Він по довжині має постійний крок  $t$  (мм) гвинтової лінії, який на відповідному радіусі  $R$  виконаний з можливим кутовим переміщення тіста навколо вісі уздовж корпусу робочої камери за наявності обертання тіста навколо своєї осі. Основні геометричні параметри валка описуються рівнянням:

$$d\varphi = \frac{2\pi}{t} dS$$

$d\varphi$  - можливе кутове переміщення валка навколо вісі  $x$ ;  $t$  - крок гвинтової лінії на радіусі валка  $R$ , мм;  $dS$  – можливе переміщення тіста уздовж корпусу за наявності обертання тіста навколо осі  $x$ .

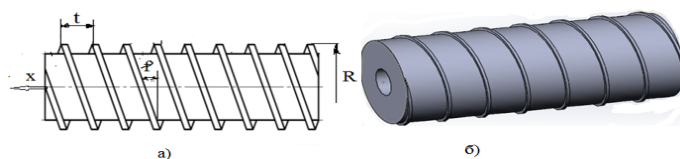


Рис.1 – Робочий орган вузла подачі тіста формувальної машини:  
а - розрахункова схема; б - модель валка.

Отже, при різних режимах переміщення середовища (особливо в'язкого) розглядається результат двох процесів: переносу досить великого його об'єму з направленим потоком і прикладених до нього пульсуючих рухів різних масштабів. Напрямок і швидкість цих рухів змінний, як в часі, так і в просторі. Тому пульсуючий рух і їх інтенсивність безпосередньо зв'язані із характеристикою утвореної течії при дії валків. Невпорядкований характер руху маси середовища (тіста) в потоці, постійна наявність в ньому незатухаючих коливань, визначає високу інтенсивність обміну енергії, маси та імпульсу в усіх напрямках.



УДК 664

**І.Я. Стадник д.т.н., проф., О.М.Пилипець к.т.н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОВІТРЯНОГО ТЕПЛОНАСОСА У СИСТЕМІ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ**

**I.Ya.Stadnyk Dr. Prof., O.M. Pylypets Ph.D, Assoc. Prof.**

### **JUSTIFICATION OF THE THERMODYNAMIC EFFICIENCY OF THE AIR HEAT PUMP IN THE SYSTEM OF REDISTRIBUTION OF ENERGY RESOURCES**

Як відомо альтернативи використанню відновлювальних ресурсів не існує, і один з таких напрямків стосується використання вторинних енергетичних ресурсів, які супроводжують більшість промислових технологій. Їх енергетичні потенціали стосуються твердих і рідинних фаз вхідних сировинних потоків, до яких в процесах перетворень додаються потенціали парових фаз та газів. Останнє стосується як значної кількості технологічних процесів, так і окремих комплексів.

Вирішення задач рекуперації вторинних енергетичних ресурсів найбільш доцільно вирішувати в паралельних синхронізованих потоках. Це в значній мірі стосується теплотехнічних систем, в яких здійснюються фазові переходи у зв'язку з відносною нескладністю регенерації в них. Сьогодні відомі дослідження, де наведена оцінка співвідношення перерозподілу енергетичних потоків, за якою від 60 до 70 % енергетичні витрати стосуються саме циркуляційних контурів.

Розуміння такого становища у значній кількості випадків підштовхувало науковців до спроб використання цієї енергетичної складової на користь енергетичних ресурсів. Слід додатково звернути увагу на те, що кінематичні параметри газорідного середовища оцінюються як наближено стабільні. Переведення їх до режимів, характерних для перехідних процесів, слід оцінювати як перспективний напрямок інтенсифікації енергетичних ресурсів.

Названа особливість енергетичних трансформацій ґрунтується на другому законі термодинаміки з вказівкою на необхідність використання компенсаційних систем за рахунок підвищення температур і тисків енергоносіїв в замкнутих контурах. Тому важливою перевагою теплового насоса є те, що він реалізує "зворотні" процеси в режимах нагрівання та охолодження приміщень в якості ідеального кондиціонера.

Отримані умови оцінки теплового потоку, що відводиться від охолоджуваного середовища:  $Q' = c_p v'(T_{(n)} - T_{(κ)}) = c_p v'(t_{(n)} - t_{(κ)})$ , кВт,

де  $v'$  – об'ємний потік газової фази, що підводиться до випарника у складі теплового насоса, м<sup>3</sup>/с;  $T_{(n)}$ ,  $T_{(κ)}$ ,  $t_{(n)}$  і  $t_{(κ)}$  – початкові і кінцеві абсолютні температури і температури, °С.

Аналогічним чином можливо визначити енергетичні потенціали рідинних фаз озер, річок, морів та океанів, що у значній мірі знаходиться використанню. У випадках асинхронних ситуацій виникає потреба використовувати енергоматеріальні накопичувальні пристрої.

Однак позитивні результати щодо паралельних конструкцій систем є цілком досяжними навіть в механічних системах, в яких генеруються перехідні процеси. При цьому окрім енергетичних ефектів можливим є регулювання ходу машин з обмеженнями сукупних динамічних навантажень.

**СЕКЦІЯ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ  
МАШИНОБУДУВАННІ**

**УДК 631.171:621.7**

**О.І. Король**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**МЕТОДИ ІНДУКЦІЙНОГО ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

**O.I. Korol**

**METHODS OF INDUCTION RECOVERY OF WORKING BODIES  
OF AGRICULTURAL MACHINERY**

Актуальними для розвитку агропромислового комплексу України є питання збільшення виробничого ресурсу робочих органів сільськогосподарських машин, наприклад, робочих органів циліндричної форми – дискових ножів бурякозбиральних комбайнів, дисків сіялок і лушпильників тощо.

До прогресивних методів відновлення робочих поверхонь ґрунтообробних знарядь відносяться методи індукційного наплавлення металу на робочі поверхні відновлювальних деталей. Методи індукційного направлення процесу відновлення зношених поверхонь деталей робочих органів забезпечують більш високий ступінь зміцнення та рівень залишкових напружень стиску за рахунок зміни фізико-механічного стану та властивостей оброблюваної поверхні, що дозволяє підвищити втомну міцність деталей і забезпечує підвищення їх ресурсу роботи.

Розробка та впровадження в виробництво способів і засобів інтенсифікації індукційного наплавлення забезпечує виготовлення виробів з необхідною якістю за порівняно незначних витрат енергії і коштів, що є актуальним завданням сьогодення, або удосконалення процесів відновлення робочих поверхонь. Підвищення продуктивності процесу досягається за допомогою вдосконалення вище перерахованих методів, тобто розроблення новітніх технологій відновлення спрацьованих циліндричних деталей.

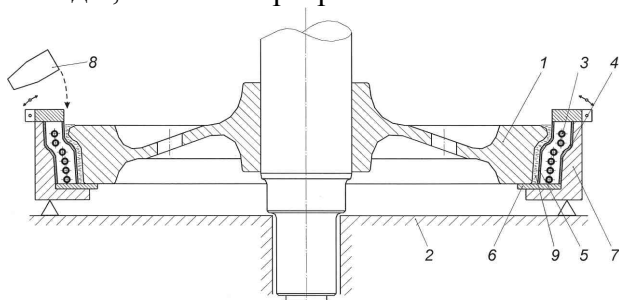


Рис. 1 – Схема індукційного відновлення циліндричної деталі

На рис. 1 наведено схему деталі з гладкою робочою поверхнею та нагрівальну систему, яка забезпечує здійснення процесу відновлення робочої поверхні. При цьому деталь нагрівають струмом високої частоти 200-40000 Гц, а рідкий метал заливають в технологічний тигель і одночасно перемішують пондемоторними силами, створених струмами частотою 50-200 Гц. Пристрій складається з спрацьованої деталі 1, робочого стола 2, в якому вмонтована стаціонарно нагрівальна електротермічна індукційна система, яка має багатовитковий індуктор 3 з обвиткою 4, тороїдальний технологічний тигель 5, вогнетривкого ізолюючого дна технологічного тигля 6 і магнітопровід 7.

Запропонована технологія забезпечує високу продуктивність та зменшує матеріальні і трудові затрати. Недоліком цієї технології не якісне схоплення рідкого металу з основним.

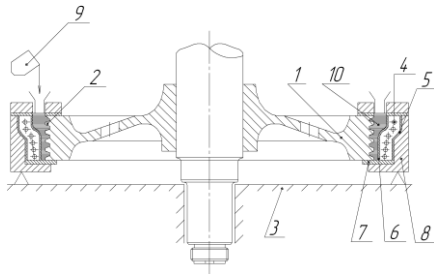


Рис. 2 – Схема індукційного відновлення циліндричної деталі з симетричними поздовжніми пазами у вигляді різаних пірамід

З метою вдосконалення процесу відновлення спрацьованих циліндричних деталей, для покращення схоплення рідкого металу з основним металом, за рахунок збільшення поверхонь дотику, рідкого і основного металу на спрацьованій поверхні деталі було запропоновано перед заливанням рідкого металу в технологічний тигель виконувати симетрично поздовжні і поперечні пази у вигляді зрізаних пірамід (рис. 2), причому до рідкого металу в технологічний тигель, а деталь нагрівають до температури 200-750°C.

Спосіб реалізується наступним чином. Спрацьовану деталь 1 з криволінійною поверхнею та з попередньо виготовленими пазами 2 на поверхні спрацьованої деталі, подають на робочий стіл 3 в якому вмонтована стаціонарно нагрівальна електротермічна індукційна система, яка складається з багатовиткового індуктора 4 з обвиткою 5, торіодального технологічного тигля 6, вогнетривкого ізолюючого дна технологічного тигля 7 і магнітопроводу 8. Після цього вмикається генератор (на рис. 2 не показаний) і подається струм на індуктор 4 для одночасного нагрівання поверхні деталі 1 по всій робочій поверхні. Нагрівання деталі 1 може здійснюватися струмом частотою від 200 до 40000 Гц в залежності від матеріалів деталі і рідкого сплаву. При досягненні температури на поверхні деталі 200-750°C генератор перемикають на іншу частоту за допомогою спеціального пристрою в межах 50-200 Гц. Потім заливають кількома ковшами 9 рідкий метал 10 з температурою 1550-1650°C, при цьому відбувається одночасне перемішування рідкого металу пondeмоторними силами, які створені струмом частотою 50-200 Гц в технологічному тиглі 6 під час заливання до повного його заповнення. Залитий рідкий метал частково оплавляє метал деталі 1. При цьому під час остигання рідкого металу 10 до температури 1410°C в технологічному тиглі 6 та розплавлена частина металу деталі 1 перебувають в структурі об'ємно-центричного куба. Тут відбувається взаємна дифузія рідкого металу технологічного тигля і частини розплавленого металу деталі.

При наступному остиганні до температури 1410-780°C метал перебуває в стані аустеніту гране-центричної структури, а при подальшому остиганні в проміжках температур 780-727°C аустеніт-ферит, а в проміжку температур 727-600°C ферит-перліт об'ємно центричної структури.

При цьому пази 2 (рис. 2), які виконані на поверхні спрацьованої деталі 1 вздовж і впоперек у вигляді зрізаних пірамід, дозволяють збільшити поверхню дотику та покращити механізм схоплення твердого металу деталі з рідким залитим металом.

Таким чином забезпечується надійне з'єднання нарощуваного металу з поверхнею деталі та усувається відшарування нарощеного металу при високих швидкостях руху деталі.

### **Література**

1. Барановський В.М., Підгурський М.І., Паньків М.Р., Теслюк В.В., Онищенко В.Б. Основи розробки адаптованих транспортно-технологічних систем коренезбиральних машин : монографія. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2014. 351 с.
2. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник : за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 С.
3. Baranovsky V. Dubchak N. Pankiv M. Experimental research of stripping the leaves from root crops. Acta technologica agriculturae. 2017. Vol. 20. Part 3. P. 69 – 73.

**УДК 621.34**

**М.І. Цепенюк, к.т.н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **УЗАГАЛЬНЕНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОПРИВІДНИХ МЕХАНІЗМІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ**

**M.I. Tsepenyuk, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **GENERALIZED MATHEMATICAL MODEL OF ELECTRICAL DRIVE MECHANISMS OF THE AGRICULTURAL COMPLEX**

В агропромисловому комплексі для приводу механізмів (транспортерів, витяжних вентиляційних установок, насосів, подрібнювачів і змішувачів кормів, дробарок, соломосилосорізок, кормороздавачів та ін.) застосовуються у переважаючій більшості електродвигуни змінного струму, так як вони є прості за конструкцією, порівняно дешеві і надійні в експлуатації.

Сучасні технологічні процеси агропромислового комплексу характеризуються великими швидкостями робочих органів, скороченням до мінімуму часу холостих ходів та допоміжних операцій. Це приводить до великих динамічних навантажень, що негативно впливає на міцність і довговічність елементів конструкцій механізмів. Для вирішення даної проблеми потрібно проектувати механізми на основі точних результатів розрахунків динамічних процесів, які мають місце при роботі даних механізмів.

Електропривідний механізм є фізична система, яка складається із двох підсистем – механічної і електричної, що перебувають у тісному взаємозв'язку.

Перехідні процеси в механічній підсистемі описуються диференціальними рівняннями, які складаються на основі розрахункових схем. Розрахункові схеми механізмів можуть бути представлені у вигляді зосереджених твердих тіл, з'єднаних між собою невагомими пружними елементами або у вигляді розподілених мас. У першому випадку отримаємо звичайні диференціальні рівняння, у другому – рівняння в часткових похідних.

Перехідні процеси в електричній підсистемі (двигуні) описуються системою нелінійних диференціальних рівнянь.

У нашій роботі складена математична модель електропривідного механізму, механічна підсистема якого може бути представлена у вигляді  $n$  зосереджених твердих тіл, з'єднаних між собою невагомими пружними елементами. При цьому враховується розсіювання енергії за схемою пружно-в'язкого тіла. Перехідні процеси в електричній підсистемі описуються нелінійними диференціальними рівняннями, які враховують насичення магнітопроводів. Математична модель складена у загальному вигляді і може бути використана як для однопривідного, так і для багатопривідного механізму.

Для встановлення достовірності теоретичної моделі були проведені експериментальні дослідження динамічних процесів в спеціально спроектованій і виготовленій електропривідній установці. Експериментальні дослідження динаміки проводились при різних параметрах системи. Порівняння експериментальних і теоретичних результатів досліджень підтвердили достатню точність теоретичних розрахунків. Розходження складає, в залежності від параметрів системи, від 5 до 16%.

Отримана математична модель електромеханічної системи може бути успішно використана для розрахунків будь-яких динамічних процесів в електропривідному механізмі з асинхронним двигуном агропромислового комплексу при змінних параметрах, механічна розрахункова схема якого може бути представлена у вигляді зосереджених мас, з'єднаних між собою невагомими пружними елементами.

УДК 621.82

Ів.Б. Гевко, д-р. техн. наук., проф., Р.Я. Лешчук, канд. техн. наук, доц., А.І. Пік, канд. техн. наук, доц., О.Ю. Стібайло, аспірант

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ГВИНТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Iv.B. Hevko, Dr., Prof., R.Y. Leshchuk, Ph.D., Asoc. Prof., A.I. Pik, Ph.D., Asoc. Prof., O.Y. Stibailo

### METHOD OF MANUFACTURING SCREW ELEMENTS OF AGRICULTURAL EQUIPMENT

Розроблений спосіб виготовлення шнеків, на відміну від існуючих [1, 2], може мати широке використання в сільськогосподарському машинобудуванні при створенні різного виду транспортних, очисних, сортувальних і калібрувальних елементів сільськогосподарських машин і механізмів. Від дозволяє отримувати готовий гвинтовий елемент при мінімізації технологічних процесів. Проте використання даного способу обгрунтоване лише при серійному чи масовому виробництвах.

Даний спосіб (рис. 1 і рис. 2) передбачає виготовлення гвинтових елементів шляхом деформування листа з виконанням U-подібних вмивань і наступним навиванням.

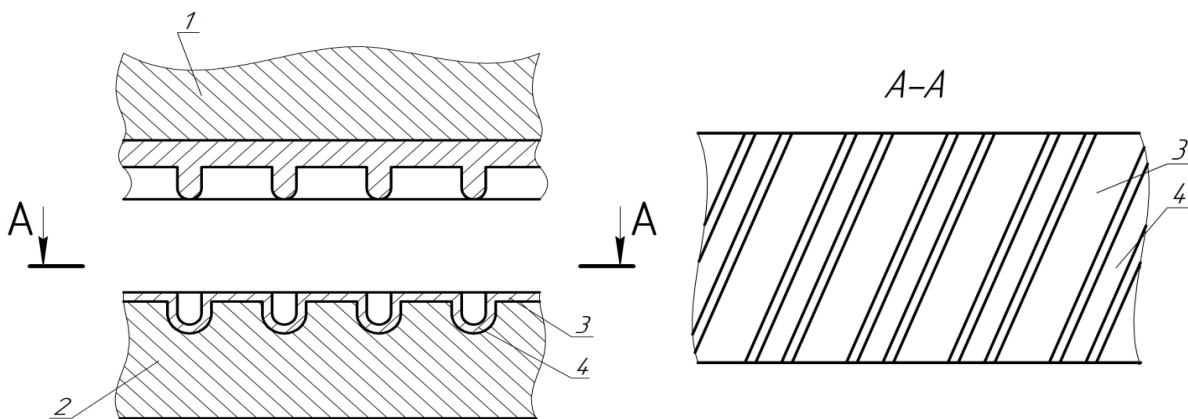


Рис. 1 - Виготовлення вмивань

Спосіб виготовлення шнеків реалізується наступним чином. На першій операції на листі 3 під відповідним кутом до його довжини наносяться U-подібні вмивання 4 пуансоном 1 в матрицю 2 з необхідним кроком.

На другій операції здійснюється навивання на оправу 5 шляхом попереднього закріплення листа 3 з U-подібним вмиваннями 4 на оправі 5 гвинтами 6, та закріпленням оправу 5 у привідній опорі 7 та центрі 8. Навивання на оправу 5 листа 3 з U-подібним вмиваннями 4 виконується шляхом згинання листа 3 з U-подібним вмиваннями 4 за допомогою формувального вала з U-подібними впадинами 9, який розташовано на осі 10 з можливістю колового обертання та осьового зміщення. При цьому U-подібні впадини формувального вала 9 геометрично відповідають U-подібним вмиванням 4 нанесеним на листі 3. Ширина листа 3 визначається необхідним діаметром шнека, а згинання передбачає накладання суміжних U-подібних вмивань 4 одні на одних з подальшим закріпленням країв листа 3 між собою відомим способом (наприклад зварюванням чи клепаанням).

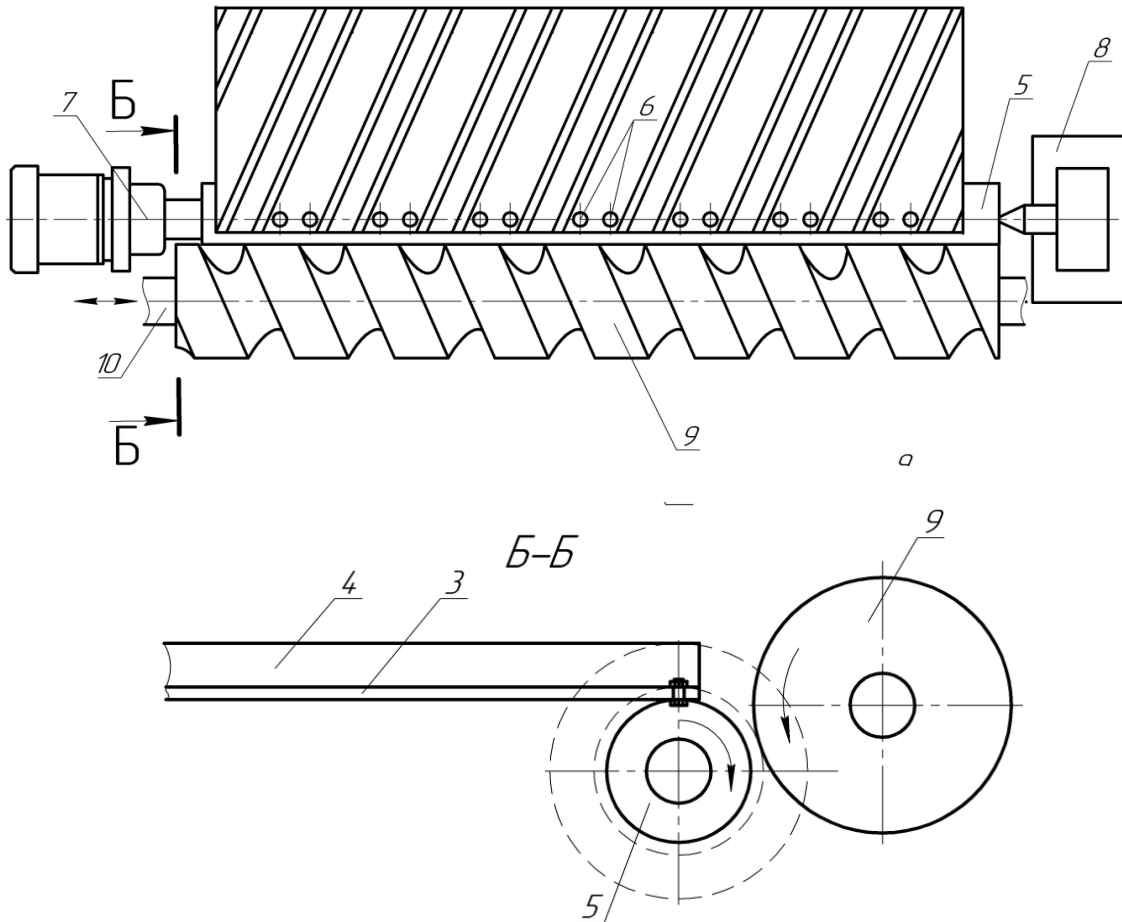


Рис. 2 - Навивання гвинтового елемента

Приклад виконання способу виготовлення шнеків відображено в таблиці 1.

Таблица 1

Приклад виконання способу виготовлення шнеків

№	Ширина листа, мм	Крок гвинтової заготовки, мм	Внутрішній діаметр гвинтової заготовки, мм	Товщина листа заготовки, мм	Висота U-подібних вминань, мм
1	315	70...120	100	0,8...1,5	5...50
2	472	120...180	150	1,0...2,0	5...70
3	630	170...240	200	1,5...2,5	5...90

До переваг запропонованого способу відноситься розширення технологічних можливостей.

### Література

1. Технологічні основи формоутворення спеціальних профільних гвинтових деталей / Гевко Б.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Драган А.П., Новосад І.Я. – Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. – 367 с.
2. Гнучкі гвинтові конвеєри: проектування, технологія виготовлення, експериментальні дослідження / Гевко І. Б., Лещук Р. Я., Гудь В. З., Дмитрів О. Р., Дубиняк Т. С., Навроцька Т. Д., Круглик О. А. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. – 207 с.

УДК 631.3.1.171

О.Д., Деркач, канд. техн. наук., доц.; А.М. Пугач, д. наук з держ. управ., проф., Д.О. Макаренко, канд. техн. наук., доц.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

## ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРАРНІЙ ОСВІТІ ТА ЗЕМЛЕРОБСТВІ

O.D. Derkach, Ph.D., Assoc. Prof.; A.M. Puhach, Dr., Prof., D.O. Makarenko, Ph.D., Assoc. Prof.

### IMPLEMENTATION OF DIGITAL FARMING IN AGRICULTURAL EDUCATION AND AGRICULTURE

**Вступ.** Післявоєнний розвиток аграрного сектору України невпинно буде супроводжуватися впровадженням найсучасніших технологій землеробства, які будуть спрямовані на: розширення застосування енергоощадних технологій вирощування с.-г. культур, скорочення витрат на використання техніки, оптимізацію використанням ресурсів, тотальний контроль і облік стану ґрунтів, посівів, ресурсів, виробництва і т. д. Україна й сьогодні займає провідне місце за темпами впровадження сучасних технологій в землеробстві у світі, поступаючись США, Канаді та Австралії. Слід зауважити, що проблем із забезпеченням сільського господарства технікою сьогодні немає. Всі технологічні операції виконуються, як правило, у встановлені терміни. Розпочалася боротьба і конкуренція за собівартість робіт. Цьому сприяє використання техніки, оснащеної сучасними засобами діагностики, контролю та автоматичного управління. І мало хто з фермерів знає, що вже володіє багатьма безкоштовними опціями в придбаній техніці, але через незнання, як ними користуватися, безпідставно переплачують кошти дилерам. Чому так відбувається? Причин, звичайно, декілька, але одна з них – відсутність розуміння власника агропідприємства про алгоритм впровадження технологій цифрового землеробства (ТЦЗ) та мотивації до навчання кваліфікованих операторів техніки.

**Аналіз стану питання.** Сьогодні в Україні є достатньо велика кількість цифрових веб-платформ і застосунків [1], які дозволяють споживачам (фермерам) поступово і лаконічно переходити до впровадження цифрових технологій від простих операцій до комплексних техніко-технологічних та управлінських рішень (рис. 1).

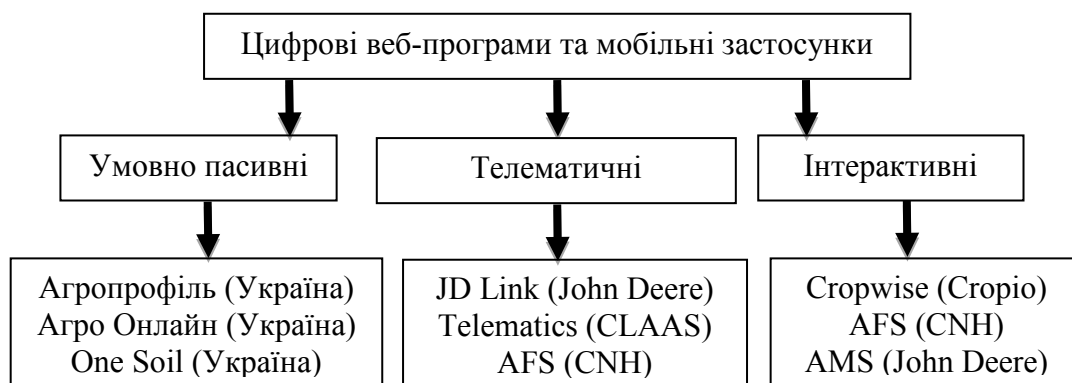


Рис. 1 – Укрупнена класифікація цифрових аграрних платформ

Умовно пасивні платформи, як правило, забезпечують моніторинг стану полів, норми внесення добрив, кількість опадів, сума ефективних температур тощо. Такі платформи постійно удосконалюються, і, як виявлено авторами, спостерігається «дрейф» в бік інтерактивних платформ. Тобто, вказані платформи згодом матимуть зв'язок із енергетичними засобами і обладнанням в режимі реального часу.



Телематичні системи існують як окремі програми і направлені на контроль та управління технічного стану техніки. Найбільш складними і багатофункціональними на сьогодні є інтерактивні платформи, що поєднують у собі максимально можливу інформацію про земельний банк, людські та матеріальні ресурси, техніку, технологічні операції, історію полів і т.д.

**Постановка проблеми.** Ключовою проблемою впровадження технологій цифрового землеробства в освітній процес є умова нерозривного зв'язку з виробництвом. Тобто, освітній процес повинен будуватися з використанням філій кафедр в агропідприємствах. Симулювати технології вирощування с.-г. культур і використання техніки в даному випадку, якщо і можливо, то вкрай недоречно.

**Вирішення проблеми.** У Дніпровському державному аграрно-економічному університеті здійснюється дуальна форма освіти з підготовки фахівців у галузі ТЦЗ за спеціальністю 208 «Агроінженерія».

Для реалізації такого формату освіти на кафедрі експлуатації машинно-тракторного парку було встановлено одинадцять ліцензійних програм AFS (Advanced Farming System), наданою компанією CNH. Керівництво Товариства з обмеженою відповідальністю «Агро КМР» в особі директора Клемана Кусана надало цифровий доступ до своїх полів, техніки, деяких інших ресурсів. Таким чином, здобувачі вищої освіти працюють з «живими» даними і є учасниками що постійно оновлюються та поповнюються і будуть вчитися приймати рішення, оцінюючи реальні ризики.

Здобувачі вищої освіти, працюючи в програмі AFS та маючи доступ до

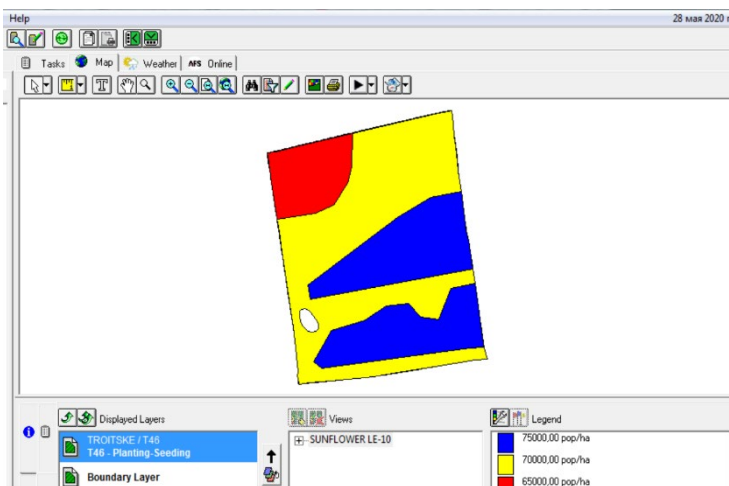


Рис. 2 – Карта-завдання на виконання диференційованої сівби соняшника агрегатом Case MX 340 + Horsch-Maestro 36.5UW.

матеріально-технічної бази реального підприємства, створюють карти завдань для конкретних видів робіт для техніки, яка експлуатується в ТОВ «Агро КМР» (рис. 2). За результатами виконаних робіт проводиться аналіз машиновикористання класичними методами.

**Висновки.** 1. Найближчим часом очікується інтенсифікація впровадження цифрових технологій землеробства.

2. Ефективне вивчення технологій цифрового землеробства можливо лише у формі дуальної освіти з

використанням матеріально-технічної бази реальних діючих агропідприємств.

## Література

1. Derkach O.D., Mykhaylichenko Y.M., Makarenko D.O. Digital agriculture: the experience of Ukraine. INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS “Agricultural machinery”. Year V. Volume 1/8. June 2021. – P. 35-39.

**УДК.621.129: 631.362**

**А.В. Гриньків, канд.техн.наук, ст. дослід., В.В. Аулін, д-р. техн. наук, проф.**  
Центральноукраїнський національний технічний університет, Україна

## **ЕЛЕМЕНТНО-МОДУЛЬНА СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

**A.V. Hrynkiv, Ph.D., Senior researcher, V.V. Aulin, Dr., Prof.**  
**ELEMENTARY MODULAR SYSTEM OF MAINTENANCE AND REPAIR OF  
MOBILE AGRICULTURAL TECHNICS**

Розвиток підприємств, які експлуатують мобільну сільськогосподарську техніку (МСГТ) на даний час в Україні має свої особливості. Це передусім наявність різномарочності одиниць техніки та значна різниця в її напрацюванні. Експлуатація такого парку машин створює передумови розвитку нового підходу і стратегії технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). При цьому реалізація системи ТО і Р містить додаткові складності, які полягають в тому, що існуючі парки МСГТ включають в себе окремі машини, що мають значний рівень фізичного і морального зносу. Існують також фірми і підприємства, які не в повній мірі дотримуються регламентів технічного сервісу і в більшості випадків максимально використовують весь ресурс техніки під час її експлуатації. Все це значно ускладнює організацію виробництва з ТО і Р парків МСГТ та вимагає вдосконалення підходів та методів управління їх технічним станом.

З'ясовано, що підвищення надійності МСГТ та ефективності її використання має базуватися на основі розвитку засобів і методів технічної діагностики та нових технологій обробки, перетворення і використання діагностичної інформації, спрямованої на оптимізацію управлінських рішень для підвищення якості роботи технічного сервісу.

Теоретично обґрунтовано, що технічний стан елементів (деталей, вузлів, систем, агрегатів) МСГТ можливо визначати вектором діагностичних параметрів, отриманих в певний момент часу на конкретному рівні діагностування, а одиниці техніки та парк машин в цілому – матрицею при безперервному спостереженні на певному проміжку часу. Визначено, що для забезпечення системи управління технічним станом елементів та МСГТ в цілому параметри діагностичної інформації подаються у вигляді випадкових функцій та мають певний діапазон реалізацій.

Управлінням технічного стану елементів МСГТ можливо оцінити їх експлуатаційну надійність за зміною сукупності діагностичних параметрів. Показано реалізацію виконання технічних дій у відповідний момент часу (напрацювання) на основі випадкової функції зміни їх діагностичних параметрів, детермінована частина яких описує величини граничного, міжремонтного та залишкового ресурсів силових агрегатів МСГТ з врахуванням найбільш істотних чинників.

Показано, що збільшення ймовірності встановлення діагнозу елементів та знаходження альтернативи прогнозуванню за середньостатистичними значеннями діагностичних параметрів відкривається можливість управління технічним станом систем і агрегатів МСГТ.

За допомогою розміченої схеми стану силового агрегату МСГТ встановлено залежність ймовірності його перебування в робочому стані на етапах життєвого циклу, з урахуванням інтенсивності відмов, відновлення та проходження технологічних операцій ТО і Р. Отримано формули для оцінки усереднених значень залишкових ресурсів та після проведення ТО1, ТО2 та ТО3 (для тракторів) до КР, а також оцінки коефіцієнтів технічної готовності та технічного використання модулів парку МСГТ

підприємств АПВ. Визначено, що згідно запропонованого елементно-модульного підходу одиницю парку МСГТ потрібно розглядати у вигляді інформаційної системи, а її ресурсовизначальні елементи, що мають свою номенклатуру діагностичних параметрів. Розроблено алгоритм оцінки ефективності реалізації діагностичних параметрів для елементів МСГТ під час їх експлуатації. Сформовано процедуру відбору діагностичних параметрів за інформаційно-статистичним критерієм. Проаналізовано методи та необхідне обладнання для визначення параметрів технічного стану елементів та модулів парку МСГТ, відібрано ряд методів, що потрібні для дослідження парку МСГТ і які адекватно відображають її технічний стан під час експлуатації. На основі розроблених алгоритмів запропоновано здійснювати прогнозування технічного стану парку МСГТ та уточнювати систему їх технічного сервісу під час експлуатації.

Показано, що силові агрегати першочергово потребують втручання в систему технічного сервісу та реалізації елементно-модульної стратегії для МСГТ. Визначено порядок формування діагностичних параметрів контролю технічного стану та показників надійності силових агрегатів, сформовано матриці технічних станів ЦПГ, визначено значення середньої ймовірності відмов та інформативність діагностичних параметрів, виявлено закономірність зміни компресії в циліндрах дизеля під час експлуатації. Для системи змащення дизелів сформовано матрицю технічних станів, визначено кількість відмов дизелів сімейства КамАЗ та John Deere на різних інтервалах напрацювання, а також значення показників інтенсивності відмов елементів та інформативності діагностичних параметрів. Побудовані математичні моделі: вмісту механічних домішок в робочій оливі, температури спалаху, лужного числа для сімейств КамАЗ і John Deere від напрацювання.

На основі реалізації елементно-модульної системи ТО і Р дано напрацювання і перелік діагностичних параметрів, їх значення, рівень ймовірності нормальної експлуатації та напрацювання до проведення контролю та ТО для дизелів та трансмісій МСГТ сімейства КамАЗ і John Deere. Визначено, що для МСГТ КамАЗ 740 термін ТО<sub>2</sub> потрібно зменшити на 9,3 %, щоб забезпечити його експлуатаційну надійність більше рівня 0,9, а обслуговування трансмісії МСГТ сімейства КамАЗ можливо збільшити - на 3,4 % відповідно. Визначено, що для елемента МСГТ John Deere PowerTech 9,0 I Stage II термін ТО<sub>2</sub> можна збільшити за напрацюванням на 16,1 %, а для трансмісії - потрібно обслуговувати раніше на 8 % напрацювання. Дані розрахунки є ефективними для усіх сформованих модулів досліджуваного парку МСГТ.

Визначено, що проведення адаптивних ТО і Р збільшує ймовірність безвідмовної роботи систем і агрегатів в межах 91...95 %. Показано, що при планово-запобіжній системі ТО і Р ймовірність безвідмовної роботи силових агрегатів сімейств КамАЗ і John Deere МСГТ, для досліджуваних господарств, нижче на 6,7...14,3 % у порівнянні з елементно-модульною системою ТО і Р. Коефіцієнт готовності при елементно-модульній системі ТО і Р вищий у 1,12...1,32 рази у порівнянні з реалізацією планово-запобіжної системи ТО і Р. Сформульовані рекомендації, щодо поліпшення технічного стану МСГТ в системі управління технічним станом агрегатів при елементно-модульній системі ТО і Р. Показано, що запропонована система ТО і Р експлуатації МСГТ, на основі прогнозування їх технічного стану на СТОВ "Хуторське" та ТОВ "Агрофірма Колос" при підвищенні надійності парку машин, дозволить отримати чистий прибуток у розмірі 377,3 тис. грн, з можливістю зниження вартості робіт на 8,5...11,2 %.

УДК 621.914.22

Г.М. Виговський, к.т.н., доц., Н.О. Балицька, к.т.н., доц., М.М. Плисак,  
В.В. Отаманський

Державний університет «Житомирська політехніка», Україна

## **ВПЛИВ КОСОКУТНОЇ ГЕОМЕТРІЇ НА ТЕМПЕРАТУРУ РІЗАННЯ ПРИ ТОРЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ**

**H. Vyhovskiy, Ph.D., Assos. Prof., N. Balytska, Ph.D., Assos. Prof., M. Plysak,  
V. Otamanskyi**

### **THE INFLUENCE OF OBLIQUE GEOMETRY ON THE CUTTING TEMPERATURE IN FACE MILLING**

Зростаючі вимоги до надійності машин викликають необхідність удосконалення технологічних процесів виготовлення виробів із застосуванням нових фінішних методів обробки. Забезпечення високої якості поверхонь деталей машин технологічними способами є одним із актуальних завдань сучасного машинобудівного виробництва.

Одним із параметрів, що характеризують конкурентоспроможність машин та механізмів, є надійність їх роботи, яка завжди обмежується тією чи іншою деталлю або складальною одиницею. Це особливо актуально, якщо вузол працює в умовах впливу агресивних середовищ, без мастила, у контакті з частинками абразивних матеріалів та ін. Тому актуальним є підвищення ресурсу роботи деталей машин шляхом використання нових матеріалів та інноваційних технологій. Забезпечення надійності виробів для складних умов експлуатації потребує вдосконалення технологічних процесів, які гарантують високу якість поверхонь деталей при механічній обробці.

Одним із шляхів підвищення якості формоутворення поверхневого шару є удосконалення існуючих та розробка нових конструкцій різальних інструментів на основі аналізу кінематики та характеристик процесу обробки. Останнім часом широкого розповсюдження знайшли процеси торцевого фрезерування інструментами, оснащеними надтвердими матеріалами (НТМ) [1–3]. Разом з тим важливим фактором процесу різання, який впливає на стійкість інструменту та якість обробленої поверхні, є температура різання. Одним із важливих завдань під час різання металів і сплавів є контроль температури. Важливо прогнозувати температуру для оптимізації процесу різання і збільшення терміну служби інструмента [4–6]. Цей підхід дозволяє визначити раціональні (оптимальні) режими фрезерування. Експериментальні методи визначення температури трудомісткі, економічно затратні та не завжди доступні. Трудомісткість полягає в необхідності постійного налаштування експериментального обладнання у зв'язку з змінними умовами різання, електроізоляцією інструменту та заготовки, появою паразитної термо-ЕРС (якщо йдеться про методи вимірювання температури термопарами), постійного калібрування приладів та підбору коефіцієнтів теплового випромінювання (якщо йдеться про безконтактні методи). У зв'язку з цим, для зменшення обсягу натурних досліджень виникає необхідність застосування комп'ютерного моделювання процесів механічної обробки, методом скінченних елементів в таких програмах, як Abaqus, AdvantEdge, Ansys, Deform-3D тощо.

Метою дослідження було визначення впливу негативних значень кутів нахилу  $\lambda$  головних різальних кромок ножів косокутної торцевої фрези при обробці деталей із сірого чавуну СЧ21 (170НВ) та вуглецевої сталі У8 (46 HRC) на температуру різання шляхом моделювання процесу косокутного різання у програмі Deform-3D.

Умови моделювання: швидкість різання  $v = 2,5$  м/с; подача  $S_z = 0,625$  мм/зуб; глибина різання  $t = 0,12$  мм; інструмент – однозуба торцева фреза діаметром 360 мм, інструментальний матеріал – гексаніт-Р. Геометрія різальних пластинок: плоска

передня поверхня, передній кут  $\gamma = -10^\circ$ , задній кут у напрямку вектору швидкості різання  $\alpha_v = 12^\circ$ . Кут нахилу головних різальних кромки змінювався від  $\lambda=0^\circ$  до  $\lambda=-45^\circ$ .

Отримані результати максимальних значень температури на передній поверхні ножа торцевої фрези при зміні кута нахилу  $\lambda$  наведені на (рис. 1).

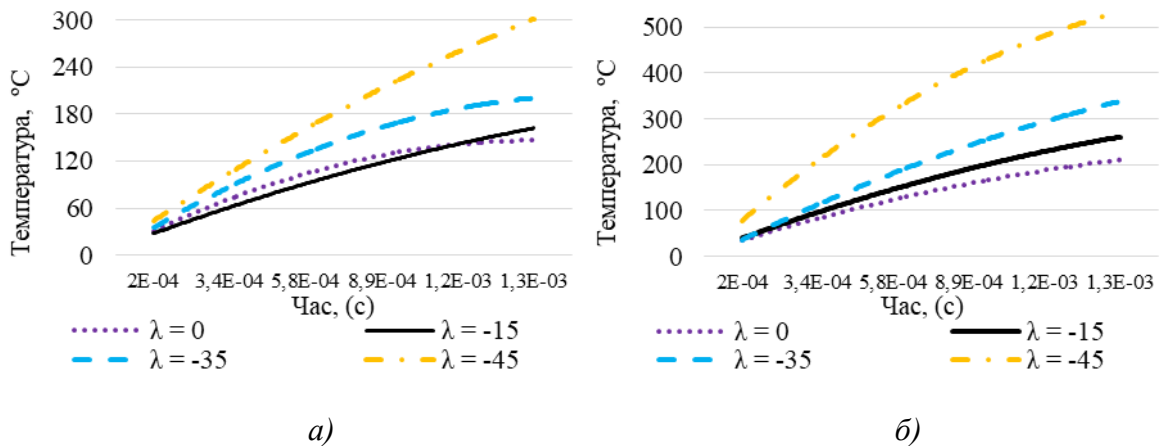


Рис. 1 – Залежність температури на передній поверхні ножа торцевої фрези від кута нахилу головної різальної кромки  $\lambda$ :  
а) при обробці СЧ-21, б) при обробці У8

Аналіз результатів комп'ютерного моделювання показує, що зі збільшенням кута нахилу ріжучої кромки від  $\lambda=0^\circ$  до  $\lambda=-45^\circ$  температура різання зростає. Причиною зростання температури в даному випадку є збільшення середньої площі зрізу за рахунок збільшення довжини активної частини ріжучої кромки. Також зростає потужність теплового потоку і загальна кількість теплоти, що надходить в інструмент при контактній взаємодії інструмента зі стружкою та деталлю, що обробляється. Разом з тим відбувається зростання сили тертя на передній поверхні інструмента, а також збільшення сил, що діють на задній поверхні різця фрези, по мірі його зносу. Це, в свою чергу буде призводити до зростання площі контакту оброблюваного матеріалу із задньою поверхнею різального інструменту і, відповідно, до інтенсифікації процесів тертя на ділянці зносу.

### Література

1. Виговський, Г.М. Підвищення працездатності торцевих фрез для чистової обробки плоских поверхонь [Текст]: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.03.01 «Процеси механічної обробки, верстати та інструменти» / Виговський Георгій Миколайович. – Київ, 2000. – 16 с.
2. Громовий, О.А. Шляхи удосконалення процесу обробки плоских поверхонь деталей фрезеруванням [Текст] / О.А. Громовий, Г.М. Виговський, Н.О. Балицька // Технічна інженерія. – 2020. – № 2(86). – С. 48 – 53.
3. Инструменты из сверхтвердых материалов [Текст] / под. ред. Н.В. Новикова и С.А. Клименко. — М.: Машиностроение, 2014. – 608 с.
4. Клименко, С.А. Твердое «бреющее» точение/С.А. Клименко, А.С. Манохин //Сверхтвердые материалы. – 2009. – №1 – С. 58 – 74.
5. Modeling and optimization of temperature in end milling operations / J.C. Baralić, N.G. Dučić, A.M. Mitrović, P.P. Kovač, M.V. Lučić // Thermal Science. – 2019. – Vol. 23(6A). – P. 3651 – 3660.
6. Добротворський, С.С. Комп'ютерне проектування та моделювання технологічних процесів високошвидкісного фрезерування загартованих сталей [Текст] / С.С. Добротворський, Є.В. Басова, Л.Г. Добровольська // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2015. – № 822. – С. 7–13.

**УДК 631.3**

**С.М. Хомич канд. техн. наук, доц., Р.Є. Островик**

Луцький національний технічний університет, Україна

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ОМД**

**S. Khomysh Ph. D., Assoc. Prof, R. Ostrovkyk**

### **TECHNOLOGICAL REQUIREMENTS FOR THE JUSTIFICATION OF THE CONSTRUCTION OF A DRYING INSTALLATION FOR THE PRODUCTION OF OMD**

Штучне сушіння матеріалу, яке пов'язане з виробництвом орґано мінеральних добрив (ОМД), надзвичайно складний процес, який для його ефективного протікання потребує врахування багатьох передумов. Основні фактори, які визначають режими процесу сушіння, відображаються у будові матеріалу, властивостях його складових, вимогами до збереження, структурою шару, тощо, а якість обробленого матеріалу, від правильного вибору технології та обладнання для сушіння. Відповідно без досконалого вивчення таких факторів не можливо запропонувати передумови для вдосконалення та належного функціонування сушильної машини а також забезпечити сушіння матеріалу з мінімальними енерговитратами.

Розрізняють сушарки барабанні, шнекові, турбінні, киплячого шару, труби-сушарки і ін. Оскільки ми будемо працювати з в'язким орґано-мінеральним матеріалом то пропонуємо сушити його методом випаровування, як найбільш прогресивним та контактним підсушуванням у комбінованій барабанній сушарці.

Складові компоненти за об'ємом сировини орґано мінеральних добрив на основі сапропелю складаються з високоорґанічного сапропелю (65...80% орґаніки та 70...80% абсолютної вологості) – 90%, та мінералів 10%. Масові складові – значно відрізняються і залежать від вмісту води у компонентах які характеризуються умовами підготовки та зберігання.

Процес сушіння розпочинатиметься підігрівом матеріалу за рахунок передачі теплоти від нагрітої внутрішньої поверхні камери барабана де буде проходити випаровування води, а закінчуватиметься видуванням холодним повітрям пари вентилятором. Для унеможливлення налипання орґано мінеральної сировини застосовується керамічна антипригарна поверхня камери барабана.

Так званий сушильний агент, яким як правило служить нагріте повітря, що подається в камеру у даній сушарці буде відсутній, оскільки відбуватиметься нагрівання самої поверхні на якій розташований матеріал.

Нагрівання внутрішньої керамічної поверхні камери барабана, буде проводитись від електромережі 380В, за рахунок нагрівальних елементів, що в неї вбудовані, а процес сушіння буде контактним з вентиляванням.

Для відмежування виділеної води від оброблюваного матеріалу, яка виділятиметься у вигляді пари використовуватимемо вентилятор, що продуває (осердя) центральну частину барабана і розміщений в центрі по його діаметру із сторони вивантаження сушарки. Основний ефект застосування даної стаціонарної машини заключається в швидкості, якості, зручності та рівномірності висушування і формування частинок ОМД на основі орґанічного сапропелю до потрібної вологості. Принципова схема конструкції сушарки зображена на рисунку.

Запропонована машина повинна працювати по такій технологічній схемі. Заповнена у приймальний бункер 1 суміш під дією власної ваги, та з допомогою віброзбуджувача 14 потрапляє в сушильну камеру барабана 2, де зосереджується на

зовнішній нагрітій циліндричній поверхні. За рахунок обертання та подрібнювача вона перемішується та пересувається.

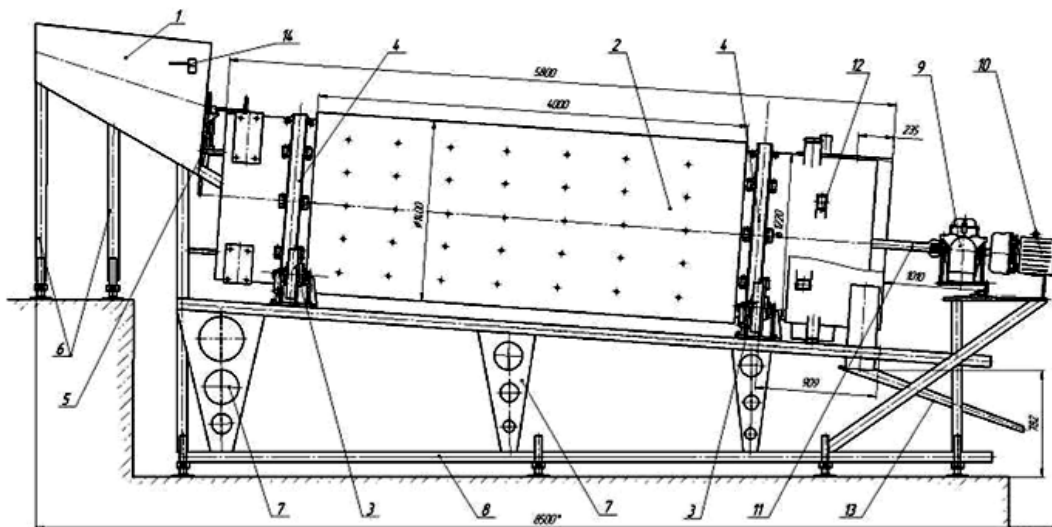


Рис. 1. - Принципова схема сушильної установки для виробництва ОМД на основі сапропелю. 1 – приймальний бункер, 2 – барабан, 3 – підтримуючі ролики, 4 – обертальні рейки, 5 – шибер, 6 – стійки, 7 – опори, 8 – каркас, 9 – редуктор, 10 – електродвигун, 11 – вал барабана, 12 – повітресмоктувальні люки, 13 – вивідний рукав, 14 – вібробуджувач.

А за допомогою сушильної контактної поверхні та вентиляторів – зневоднюється. Весь час перебування суміші в установці не повинен перевищувати 20хв. З барабана подрібнені та висушені добрива потрапляють до вивантажувального вікна 13, звідки потрапляють у фасувальні мішки, що відвозяться на склад.

Для якісного протікання виробничого процесу даної сушильної установка потрібно виконати співвідношення, яке оцінюється напругою чи кількістю виведеного об'єму матеріалу за вологою, тобто кількістю вологи, що випаровується з 1м<sup>3</sup> об'єму внутрішньої частини барабана за годину.

$$A = W/V\tau \quad (1)$$

Дана величина прямо пропорційна коефіцієнту заповнення установки матеріалом за вологістю і обернено пропорційні числу кількості обертів барабана, теплофізичних властивостей та розмірів подрібнених частинок матеріалу, а також від температури, вологості, і швидкості вологовідведення.

Зважаючи на конструктивні та габаритні розміри, енерговитрати, темп роботи та продуктивність запропонована сушарка, може використовуватись для виготовлення ОМД на основі сапропелю. Зважаючи на конструктивні рішення та технологічні міркувань рекомендуємо впровадження даної сушильної установки в технологічний процес виробництва ОМД, з подальшим вдосконаленням режимних параметрів роботи та конструкції машини.

### **Література**

1. Шевчук М.Й. Сапропелі України. Запас, якість і використання органо-мінеральних добрив // Вісник аграрної науки, 2000. – 208с
2. Соколов В.М. Машини для приготування і внесення добрив / В.М. Соколов, Ю.Г. Вожик, С.М. Донець, М.К. Лінник, Ф.П. Смаковський. – К.: Урожай, 1977. – 168с
3. Лебедко А.М. Совершенствование технологии сушки сапропеля путем обоснования конструктивных и технологических параметров сушилки: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: 05.20.01/ Лебедко Алексей Михайлович. – Великие Луки, 2005. – 21с.



УДК 347

**Н.С. Марценко, к.ю.н., доц.**

Західноукраїнський національний університет, Україна

## **ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ ЗА ШКОДУ, ЗАВДАНУ АВТОНОМНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ**

**Nataliia Martsenko, PhD in law**

### **LIABILITY FOR DAMAGE CAUSED BY AUTONOMOUS VEHICLES**

Дослідження використання автономних транспортних засобів (Autonomous vehicles - AV) або розумних автомобілів є складним не тільки у сучасній автомобільній промисловості, але і з точки зору правового регулювання даних технологій. Особливо складними є питання, пов'язані із визначенням правового режиму таких технологій (наприклад, штучного інтелекту) та відповідальності за шкоду, завдану розумним автомобілем. Активне впровадження автономних транспортних засобів у наше повсякдення життя, спонукає до пошуку правового балансу у питанні відповідальності: хто все ж відповідатиме за дії розумного автомобіля, якщо він завдасть шкоди.

Автоматизоване управління автомобілем та ступінь автоматизації є основою для побудови системи відповідальності за дії (діяльність) таких AV. Тому визначення рівня автоматизації має значення не тільки для розуміння автономності AV, але і для розуміння ступеня (можливого) втручання людини в управління ним. Слід відмітити, що товариство автомобільних інженерів розділило автоматизацію на шість рівнів: для рівнів від 0 до 2 автомобіль повністю контролюється оператором (водієм); для рівнів 3 і 4 оператор керує автомобілем лише тоді, коли цього вимагає автономний режим; на 5 рівні автомобіль повністю автоматизований (автомобілі без водія), і втручання людини не потрібно [1]. Попри значні відмінності в архітектурній побудові даних технологій, об'єднує їх мета, з якою вони впроваджувалися в управління автомобілем - зменшення кількості аварій, підвищення мобільності, зменшення заторів тощо. Однак, поряд з перевагами, AV також мають правові, соціальні, екологічні, економічні наслідки та проблеми безпеки. Безпека та захист AV є найбільш критичними питаннями, оскільки вони безпосередньо впливають на життя та здоров'я людей.

З огляду на те, що протягом останніх років зростає кількість аварій за участі AV, виникають питання, пов'язані із відшкодуванням шкоди, так і з безпечністю даних технологій. Більше того, аварії, спричинені AV підкреслили відсутність правил щодо них, так як до відповідальності фактично можна притягнути як водія, так і власника транспортного засобу, виробника, мережевого провайдера чи хакера. Не менш важливим також є питання, чи будуть вище перелічені суб'єкти нести солідарну відповідальність за завдану шкоду.

На сьогодні відповідальність у разі ДТП покладається переважно на водія. Однак у випадку AV інші суб'єкти, такі як виробник, постачальник послуг, власник, оператор чи постачальник програмного забезпечення також повинні нести відповідальність. Такі суб'єкти можуть бути притягнуті до будь-якого виду юридичної відповідальності: як до цивільної, так і до кримінальної чи адміністративної відповідальності. Кожна з даних форм юридичної відповідальності вимагає ретельного розгляду в разі нещасного випадку.

Цивільно-правова відповідальність охоплює широкий спектр правових питань, і до даного виду відповідальності може бути притягнуто як оператора (водія), так і виробника AV. Для прикладу, відповідальність за неякісну продукцію є основною підставою відповідальності виробника [2]. На виробника можна подати до суду через виробничі дефекти, дефекти конструкції, відсутність попереджень щодо певних

особливостей товару (так як виробник повинен інформувати покупців про будь-яку приховану небезпеку, а також надавати чіткі інструкції щодо безпечного використання продукту) тощо. Однак суди можуть не застосовувати доктрину відповідальності за продукт до виробника, якщо не буде надано чітких доказів недоліків такого товару або якщо буде доведено втручання власника (водія) у роботу АВ. Фактично, виробник повинен нести відповідальність за несправність продукту, особливо якщо аварія сталася в автономному режимі та є чіткі докази недоліку (несправності) товару [3]. Однак, якщо підстави відповідальності виробника значно та необґрунтовано розширити, можна зіткнутися із ситуацією, коли виробники перестануть інвестувати в такі технології так як розумітимуть загрозу бути винними та притягнутими до відповідальності. Що стосується водія, то його слід притягувати до відповідальності лише після ретельного розгляду можливості впливати на процеси управління [4].

Щодо кримінальної відповідальності, то тут слід з'ясувати хто несе кримінальну відповідальність у разі ДТП, якщо, для прикладу, є встановлено факт втручання хакерів або є явні ознаки кіберзлочинності. Часто законодавство зарубіжних країн йде шляхом, коли встановлюються суворі правила відповідальності для виробників, згідно з якими виробник несе юридичну відповідальність за шкоду навіть за відсутності вини чи злочинного наміру. Відкритими також у праві залишаються питання щодо можливості вчинення злочину (наприклад, наїзду на пішохода) навмисно або з необережності. Або як притягнути до кримінальної відповідальності, коли учасниками ДТП будуть два автономні автомобілі [1]. На жаль, ці питання залишаються відкритими на сьогодні.

Притягнення до адміністративно-правової відповідальності видається складним з огляду на відсутність розуміння, як загалом мають відбуватися сертифікація та ліцензування, технічний контроль таких авто та інкорпорованих у нього технологій. Крім того, не зрозуміло чи потрібні спеціальні водійські права для автономного водіння та мінімальні технічні навички управління ним.

Таким чином, автомобільна промисловість повинна розробляти такі АВ, які мають найвищий рівень безпечності, оскільки в іншому разі вимоги щодо відповідальності за продукт у майбутньому постійно зростатимуть.

### **Література**

1. Uzair, Muhammad. 2021. "Who Is Liable When a Driverless Car Crashes?" *World Electric Vehicle Journal* 12, no. 2: 62. <https://doi.org/10.3390/wevj12020062>
2. Bryant, W.S. Automated Driving and Product Liability, *Michigan State Law Review*, 2017. University of South Carolina-Law Library, USA. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2923240](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2923240)
3. Марценко Н. Цивільно-правова відповідальність за шкоду, спричинену штучним інтелектом. № 12 (2022): Наукові записки. Серія : Право. С. 34-39. <https://pravo.cuspu.edu.ua/index.php/pravo/article/view/105/89>
4. Burges, S. Driverless Cars: Liability Frameworks and Safety by Design, *Venturer, Insurance and Legal Report*. June 2018. <https://www.venturer-cars.com/wp-content/uploads/2018/06/Year-3-Legal-and-Insurance-Report.pdf>

**УДК 631.312.021: 519.876.5**

**М.Я. Сташків, канд. техн. наук, доц.; Р.О. Булаєнко, асп.; І.М. Борис, асп.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ДИСКРЕТНО-ЕЛЕМЕНТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ КОРПУСУ ВІДВАЛЬНОГО ПЛУГА З ҐРУНТОМ**

**M. Stashkiv, Ph.D, Assoc. Prof.; R. Bulaienko; I. Borys**  
**DISCRETE ELEMENT MODELING MOLDBOARD PLOW BODY INTERACTION  
WITH SOIL**

Однією із найважливіших техніко-експлуатаційних характеристик сільськогосподарських машин є тяговий опір – сила реакції ґрунту при переміщенні машини чи знаряддя. Тяговий опір сільськогосподарського агрегату залежить від багатьох параметрів, таких як властивості оброблюваного матеріалу, форма та стан робочих органів, швидкість руху агрегату тощо.

Тяговий опір плугів залежить від типу, фізико-механічних властивостей і вологості ґрунту, захараченості його рослинними рештками, глибини оранки, ширини захвату плуга, форми і стану робочої поверхні полиці і лемеша, маси та швидкості руху плуга.

Традиційно, для визначення тягового опору сільськогосподарського знаряддя використовують теоретичні та експериментальні підходи. В рамках теоретичного підходу використовують аналітичні та емпіричні методи для визначення сил реакції ґрунту.

Аналітичний метод – це метод аналізу граничної рівноваги ґрунту, що базується на фундаментальних законах фізики. За цим методом створюються різноманітні моделі руйнування ґрунту, які дозволяють аналізувати напруження та деформації, характерні для ґрунту (зсув, стиснення та пластична поведінка).

Емпіричний метод дослідження базується на розробленні прогнозних рівнянь на основі результатів ряду експериментальних досліджень, проведених для конкретних умов, таких як структура ґрунту, його щільність та вологість, площа борозни тощо.

Дослідження за допомогою польових випробувань мають перевагу в тому, що вони найповніше відображають фактичне польове середовище, але мають і багато недоліків, таких як вартість системи приладів, великі затрати часу та робочої сили, низька відтворюваність, обмеження простору та вплив природнокліматичних умов.

Доволі ефективними є напівнатурні випробування, які проводяться в тестовому середовищі ґрунтового каналу. Перевагою такого виду експериментальних досліджень є легкий контроль параметрів ґрунту та умов випробувань. Однак такі випробування не повністю відображають фактичне польове середовище.

З кінця ХХ сторіччя постійно зростає інтерес дослідників до аналізу взаємодії ґрунту та ґрунтообробних знарядь на основі моделювання за допомогою чисельних методів, як альтернативи існуючим методам в галузі сільськогосподарської техніки. Рівень обчислювальної продуктивності сучасної комп'ютерної техніки дозволяє проводити дослідження сил обробітку ґрунту за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, яке реалізує метод дискретних елементів (DEM).

Для моделювання взаємодії корпусу плуга з ґрунтом створено CAD – модель малогабаритного відвального плуга з шириною захвату одного корпусу 220 мм та DEM – модель ґрунтового середовища з габаритними розмірами 3×0,5×0,3 м (рис.1). Ґрунт моделювали сферичними дискретними елементами діаметром 10 мм з питомою щільністю 1250 кг/м<sup>3</sup>, що відповідає ущільненим орним ґрунтам.

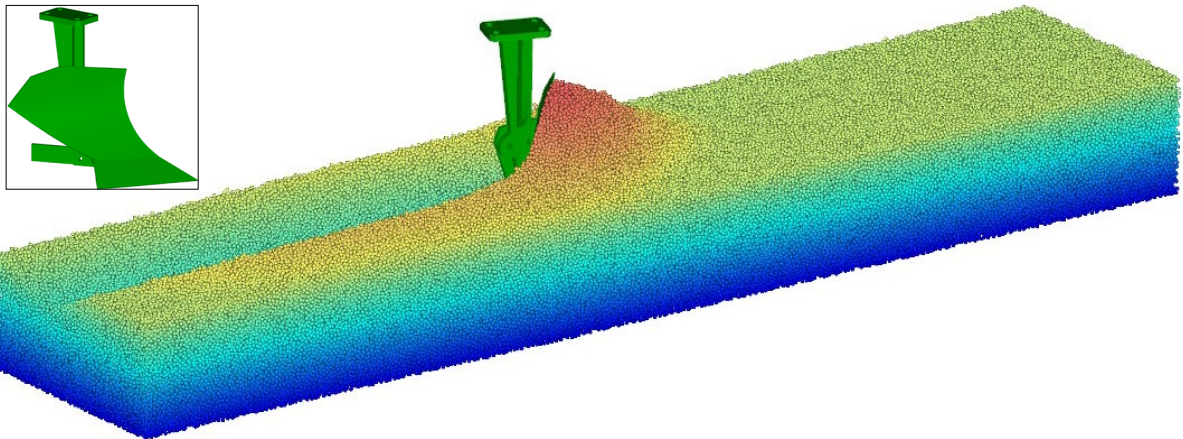


Рис. 1 - DEM – модель взаємодії корпусу плуга з ґрунтом

Моделювання проводилось для наступних параметрів: ширина захвату  $B=220$  мм, глибина оранки  $a=150$  мм, швидкість руху  $v=1,4$  м/с (5 км/год). Час моделювання – 3 с.

Результати дискретно-елементного моделювання взаємодії корпусу відвального плуга з ґрунтом показано на рис. 2.

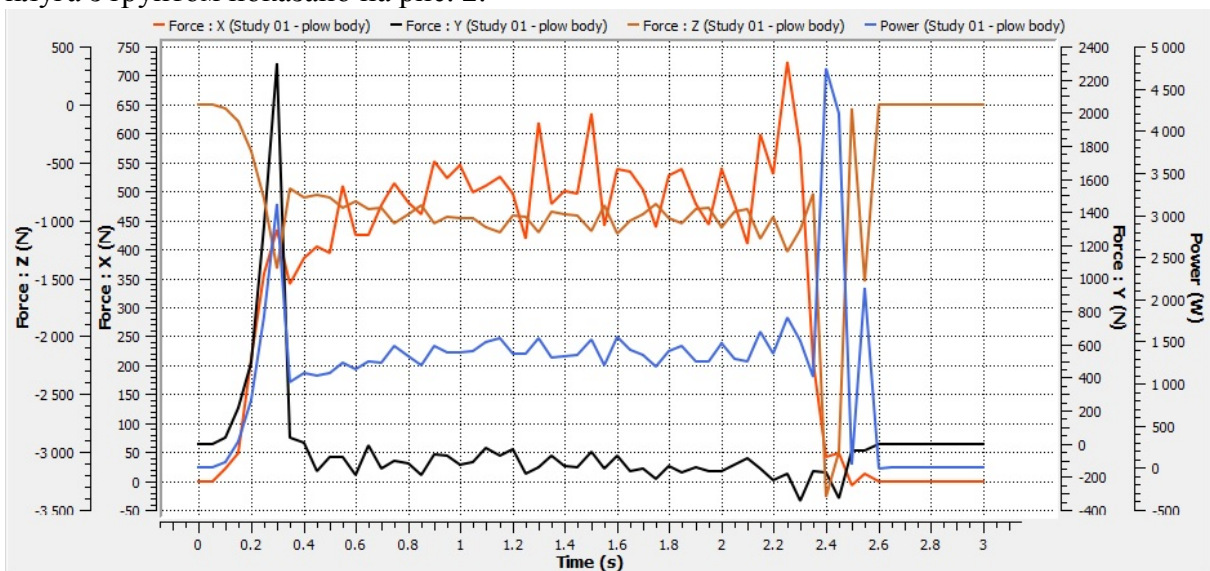


Рис. 2 – Результати дискретно-елементного моделювання

За результатами моделювання отримано наступні значення зусиль (середня частина графіків на рис. 2): поздовжня сила (сила тягового опору)  $F_z \approx 1000$  Н, сила поперечного зміщення  $F_x \approx 500$  Н, вертикальна сила  $F_y \approx 180$  Н. Отримане значення споживаної потужності  $W \approx 1400$  Вт.

Теоретичне значення тягового опору корпусу плуга можна визначити за спрощеною формулою

$$F = B \cdot a \cdot k,$$

де  $k$  – питомий тяговий опір корпусу плуга, Н/м<sup>2</sup>. Для середніх ґрунтів мінімальне значення  $k = 35\,000$  Н/м<sup>2</sup>.

Відповідно, теоретичне значення тягового опору  $F$  та споживаної потужності  $W$  корпусу плуга становлять:

$$F = 0.22 \cdot 0.15 \cdot 35000 = 1155 \text{ Н};$$

$$W = F \cdot v = 1155 \cdot 1.4 = 1617 \text{ Вт}.$$

Результати дискретно-елементного моделювання відрізняються від теоретичних значень тягового опору та споживаної потужності приблизно на 13%.

УДК 621.00:632.981.2

І.А. Вікович, д.т.н., професор

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

## КОЛИВАННЯ НАЧІПНОЇ ШТАНГИ ОБПРИСКУВАЧА НА ОДНОШАРНІРНІЙ МАЯТНИКОВІЙ ПІДВІСЦІ

I. Vikovich, Dr., Prof.

### OSCILLATIONS OF THE SPRAYER BOOM ON A SINGLE-HINGED PENDULUM SUSPENSION

Коливання начіпної штанги обприскувача на одношарнірній маятниковій підвісці з урахуванням впливу нерівностей ґрунтового профілю поля під час виконання технологічного процесу обприскування (рис. 1), де  $h_0$  – половина висоти нерівностей ґрунтового профілю дороги;  $B_k$  – ширина колії обприскувача;  $h = AC_{su}$  – відстань від точки А підвісу начіпної маятникової штанги обприскувача до її центра мас  $C_{su}$ ;  $H$  – відстань від горизонтальної поверхні поля до точки А підвісу начіпної штанги обприскувача;  $\eta$ ,  $\zeta$ ,  $\eta_1$ ,  $\zeta_1$  – відповідно осі координат нахилу рами обприскувача начіпної штанги під час поперечно-кутових коливань;  $z$ ,  $y$  – осі координат обприскувача у вертикально-поперечній площині в абсолютній системі відліку ( $z/z_1$ ,  $y/y_1, \zeta/\zeta_1, \eta/\eta_1$ );  $C_0$  – положення точки центра мас обприскувача),

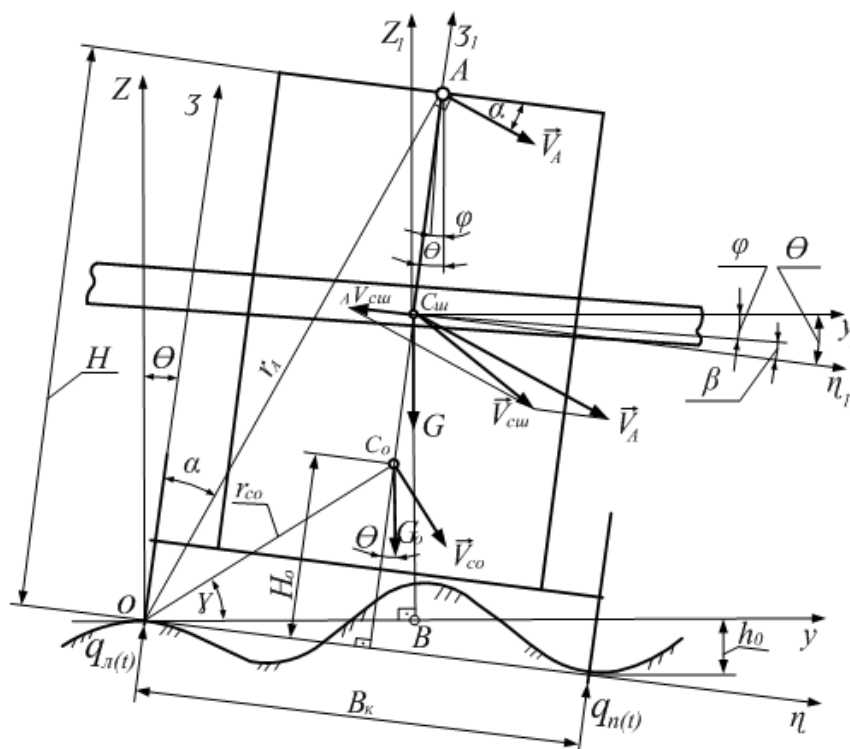


Рис. 1 – Розрахункова схема коливань начіпної штанги обприскувача на одношарнірній маятниковій підвісці

Узагальненими координатами, які однозначно визначають положення системи є:  $q_1 = \theta(t)$  – кут нахилу рами начіпної штанги обприскувача до горизонту;  $q_2 = \varphi(t)$  – кут нахилу начіпної штанги до горизонту у довільний момент часу  $t$ .

Диференціальні рівняння, які описують рух системи обприскувач-штанга отримуємо за допомогою рівняння Лагранжа другого роду, причому кінетичні енергії обприскувача  $T_o$  і начіпної штанги  $T_u$  визначаємо за теоремою Кеніга, оскільки сам обприскувач і начіпна штанга здійснюють плоскопаралельний рух під час коливань.

$$T_o = \frac{\dot{\theta}^2}{2} [m_o(b + H_o^2) + I_{co}], \quad (1)$$

де  $I_{co}$  – момент інерції обприскувача відносно його поздовжньої осі  $x$ .

Кінетичну енергію начіпної штанги за теоремою Кеніга запишемо у вигляді:

$$T_u = \frac{m_u V_{cu}^2}{2} + \frac{I_{cu} \dot{\varphi}^2}{2}, \quad (2)$$

де  $m_u$  і  $V_{cu}$  – маса і швидкість руху центра мас начіпної штанги обприскувача;  $I_{cu}$  – момент інерції начіпної штанги відносно поздовжньої осі  $x$ , яка проходить через центр мас начіпної штанги (визначаємо експериментальним методом – методом коливань математичного маятника).

Абсолютну швидкість руху центра мас начіпної штанги обприскувача можна визначити, якщо спроектувати величину швидкості  $V_{cu}$  на дві взаємоперпендикулярні осі координат  $\eta_1$  і  $\zeta_1$ :

$$V_{cu} = \sqrt{(\sum V_{i\eta_1})^2 + (\sum V_{i\zeta_1})^2} = \sqrt{[V_A \cos(\alpha + \beta) - V_{cu}]^2 + [V_A \sin(\alpha + \beta)]^2}, \quad (3)$$

де  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{H}$  і  $\alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{b}{H} \right)$  та  $\beta = \theta - \varphi$ .

Кінетична енергія обприскувач-штанга з урахуванням (3) набере вигляду

$$T_u = \frac{1}{2} \left\{ (m_o r_A^2 + I_{co}) \dot{\theta}^2 + I_{cu} \dot{\varphi}^2 + m_u [r_A^2 \dot{\theta}^2 + h^2 \dot{\varphi}^2 - 2\dot{\theta} \dot{\varphi} h r_A \cos(\alpha + \beta - \varphi)] \right\}. \quad (4)$$

Визначимо узагальнені сили  $Q_1$  і  $Q_2$  для системи обприскувач-начіпна штанга на можливих віртуальних кутових переміщеннях  $\theta$  і  $\varphi$  обприскувача і начіпної штанги за умови  $\theta = \operatorname{const}$  і  $\varphi = \operatorname{const}$ :

$$Q_1 = \frac{m_o}{g} \left( \frac{B_k}{2} \cos \theta + H_o \sin \theta \right) + \frac{m_u}{g} [r_A \sin(\alpha + \theta) - h \sin \varphi]. \quad (5)$$

$$Q_2 = -\frac{m_u}{2} h \sin \varphi. \quad (6)$$

Підставивши частинні та повні похідні від кінетичної енергії системи (4) за узагальненими координатами  $\theta$  і  $\varphi$  та знайдені їх узагальнені сили  $Q_1$  і  $Q_2$  у рівняння Лагранжа другого роду одержимо шукану систему диференціальних рівнянь, які описують рух системи обприскувач-штанга у вигляді:

$$\begin{cases} (I_{co} + m_o r_{co}^2 + m_u r_A^2) \ddot{\theta} - m_u h r_A [\ddot{\varphi} \cos(\alpha + \theta - \varphi) + \dot{\varphi}^2 \sin(\alpha + \theta - \varphi)] = \\ = G_o (b \cos \theta + H_o \sin \theta) + G_u [r_A \sin(\alpha + \theta) - h \sin \varphi]; \\ (I_{cu} + m_u h^2) \ddot{\varphi} - m_u h r_A [\ddot{\theta} \cos(\alpha + \theta - \varphi) + \dot{\theta}^2 \sin(\alpha + \theta - \varphi)] = G_u h \sin \varphi. \end{cases} \quad (7)$$

Одержану систему нелінійних диференціальних рівнянь (7) розв'язуємо числовим методом за допомогою прикладної комп'ютерної програми DGIRE.

### Література

1. Вікович І.А. Конструкції і динаміка штангових обприскувачів: монографія. Львів : видавництво «Львівської політехніки», 2003. 460 с.
2. Babii A. Parameters investigation for independent pendular suspension of sprayer boom. *Scientific Journal of TNTU*. Tern. : TNTU, 2019. Vol. 96. No. 4. P. 90–100.



**СЕКЦІЯ: НОВІ МАТЕРІАЛИ, МІЦНІСТЬ ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ  
КОНСТРУКЦІЙ**

**УДК 669.245.018.044:620.193.53**

**О.А. Глотка, к.т.н., доц., В.Ю. Ольшанецький, д.т.н., проф.**

Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

**УДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СКЛАДУ ЛИВАРНИХ  
ЖАРОМІЦНИХ НІКЕЛЕВИХ СПЛАВІВ РІВНООСНОЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ**

**О. Glotka PhD, Assoc. Prof, V.Y. Ol'shanetskii, Dr., Prof**

**IMPROVING THE STRUCTURAL-PHASE STORAGE OF LIQUOR HEAT NICKEL  
ALLOYS IN EQUAL-AXLE CRYSTALLIZATION**

По мірі вдосконалення систем легування ливарних жароміцних нікелевих сплавів ускладнюється їхня структура і змінюється фазовий склад. Крім основних фаз:  $\gamma$ - твердого розчину, високодисперсної  $\gamma'$  - фази, що виділяється з  $\gamma$ - твердого розчину, і карбідів типу MC, виділяються надлишкові фази, що являють собою евтектику  $\gamma+\gamma'$ , карбіди інших типів ( $M_{23}C_6$ ,  $Me_6C$ ), фази на основі твердого розчину одного з елементів: (хром, кобальт)  $\sigma$ - фаза, (вольфрам, молібден)  $\mu$ - фаза і т. п. [1, 2]

У системі багатокомпонентного легування (Ni-13,5Cr-5Co-3,4Al-4,8Ti-7,3W-0,8Mo-0,015B-0,12C), що відповідає сплаву ЗМІ-3У, діапазон варіювання елементами був обраний з міркувань максимальної та мінімальної кількості елемента, що вводиться в ливарні жароміцні нікелеві сплави (ЖНС). Таким чином, для дослідження були обрані карбідоутворюючі елементи в наступних діапазонах легування: вуглець (0,02-0,2); титан (1-6); ніобій (0,1-4); тантал (0,5-12); гафній (0,1-2,5) % за масою.

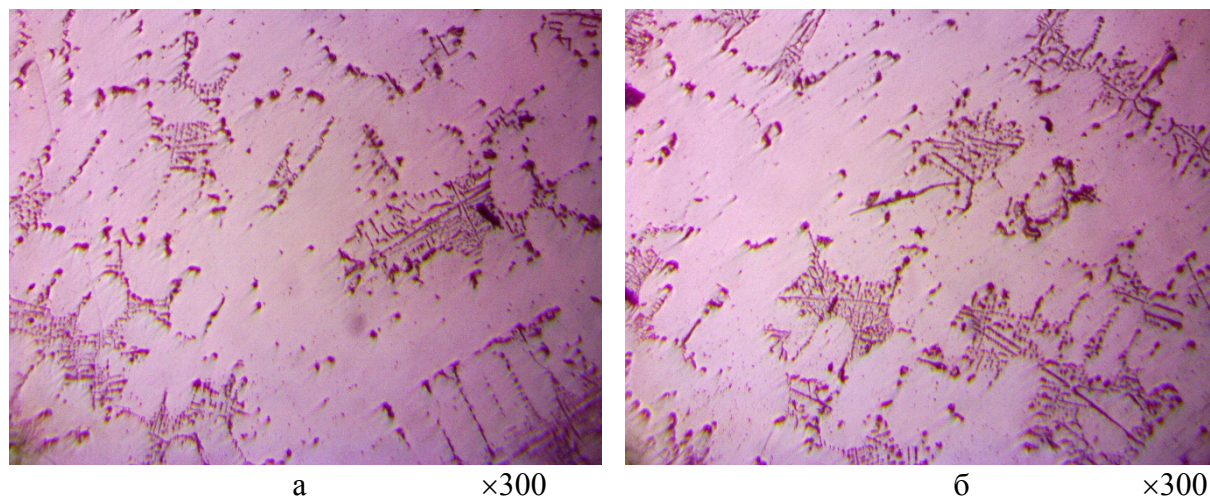


Рис. 1 – Форма карбідів в ливарному жароміцному нікелевому сплаві легуваного титаном

Титан присутній не тільки у складі зміцнюючої  $\gamma'$  фази, а й є сильним карбідоутворюючим елементом, на основі якого формуються карбіди типу MC шрифтової форми (рис.1). У досліджуваній системі легування карбіди типу MC на основі титану легувані елементами такими як вольфрам, молібден і хром. Вміст вольфраму в карбіді знаходиться в межах (25-40)%, у той час як молібдену та хрому в межах (0,15-0,35)% та (0,45-1,45)% за масою, відповідно. При цьому встановлено, що титан має складний вплив не тільки на температуру розчинення (або виділення)



первинного карбіду  $MC$ , але і на аналогічну температуру утворення карбіду типу  $M_{23}C_6$ .

Збільшення легованістю ніобієм до 1,5% приводить до зростання його в карбіді типу  $MC$ . А при 2,5% карбід змінює свою основу і стає на основі ніобію, при цьому морфологія карбіду змінюється з шрифтової (рис.1) на огранену неправильної форми (рис.2). Так само, при 2,5% ніобію спостерігаються зміни у карбідах типу  $M_{23}C_6$ , до зазначеної концентрації ніобію, карбіди склалися з: 73,8Cr; 13,7 Mo; 5,6W; 1,76Ni та 0,71Co і практично ці показники не змінювалися. Однак, вище 2,5% Nb концентрація елементів у карбідах помітно змінилася: 88,7Cr; 2,6 Mo; 1,5W; 0,87Ni і 0,8Co і не змінювалася зі зростанням вмісту ніобію. Зміна концентрацій елементів призводить до виділення топологічно-щільнопакованої (ТЩП) фази (Р-фази) та наближення складу карбіду до типу  $Cr_{23}C_6$ , який має нижчу термодинамічну стабільність.

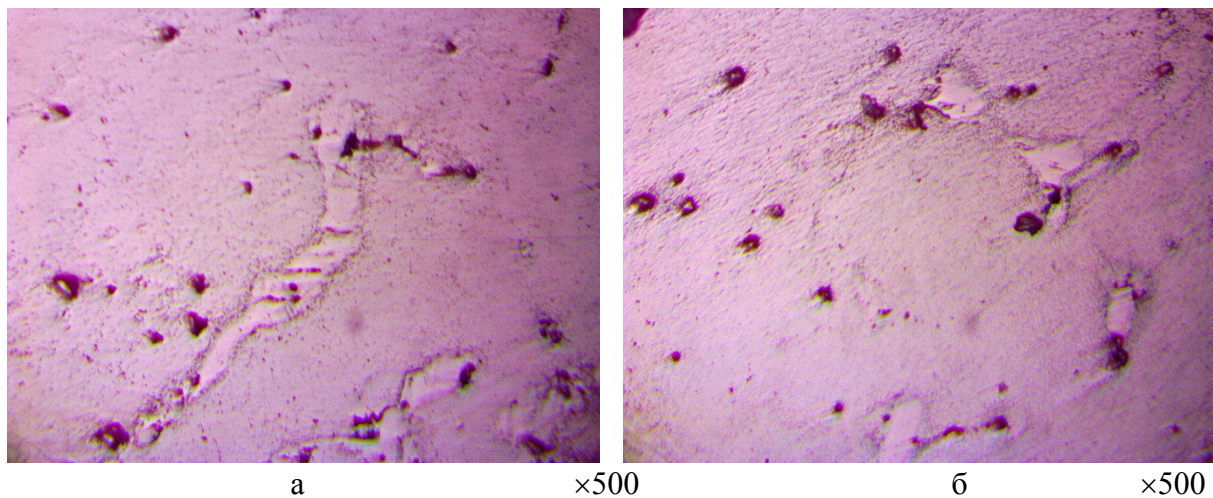


Рис. 2 – Морфологія карбідних фаз в ливарному жароміцному нікелевому сплаві легованим ніобієм

Збільшення вмісту танталу в сплаві до 4% по масі призводить до утворення ТЩП фаз (типу Р-фази), що може негативно впливати на механічні властивості. При вмісті 4% танталу проходить зміна стехіометрії карбіду подібно до того, як це відбувається при легуванні ніобієм - карбід прагне до утворення  $Cr_{23}C_6$ . При концентрації в сплаві танталу 8% можливе виділення  $\sigma$ - фази, що також негативно впливає на структурну неоднорідність і механічні характеристики сплаву, особливо пластичність.

Таким чином, отримані залежності визначення типу, кількості і хімічного складу карбідів показали хорошу збіжність і узгодженість, порівняно з експериментальними даними.

### Література

1. Glotka A.A. Forecasting the Properties of Heat-Resistant Nickel Alloys Equalaxial Crystallization / A.A. Glotka, V.E. Ol'shanetskii// Archives of Metallurgy and Materials. – 2022. - Vol. 67, No. 1. - PP. 51-56. <https://doi.org/10.24425/amm.2022.137471> .
2. Chao-Nan Wei The effects of carbon content on the microstructure and elevated temperature tensile strength of a nickel-base superalloy / Chao-Nan Wei , Hui-Yun Bor, Li Chang// Materials Science and Engineering A. – 2010. – Volume 527. – Pp. 3741-3747. doi:10.1016/j.msea.2010.03.053
3. R Yonghua Characterization of  $M_{23}C_6$  carbide precipitated at grain boundaries in a superalloy / R Yonghua, Hu Geng, G Yongxiang // Metallography. – 1989. - №22(1). – P. 47-55. DOI: [10.1016/0026-0800\(89\)90021-9](https://doi.org/10.1016/0026-0800(89)90021-9).

**УДК 624.7**

**О.В. Агарков, Ph.D., Assoc. Prof, В.В. Косарчук, Dr., Prof., В.В. Ковальчук, Ph.D., Assoc. Prof.**

Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ, Україна

### **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИТНОЇ АРМАТУРИ ДЛЯ АРМУВАННЯ НЕСУЧИХ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**O.V. Aharkov, Ph.D., Assoc. Prof, V.V. Kosarchuk, Dr., Prof, V.V. Kovalchuk, Ph.D., Assoc. Prof.**

State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine

### **RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF USING COMPOSITE REINFORCEMENT FOR REINFORCEMENT OF BEARING CONCRETE STRUCTURES**

У будівництві сільськогосподарських господарських та інфраструктурних об'єктів широко використовуються залізобетонні конструкції. Здорожчання металопрокату зумовлює потребу у пошуку нових матеріалів, які із однієї сторони були б більш економічно вигідними, а з іншої забезпечували би достатню несучу міцність та довговічність під час експлуатації. Останнім часом поруч із сталюю арматурою поширюється використання композитної арматури, однак невелика кількість досліджень [1-3] впливу використання для армування композитної арматури на міцність виготовлених бетонних конструкцій не сприяє широкому застосуванню її при виробництві таких конструкцій.

Авторами було проведено чисельний аналіз напружено-деформованого стану композитної арматури і бетону під час навантаження. Для проведення розрахунків використовувався метод скінченних елементів, що дало можливість врахувати вплив геометричних та фізичних параметрів матеріалів на напружено-деформований стан такого виробу. Аналіз роботи бетонних конструкцій показує, що найбільш ймовірними причинами втрати несучої здатності можуть бути або змінання матеріалу в місті контакту арматури з бетоном, або надмірний прогин бетонної конструкції, оскільки бетон добре працює лише на стиск. Обидві задачі було змодельовано за допомогою методу скінченних елементів. В результаті аналізу було отримано усі складові тензорів напружень, переміщень і деформацій.

Аналіз отриманих результатів дозволив зробити висновки, що використання композитної арматури для армування бетонних конструкцій є перспективним напрямком. Механічні параметри композитної арматури здатні забезпечити потрібну міцність і жорсткість бетонних конструкцій.

#### **Література**

1. Said M., Adam M. A., Mahmoud A. A., Shanour A. S. Experimental and analytical shear evaluation of concrete beams reinforced with glass fiber reinforced polymers bars. *Construction and Building Materials*, 2016, No 102. P. 574–591.
2. Benin A., Bogdanova G., Semenov S. Experimental Study and Mathematical Modeling of Bond of Different Types Winding Glass-Plastic Reinforcement with Concrete. *Applied Mechanics and Materials*, 2014, Vol. 617. P. 215–220.
3. Кияшко, В. Т., Косарчук, В. В., Чаусов, М. Г., Агарков, О. В., Ковальчук, В. В. Напружено-деформований стан композитної арматури за умов взаємодії з високоміцним бетоном: аналітичні розрахунки. *Екологічні науки*, No 2(29). Т. 2., с. 100-104.

**УДК 631.3.02-621**

**М.І. Денисенко канд. тех. наук, доц.**

ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України», Україна

**ФОРМУВАННЯ ТОЧКОВИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ НА ДЕТАЛЯХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ ТА КОРМОПРИГОТУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**М.І. Denisenko Ph.D, Assoc.Prof.**

**FORMATION OF POINT WEAR-RESISTANT COATINGS ON PARTS OF WORKING BODIES OF TILLAGE EQUIPMENT AND FORAGE EQUIPMENT**

**Вступ.** Робочі органи сільськогосподарської техніки постійно взаємодіють з оброблюваними матеріалами (гноївка, ґрунти, частини рослин, компоненти кормів і (т. ін.), а також зазнають локального навантажування, зв'язані з особливостями виконуваними ними технологічними операціями, та знаходяться під постійним впливом агресивних зовнішніх факторів (абразивні частки ґрунтів та їх вологість, кисень, що є у повітряному середовищі, кислотні соки рослин, кліматичні фактори), що призводить до їх катастрофічного зносу.

**Виклад матеріалу.** Враховуючи об'єктивні причини зносу деталей і робочих органів, наявність на більшості їх ріжучої крайки, та необхідність збереження заданих геометрії і розмірів на протязі всього терміну їх служби, можливо стверджувати, що їх зміцнення, захист від суттєвого впливу оброблюваних матеріалів і факторів зовнішнього середовища, завжди являються актуальними завданнями. Тому для підвищення терміну служби деталей, їх виконують з більш зносостійких матеріалів, або різні методи зміцнення.

Багаточисленні випробування серійних робочих органів лемішних плугів показують, що середній наробіток на відмову долотоподібних лемешів в залежності від видів ґрунтів та їх фізичного стану становить від 5 до 20 га, грудин відвалів – від 10 до 100 га, крил відвалів – від 40 до 270 га, польових дощок – від 20 до 60 га. [1]. За даними досліджень [2], при спрацюванні леза плужного лемеша до 5-7 мм (за товщиною), нерівномірність глибини ходу досягає 62-68%, тяговий опір зростає до 153-156%, витрати пального зростають до 125-138%, а продуктивність орних агрегатів зменшується до 52-59%. Для приготування кормів і подрібнення стеблових кормів у нашій країні та за кордоном, наприклад, у Франції, США, Німеччині, використовують різні машини, котрі конструктивно можливо поділити на три групи: штифтові, що руйнують матеріал за принципом розривання та розщеплення (ИГК-30Б, R 48 M); ножові, що подрібнюють матеріал за принципом різання (ФН-1,4, РСС-6, GH 500); і молоткові, що подрібнюють стеблові корма шляхом удару та стирання (ДБ-5, КДУ-2,0, БМК-1,5, ИРТ-165, Рото-Грінд, ДЗМ-0,8, ДДМ-5, МКУ-1,5, МКУ-3).

Аналіз причин відмов молотків кормодробарок підтверджує, що найбільш частіше фіксується зношування лобової частини робочого органу (зруйнування прямого кута робочої крайки молотка більше 30% площі молотка), і в меншій ступені знос тильної частини, сколювання, корозія, зростання діаметру отворів для кріплення молотків на роторі подрібнювача.

Тому ціллю даної роботи являється вибір матеріалу покриття і технології вдосконалення дугового точкового зварення, що мають найбільшу зносостійкість в умовах абразивного тертя та створення ефекту самогострювання при роботі деталей робочих органів ґрунтообробної техніки та кормоприготувального обладнання.

Дугове точкове зварення (ДТЗ) плавким електродом – порошковим дротом (Flux cored wire), вказаний спосіб зварювання, розроблений науковцями Інституту електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, ще не знайшов належного розвитку і використання. [1,2,3]. У представлений роботі здійснено нанесення точкових зносостійких покриттів на робочі органи ґрунтообробної техніки та кормоприготувального обладнання (рис.1, рис.2). За звичаєм (ДТЗ) здійснюється серійними напівавтоматами шляхом включення – виключення подавання порошкового дроту ПП-АН170, ПП-АН170М, ПП-АН170М2. За такого виконання точкового зварювання, якість та стабільність розмірів точкових покриттів визначається кваліфікацією зварника та його втомою. Форма точки зміцнення має вигляд сферичного сектору або шарового сегменту різного об'єму.

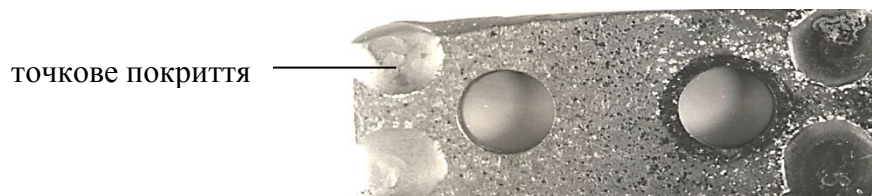


Рис. 1 – Точкове покриття молотка кормодробарки. Наробіток на одну грань 500...600 тон

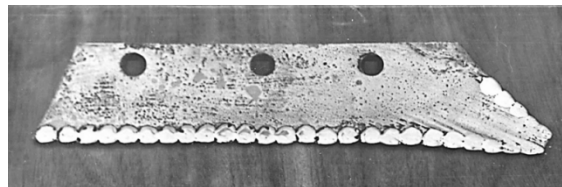


Рис. 2 – Точкове покриття лемеша плугу. Наробіток 39 га

В залежності від товщини деталей і діаметру електродного дроту параметри крапки зміцнення після ДТЗ можуть бути такими: швидкість подавання порошкового дроту 30...700 м/год, сила зварного струму 150...500 А, напруга на дузі 30...50В, тривалість зварювання 1,5...3,0 сек, пробивна напруга 4000В...8000В, діаметр порошкового (електродного) дроту 2,2...3,2 мм, мідь червона водо охолоджуюча марки М1,М2, високої чистоти.

**Висновки.** Встановлено, що основною умовою формування точкового покриття – узгодження величини зварного струму і напруги дуги. В процесі точкового зміцнення формується композиційна структура покриття, що забезпечує підвищення твердості та зносостійкості.

Технологія ручного дугового зварювання вкритим електродом (SMAW), і дугове точкове зварювання порошковим дротом (FCAW) дозволяє багатократно збільшити термін служби швидкозношуваних деталей, підвищити надійність та працездатність машин і механізмів.

### **Література**

1. Терещенко В.И. Особенности дуговой точечной сварки плавящимся электродом в углекислом газе / В.И.Терещенко, А.Н.Шаровольский, К.А.Сидоренко, В.А.Трошин, Ю.И.Сапрыкин // Автоматическая сварка. Киев. – 1983. - №9 (366). – С.51-53.
2. Ключенко В.Н. Точечное упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин / В.Н.Ключенко, В.П.Балан // Тракторы и сельскохозяйственные машины – 1989. - №11. – С.54-57.

**УДК 620.1.02-621**

**М.І. Денисенко канд. тех. наук; доц., А.С. Савченко, М.Л. Ніколаєнко**  
ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України», Україна

## **ТРИБОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ МАШИН**

**М.І. Denisenko Ph.D Assoc.Prof.**

### **TRIBOLOGICAL METHODS OF INCREASING OPERATIONAL RELIABILITY AND DURABILITY OF MACHINES**

**Вступ.** Значна частина (близько 30%) світових енергетичних ресурсів у різних формах витрачається на тертя, 80-90% рухливих спряжень машин виходять з ладу внаслідок зносу. При цьому знижуються ККД, точність, економічність, надійність і довговічність машин, погіршуються їх динамічні і акустичні характеристики.

Дослідження в царині механіки контактних взаємодій, хімічних і дисипативних процесів у поверхневих та при поверхневих шарах тертьових матеріалів показують, що матеріал в процесі тертя різко змінює свій фізичний стан, змінюючи механізм контактної взаємодії. Відбуваються суттєві зміни у суб -і мікроструктурі поверхневих мікрооб'ємів. Вивчення кінетики структурних, фазових і дифузійних перетворень, міцністних і деформаційних властивостей активних мікрооб'ємів поверхні, елементарних актів деформації та руйнування, пошук численних критеріїв оптимального структурного стану, оцінок якості поверхні повинні бути фундаментальною основою у пошуках матеріалів і середовищ зносостійких спряжень.

**Виклад матеріалу.** В теперішній час досліджено закономірності розподілення пластичної деформації за глибиною поверхневих шарів металевих матеріалів, кінетика формування вторинної структури, процеси зміцнення, знеміцнювання, рекристалізації, фазові переходи, котрі, у свою чергу, залежать від зовнішніх механічних впливів, складу, властивостей тертьових матеріалів та зовнішнього середовища.

Дислокації, дисклінації та інші дефекти структури являються концентраторами напружень, осередками мікро руйнування. В той же час, рух дефектів (релаксаційна мікропластичність) призводить до зниження рівня напружень концентратора, відповідно, сповільнює процеси руйнування.

Під трибологічною надійністю розуміємо властивість машини зберігати у часі, в установлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати потрібні функції при її функціонуванні в умовах тертя та зношування. Трибологічна надійність і довговічність машин формується і закладається при проектуванні та виготовленні машин, та визначається конструктивними особливостями елементів машин, використовуваними матеріалами, пристосованістю до ремонту і технічного обслуговування.

Умови деформації при терті поверхневих шарів визначають перевагу одного з вказаних механізмів, від якого буде залежати інтенсивність поверхневого руйнування. Як правило, при експлуатації важко навантажених вузлів тертя, їх деталі зазнають одночасно декількох видів руйнуючих впливів, тому постають суперечливі вимоги до властивостей конструкційних матеріалів. Під час фактичного контакту відбувається приріст пластичної деформації матеріалу поверхневого шару, а частина витраченої енергії запасється у матеріалі у вигляді пружних викривлень кристалічної решітки (дефектів). Основним видом дефектів при терті є дислокації, котрі у нерівноважних умовах самоорганізуються в дисипативні структури, що змінюють одне одного зі зростанням щільності дислокацій у детермінованій послідовності.

Самоорганізація структур найбільше розповсюджена при роботі машин різноманітного призначення у режимі граничного тертя. Самоорганізація у цьому режимі, названа структурною пристосованістю (СП), яка проявляється в утворенні захисних вторинних структур (ВС), що екранують основний метал деталей від безпосереднього контакту, схоплювання і інтенсивного руйнування (рис.1). [1-2].

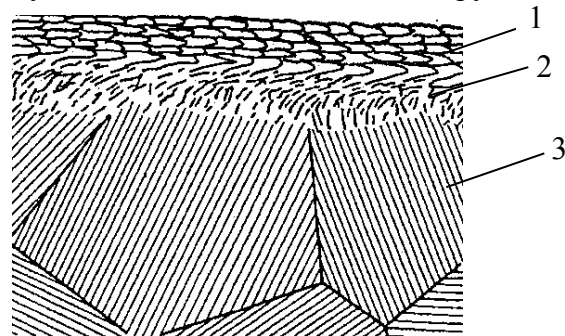


Рис. 1 – Будова поверхневих шарів за граничного тертя  
(за даними Б.І. Костецького):

- 1 – шар вторинних структур (ВС); 2 – підповерхневий деформований шар;  
3 – основний незмінний матеріал

Вторинні структури представляють тонко плівковий об'єкт (товщина ВС –  $h_{bc} = 2 \cdot 10 \dots 8 \cdot 10$  НМ), які утворюються шляхом кінетичного фазового переходу (КФП), основою якого являється сумісна дія деформації, нагрівання, дифузії та хімічних реакцій. [2]. Процеси дифузії локалізуються у тонких поверхневих шарах, в малих об'ємах виявляється підвищена кількість точкових дефектів кристалічної решітки, зростання коефіцієнту дифузії на декілька порядків, зміна меж взаємної розчинності елементів. Властивості поверхневого шару забезпечуються як нанесенням захисного шару або покриття, так і перетворенням поверхневого шару металу за допомогою фізичних, хімічних, механічних методів, дифузійним насиченням, методів хіміко-термічної обробки.

Розроблено і використовуються у промисловості більше 120 методів поверхневого зміцнення. Поряд з детально розробленими методами розвиваються інноваційні методи – лазерні, вакуумні іонно-плазмові, у тому числі імплантації, створюються гетерогенні покриття, базальтова арматура, композитні матеріали, детонаційні методи. Проводяться дослідження в царині твердих мастильних матеріалів і антифрикційних покриттів, що забезпечують зменшення тертя і підвищення зносостійкості. До твердих мастильних покриттів належать тверді речовини: нітрид бору, графіт, хлориди, окисли металів, пластмаси ПТФЕ, поліаміди.

Висновки. Забезпечення експлуатаційної надійності і довговічності машин являється складним завданням, для вирішення якого необхідне проведення комплексу конструкторських, технологічних, експлуатаційних та організаційних заходів на всіх етапах життєвого циклу машини.

#### **Література**

1. Костецкий Б.И. Поверхностная прочность материалов при трении / Б.И.Костецкий, И.Г.Носовский, А.К.Караулов., Л.И.Бершадский, Н.Б.Костецкая., В.А.Ляшко., М.Ф.Сагач. – Киев: «Техніка», 1976. 296 с.
2. Костецкий Б.И. Задачи трибологии в машиностроении / Б.И.Костецкий. Вестник машиностроения. М.: 1989, №9. – С.9-14.



**УДК 621.43**

**В. Л. Куликівський, канд. техн. наук, доц.**

Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ВИСОКОМІЦНИХ СТАЛЕЙ**

**V. L. Kulykivskiy, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **INCREASING THE RELIABILITY AND DURABILITY PARTS OF HIGH- STRENGTH STEELS**

Високоміцні сталі застосовуються в технологічних процесах виготовлення високонавантажених відповідальних деталей (пальці, осі, болти, кривошипи), які працюють у важких умовах та під час великих знакозмінних навантажень. Вихід з ладу таких деталей на автотракторній техніці призводить до поломок та аварій. З метою підвищення міцності таких деталей, збільшення їх надійності та довговічності, широкого поширення в сучасному машинобудуванні і ремонті набули методи поверхневого пластичного деформування [1-3]. Основними методами поверхневого пластичного деформування є: обкатування роликми; зміцнення дробом, металевими щітками, що обертаються; алмазне вигладжування; ультразвукове зміцнення.

Переваги поверхневого пластичного деформування:

- під час обробки деталей відбувається зміцнення поверхневого шару, що дозволяє не порушити волокна металу та сприяє утворенню дрібнозернистої структури сплаву;
- відсутність шаржування оброблюваної поверхні абразивними частинками шліфувальних кругів та полірувальних паст;
- відсутність термічних дефектів;
- сприятлива мікрогеометрія обробленої поверхні (унаслідок обробки досягаються мінімальні параметри шорсткості поверхні);
- виникнення сприятливих стискаючих залишкових напружень у поверхневому шарі;
- плавне та стабільне підвищення мікротвердості поверхні.

Застосування методів поверхневого пластичного деформування деталей призводить до підвищення зносостійкості та межі витривалості виробів у середньому в 2–2,5 рази, а контактної міцності на 35–45 %.

У разі вибору методу обробки, необхідно враховувати експлуатаційні характеристики деталей, які визначають параметри якості їх поверхневого шару і конструктивні особливості. Оскільки в сучасній автотракторній техніці переважна більшість деталей має складний профіль зовнішньої поверхні, найбільш доцільним методом обробки є зміцнення дробом. Зміцнювальна обробка може проводитися за допомогою:

- дробометних пристроїв, оснащених відцентровим колесом, яке надає кінетичної енергії дробу;
- пневмодинамічних пристроїв пістолетного типу, принцип роботи яких базується на розгоні потоку дробинки за допомогою централізованої системи стисненого повітря.

Обробці дробом можуть піддаватися всі поверхні деталей, або ділянки концентраторів напружень. Компактність пристроїв місцевого зміцнення дозволяє використовувати методи під час обробки виробів без їх роз'єднання та демонтажу. Місцеве зміцнення, в деяких випадках, може виявитися значно продуктивнішим та дешевшим у порівнянні з об'ємною обробкою елементів. Варто відзначити, що



використання даних методів зміцнення за однакових режимів обробки, у якості способу відновлення деталей при ремонті, не завжди дозволить отримати бажаний, практичний результат.

Основним недоліком даної традиційної схеми зміцнення є складність своєчасної зміни режиму обробки з метою формування необхідних експлуатаційних якостей деталі. Окрім того, застосування однотипних режимів обробки часто призводить до явища перенаклепу в процесі зміцнення, під час якого сприятливі залишкові напруження стиснення зміщуються вглиб поверхневого шару деталі, а над ними утворюються залишкові напруження розтягування, що сприяє передчасному зниженню міцності виробу. Тому питання ефективності та доцільності повторного зміцнення деталей дробом під час ремонту і відновлення потребує всебічного розгляду. У зв'язку з цим, пропонується дослідження ефективності використання ударного зміцнення дробом на етапі відновлення деталей, які відпрацювали свій призначений ресурс. Загальна схема реалізації запропонованого методу зміцнення деталей представлена на рис. 1.

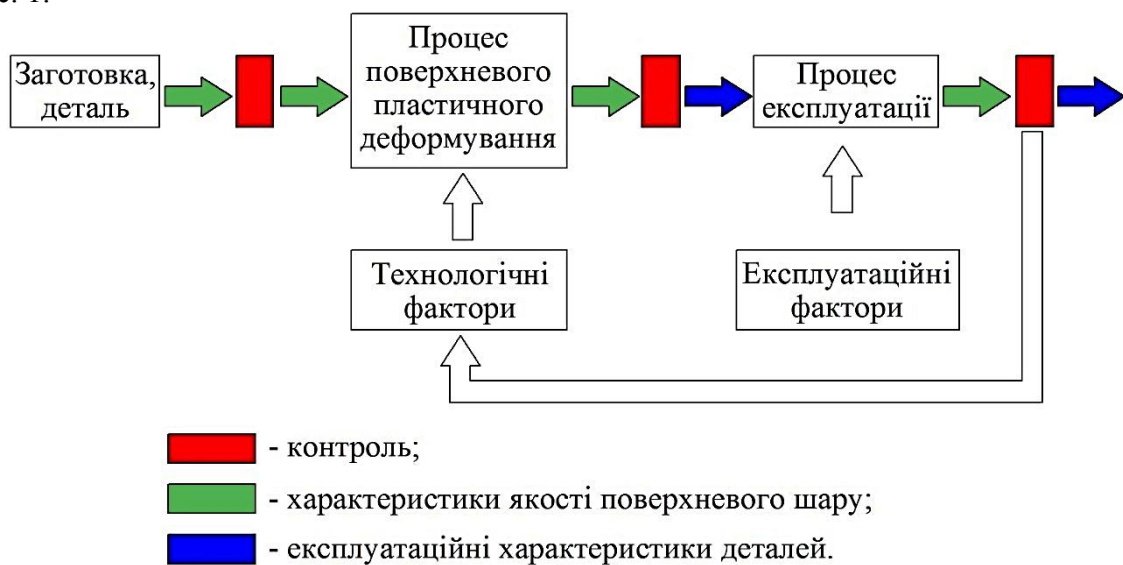


Рис. 1 – Схема реалізації процесу зміцнення під час виробництва та відновлення деталей після експлуатації за допомогою обробки дробом

Сутність запропонованого методу полягає в зміцненні деталей із високоміцних сталей дробом при виробництві на оптимальних режимах, що гарантують високий рівень міцності та повторної обробки під час відновлення елементів, з метою отримання необхідних для подальшої експлуатації властивостей і параметрів, які дозволяють підвищити ймовірність безвідмовної роботи та ефективний технічний ресурс виробів.

#### Література

1. Гайдамак О. Л., Матвійчук В. А. Підвищення довговічності деталей, що працюють при повторно-змінних навантаженнях. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2020. № 3 (98). С. 15–24.
2. Дудніков А. А., Дудник В. В., Біловод О. І., Іванкова О. В., Лапенко Т. Г. Зміцнення матеріалу деталей пластичним деформуванням. *Наукові нотатки*. 2019. Вип. 66. С. 94–97.
3. Одосій З. М., Шиманський В. Я., Піндра Б. В. Вплив зміцнюючої обробки поверхонь пластичним деформуванням на експлуатаційні властивості деталей машин. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. 2019. № 2 (47). С. 7–14.

**УДК 669.1:537.5**

**М.С. Стечишин, докт. техн. наук, проф., Н.М. Стечишина, канд. техн. наук,  
Н.С. Машовець, канд.техн.наук. доц.**

Хмельницький національний університет, Україна

## **БЕЗВОДНЕВЕ АЗОТУВАННЯ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ АУСТЕНІТНИХ НЕРЖАВЮЧИХ СТАЛЕЙ**

**M.S. Stechyshyn, Dr, Prof., N.M. Stechyshyna, Ph.D., N.S. Mashovets, Ph.D.,  
Assoc.Prof.**

### **HYDROGEN- FREE NITRIDING IN THE GLOW DISCHARGE OF AUSTENITIC STAINLESS STEELS**

Аустенітні нержавіючі хромонікелеві сталі типу 08X18H10, 12X18H10T широко використовуються у харчовій, хімічній промисловості для виготовлення деталей, що працюють в умовах корозійного впливу. Ці сталі мають високу корозійну стійкість, підвищені механічні характеристики, добре піддаються зварюванню, але мають схильність, особливо в розчинах хлориду натрію, до міжкристалітної корозії в результаті скупчення по границям зерен карбідів, сірки та інших домішок [1]. Суттєвим недоліком цих сталей є також невисока стійкість до зношування. Для підвищення зносостійкості часто використовують різні методи поверхневого зміцнення, у тому числі хіміко-термічну обробку (ХТО). Однак наявність пасивної плівки на поверхні, низький коефіцієнт дифузії і утворення шарів хімічних сполук, які є практично непроникними для дифузії, значно ускладнюють цю задачу [2]. Азотування нержавіючих сталей, у першу чергу в тліючому розряді, є найбільш розповсюдженим методом ХТО [3-5]. При цьому вплив азотування на зносостійкість порівняно мало вивчений.

Холоднодеформовані пластинчасті зразки сталі 08X18H10 азотували в установці ННВ-6.6-И1 в сумішах азоту та аргону різного складу. Температура обробки складала від 450 до 700 °С, тривалість від 1 до 50 годин. Перед азотуванням протягом 25-30 хв проводили очищення поверхні зразків катодним розпиленням при різниці потенціалів від 1100 до 1300 В. Фазовий рентгенівський аналіз виконували на установці «Дрон-3» у випромінюванні заліза. Розподіл основних легуючих елементів досліджували на аналізаторі «Самебах». Вміст азоту визначали на приладі ТС-300.

Зносостійкість азотованих зразків визначали в умовах, що імітують гідроабразивне зношування, характерне для деталей сільськогосподарського обладнання. Абразивним середовищем слугувала суспензія карборундової крихти з зерном від 0,2 до 0,5мм у 3-відсотковому розчині хлориду натрію.

Дослідження показали, що азотований шар складається з двох зон: нітридної і дифузійної (зони внутрішнього азотування). Загальна глибина азотованого шару закономірно зростає зі збільшенням тривалості обробки. Максимальна мікротвердість шару зростає із збільшенням тривалості азотування, але швидкість зростання мікротвердості після 10-12 год насичення азотом зменшується. Також зміна розподілу мікротвердості по глибині шару показала, що зі збільшенням тривалості обробки більше двох-трьох годин мікротвердість верхньої частини нітридної зони неперервно знижується. Підвищення температури обробки сприяє ще більшому падінню твердості.

Максимум твердості припадає на шар товщиною від 30 мкм при температурі азотування 450 °С і до 50 мкм при температурі азотування 630 °С, що відповідає межі нітридного шару з дифузійною зоною. При цьому мікротвердість становить від 6000 до 13000 Н/мм<sup>2</sup>. У напрямку до поверхні твердість знижується, досягаючи мінімальних значень від 500 до 700 Н/мм<sup>2</sup>. При цьому у нітридній зоні утворення пор розтріскування не спостерігалось.

Товщина нітридної зони досліджуваних зразків складала 30 мкм. Відносний вміст фаз оцінювали за інтегральною інтенсивністю ліній. У напрямі від поверхні вглиб нітридної зони вміст нітридів збільшується. Це найбільш характерно для нітриду CrN.

Випробування на гідроабразивне зношування показали, що порівняно з вихідним станом стійкість азотованої сталі 08X18H10 зросла у два рази. Для порівняння випробували зразки, вкриті електрохімічно твердим хромом товщиною 200 мкм. Гідроабразивна зносостійкість яких підвищилася приблизно в 1,2 рази.

**Висновки.** 1. Із збільшенням температури і тривалості азотування сталі 08X18H10 одночасно із зростанням товщини азотованого шару спостерігається падіння твердості верхньої частини нітридної зони до мінімальних значень від 500 до 700 Н/мм<sup>2</sup>. При цьому твердість плавно зростає до максимальних значень, характерних для границі нітридної та дифузійної зон.

2. Визначення концентрації азоту в азотованих зразках показало, що із зростанням товщини нітридної зони вміст азоту в ній знижується. Зниженню концентрації азоту сприяє збільшення тривалості і, особливо, температури обробки. Найбільш ймовірна причина цього – дисоціація азоту.

3. Лабораторні випробування на гідроабразивне зношування показали, що порівняно з вихідним станом зносостійкість азотованої сталі 08X18H10 зросла у два рази. Промислові випробування роторів центрифуг на збагачувальних фабриках підтвердили результати лабораторних досліджень.

### **Література**

1. Стечишина Н.М., Стечишин М.С., Машовець Н.С. Корозійно-механічна зносостійкість деталей обладнання харчових виробництв: монографія. – Хмельницький: ХНУ, 2022.-181с.
2. Стечишин М.С. Довговічність деталей обладнання харчової промисловості при корозійно-механічному зношуванні. Автореферат дисертації д.т.н. – Хмельницький, 1998. – 32 с.
3. Ионное азотирование феррито-перлитной и аустенитной сталей в газовых разрядах низкого давления / А. Д. Коротаев, С. В. Овчинников, А. Н. Тюменцев // ФХОМ. – 2004. – № 1. – С. 22–27.
4. Каплун В.Г., Каплун П.В. Ионное азотирование в безводородных средах. Хмельницький: ХНУ, 2015. – 215с.
5. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде / И. М. Пастух. – Харьков : ННЦ ХФТИ, 2006. – 364 с.

**УДК 620.193.1**

**М.С. Стечишин, докт. техн. наук, проф., О.В. Диха, докт. техн. наук, проф.,  
А.В. Мартинюк, канд. техн. наук, доц., Н.М. Стечишина, канд. техн. наук, доц.,  
В.В. Люховець, ст. викладач**  
Хмельницький національний університет, Україна

## **ЗНОСОСТІЙКІСТЬ АЗОТОВАНИХ ОТВОРІВ З ВІДНОСНО МАЛИМ ДІАМЕТРОМ**

**Stechyshyn M.S., Dr. Prof., Dykha O.V., Dr. Prof., Martynyuk A.V., Ph.D. Assoc,  
Stechyshyna N.M., Ph.D. Assoc. Lyuhovec V.V., Senior Lecturer**

### **WEAR RESISTANCE OF NITRODED HOLES WITH RELATIVELY SMALL DIAMETER**

Практично всі кінематичні пари тертя з поступальним рухом сільгоспмашин конструктивно підпадають під категорію отворів з відносно малим діаметром, тобто відношення довжини (глибини) отвору до його діаметрального розміру перевищує значення чотирьох. Цей показник, прийнятий в якості критерію геометричних співвідношень, обґрунтовується тим, що процес азотування подібних конструктивних елементів аналогічний за своєю природою розряду з пустотілим катодом. З теорії цього процесу відомо, що реально поле проникає всередину отворів на глибину не більше двох діаметральних розмірів [1]. Спроби азотувати подібні конструктивні елементи в тліючому розряді з постійним живленням тільки підтверджують теоретичні висновки, які наведені вище. Попереднім теоретичним обґрунтуванням можливості азотування внутрішніх поверхонь отворів з відносно малим діаметром може служити теза стосовно накачування іонів азоту у внутрішню порожнину отвору за рахунок ефекту їх руху по інерції в момент зміни напруги розряду аж до повного зникнення її у випадку циклічно-комутованого розряду (ЦКР) [2].

Експериментальні дослідження проводились на моделі, що являє собою пустотілий циліндр, в якому на різних відстанях від торця просвердлена серія радіальних отворів. В ці отвори вставляються взірці, виготовлені з різних сталей.

Наявність серії радіальних отворів створює можливість одночасного азотування взірців, виготовлених з різних сталей при однакових параметрах технологічного процесу, що суттєво прискорює експериментальні дослідження. Повна довжина моделі 400 мм, діаметр отвору 40 мм. Таким чином найбільший коефіцієнт відношення довжини отвору до його діаметра склав 10. Азотування зразків із сталі 45 проводилось на установці для безводневого азотування УАТР-1. В якості газового середовища використовувалась азотно-аргонова суміш із співвідношенням компонентів по об'єму 75 % азоту і 25 % аргону. Взірці встановлювались в радіальні отвори і утримувались там за рахунок певного натягу. Цим досягалась не тільки утримання взірців в отворах, але і також відсутність горіння в околі торців взірців при живленні розряду постійним струмом.

Параметри технологічного режиму представлені в таблиці 1. В режимі 1 використовувався циклічно-комутований розряд, в режимах 2 і 3 – постійне живлення.

На рисунку 1 показана зміна поверхневої мікротвердості модифікованого шару сталі 45 по висоті труби відповідно зі сторони внутрішніх торців при різних режимах азотування.

Таблиця 1 – Технологічні параметри азотування

Номер режиму	Температура, °С	Напруга, В	Тиск в камері, тор	Тривалість, години	Особливості режиму
1	560	730	1,2	6	ЦКР
2	560	730	1,2	6	Модель відкрита
3	560	730	1,2	6	Модель закрита

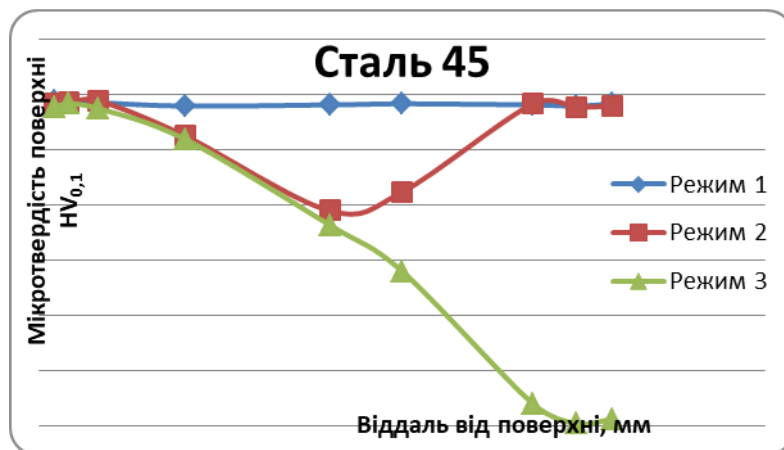


Рис.1 – Зміна мікротвердості по глибині азотованого отвору в трубі залежно від режиму зміцнення

Як видно із рис.1, при азотуванні в ЦКР (режим 1) поверхнева мікротвердість по висоті труби модифікованого шару сталі 45 відповідно зі сторони внутрішніх торців залишається постійною, а при азотуванні постійним струмом вона знижується і сягає мінімуму для зразків розміщених по центру труби (режим 2). Для режиму 3 (глухий отвір) поверхнева мікротвердість постійно знижується і для верхнього зразка досягає вихідної величини. Отримані рентгенограми підтверджують цей висновок.

Експериментальні дослідження зразків на зносостійкість проводились на універсальній машині для випробування матеріалів на тертя моделі 2168УМТ. Матеріал контртіла – сталь ШХ15 із твердістю основи HRC61; тиск у зоні контакту  $P = 16$  МПа; швидкість ковзання  $v = 0,1$  м/с; контрольований параметр – лінійний знос  $h$ , що визначався як зміна у результаті проходження ділянки довжиною  $l$  лінійного розміру взірця, виміряного по нормалі до поверхні тертя. Випробування проводили в режимі сухого тертя, яке характерне для багатьох деталей сільгоспмашин.

Результати трибологічних випробувань показали, що азотування в ЦКР є досить ефективним способом зміцнення внутрішніх поверхонь довгомірних отворів.

### Література

1. Москалев Б. И. Разряд с полым катодом / Б. И. Москалев. – М. : Энергия, 1969. – 184 с.
2. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде / И. М. Пастух. – Х. : Нац. научный центр «Харьковский физико-технический институт», 2006. – 364 с.

**УДК 621.7.019.74**

**В.В. Шанайда, канд. техн. наук, доц., В.В. Лазарюк, канд. техн. наук, доц.,**

**Р.А. Склярів, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СЛІДУ НА ПОВЕРХНІ СИЛІКАТНОГО СКЛА ПІСЛЯ ЙОГО УТВОРЕННЯ ЛАЗЕРНИМ ПРОМЕНЕМ**

**V. Shanaida, Ph.D., Assoc. Prof., V. Lazaryuk, Ph.D., Assoc. Prof.,**

**R. Sklyarov, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **STUDY OF THE MARK ON THE SURFACE OF SILICATE GLASS AFTER ITS FORMATION BY A LASER BEAM**

Активний розвиток нових технологій та методів обробки сприяє широкому застосуванню у конструкціях різних виробів не типових способів покриття поверхонь (металічні напилення та наплавлення; покриття пластичними матеріалами; формування поверхневих шарів із силікатних матеріалів, кераміки чи металокераміки тощо). Як відомо, силікатне скло вирізняється серед інших матеріалів своїми специфічними механічними, хімічними та іншими фізико-технічними характеристиками. Розробка ефективних методів його поверхневої обробки дозволить ефективно вдосконалювати конструкції вузлів тертя різноманітних механізмів та машин.

При проведенні лабораторних досліджень, в якості джерела лазерного випромінювання використано верстат MTech L640 із CO<sub>2</sub> лазерною трубою моделі RECI W2 з імпульсним режимом випромінювання (довжина хвилі 10,6 мкм; номінальна потужність 0,09 кВт), світловий монокулярний мікроскоп із підсвіткою, металографічний мікроскоп МИМ-10 та досліджувані взірці зі скла марки М1 (ДСТУ Б В.2.7-122-2003, ГОСТ 111-2014). Оброблені лазерним променем поверхні вивчали при оптичному збільшенні у 10-200 разів з використанням окуляра із розмірною шкалою.

Кожен взірець розміром 100x50x3 мм готували до обробки таким чином, щоб лазерний промінь був активований за 10 мм до взірця і забезпечували його перебіг на 7-10 мм поза його межами. Пропонований підхід дозволив уникнути такого суттєвого недоліку, як активний розпал лазерного променя вздовж лінії обробки по ширині взірця. Всі досліджувані взірці були розділені на групи. Першу групу склали взірці, які оброблені з різними швидкостями переміщення лазерної головки при постійній потужності лазерного променя; другу групу склали взірці на яких проводили обробку з однаковою швидкістю подачі лазерної головки та різною потужністю лазерного променя. Решта груп склали комбінації з регулюванням відстаней між слідами від лазерного променя та способами такого регулювання. Кожен слід від лазерного променя по ширині взірця досліджували щонайменше у двадцяти точках. Вимірювали глибину проплавлення; ширину борозни на поверхні та у найнижчій точці; якісний стан прилягаючого шару на поверхні та на дні борозни (разом 10 показників).

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

- використання лазерного випромінювання при потужності в діапазоні 10-25 Вт не залишає значимого результату на поверхні скла;
- використання лазерного випромінювання при потужності в діапазоні 75-90 Вт, в залежності від швидкості переміщення лазерної головки, може приводити до об'ємного руйнування досліджуваних взірців;
- зміна технологічних параметрів суттєво впливає на геометричний профіль борозни та стан прилягаючих поверхонь.

УДК 631.348

А.В. Бабій, докт. техн. наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХИСНОГО ФАРБОВОГО ПОКРИТТЯ КАРКАСУ ШТАНГИ ОБПРИСКУВАЧА

A. Babii, Dr., Assoc. prof.

### RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF THE PROTECTIVE PAINT COATING OF THE SPRAYER BAR FRAME

Ефективність виробництва сільськогосподарської продукції в значній мірі залежить від технічної справності засобів механізації, які обслуговують ці процеси. Механічні руйнування металевих елементів конструкцій є однією з найпоширеніших причин виходу з ладу сільськогосподарських машин.

Зародження та розвиток поверхневих тріщин металоконструкції спричинені багатьма чинниками. Серед них варто виділити динамічні навантаження елемента та слід особливу увагу зосередити, якщо цей елемент підданий дії корозії, оскільки процес його руйнування значно пришвидшується [1-3].

Об'єктом нашого дослідження виступає металевий каркас штанги сільськогосподарського обприскувача, який виконаний із сталі Ст3пс.

За попередніми дослідженнями встановлено, що незахищена поверхня сталі

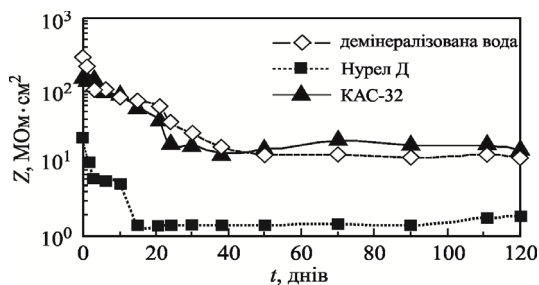


Рис. 1 – Кінетика імпедансу захисного фарбового покриття на сталі Ст3пс у корозійних середовищах за частоти змінного струму  $f = 0,2$  кГц

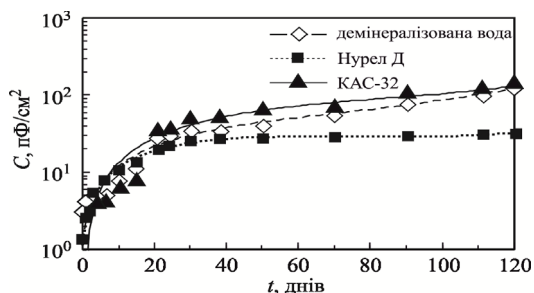


Рис. 2 – Кінетика ємності захисного фарбового покриття на сталі Ст3пс у корозійних середовищах за частоти змінного струму  $f = 0,2$  кГц

корозійне середовище мають співмірні характеристики, а їх опір знаходиться на рівні 2...15 МОм·см<sup>2</sup>. Кращі параметри імпедансу спостерігали для системи покриття-комплексне добриво; далі розміщувалась система покриття-демінералізована вода і, дещо нижче, покриття-насичений розчин інсектициду Нурел Д (рис. 1).



Тут слід зазначити, що опір зразків у перші 20 діб випробувань різко знижується, практично на порядок. Це характерно багатьом захисним покриттям і вказує на набухання шару фарби у водному середовищі. На проміжку від 20 до 120 діб опір захисних покриттів змінному струму, залишається практично на тому самому рівні, що засвідчує відсутність пошкоджень покриття впродовж тривалої експозиції за контакту з корозійним середовищем. Незважаючи на незначні відмінності в абсолютній величині на проміжку від 20 до 120 діб для всіх трьох систем покриття-середовище, опір залишається сталим, що свідчить про відсутність підплівкової корозії і підтверджує високі захисні властивості нанесеного покриття.

Також високі захисні характеристики заводського фарбового покриття підтверджуються і порівнянням кінетичних залежностей (рис. 2) ємності за контакту з демінералізованою водою та насиченими розчинами інсектициду Нурел Д та рідкого комплексного добрива КАС-32. У перші 20 днів ємність зразків інтенсивно зростає. Такий швидкий ріст спричинений проникненням складових середовища в мікропори фарбового покриття. Далі ємність стабілізується з тенденцією до незначного приросту. Вищі значення має захисне покриття у рідкому комплексному добриві, дещо нижчі – у демінералізованій воді, а найнижчі – у насиченому розчині інсектициду.

Ємність покриття практично не залежить від частоти змінного струму в інтервалі 0...120 днів, що є основною вимогою до них [5]. Проведені довготривалі імпедансні дослідження підтверджують високі захисні властивості таких покриттів у досліджуваних корозійних середовищах.

Крім того, встановлено чітко виражену обернено пропорційну залежність опору захисного фарбового покриття від частоти, що свідчить про його високі захисні характеристики. Пористість покриття незначна, тому середовище практично не проникає до металевої поверхні.

Отримані результати випробувань опору та ємності засвідчують якість та довговічність захисного фарбового покриття нанесеного в умовах виробництва. Водночас, слід відмітити, що наскрізні дефекти легко утворюються у захисних лакофарбових покриттях внаслідок механічних пошкоджень, проникненням середовища у покриття та його хімічної деструкції. Після цього доступ води, кисню та корозійно активних іонів до металевої поверхні значно полегшується. У місці пошкодження розвивається локальна корозія, а бар'єрні властивості покриття перестають бути визначальним чинником його захисної дії.

### **Література**

1. Oleksandr Andreykiv, Andrii Babii, Iryna Dolinska, Nataliya Yadzhak, Mariia Babii. Residual lifetime prediction of field sprayer booms under the action of manoeuvre loading and corrosive environment. *Procedia Structural Integrity*. Volume 36, 2022, P. 36-42.
2. Babii A., Babii M. Taking impact of oscillation amplitude of bearing frame sections of boom sprayers into account on its resource. *Scientific Journal of TNTU*. 2019. Vol. 95. No. 3. P. 97–104.
3. Бабій А. В. Аналіз параметрів штангового обприскувача з метою збільшення його продуктивності. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine, 2019. Vol. 10. No. 4. С. 51–55.
4. Leshchak R.L., Babii A.V., Barna R.A., and Syrotyuk A.M. Corrosion resistance of steel of the frames of boom sprayers. *Materials Science*. Vol. 56. No. 3. November, 2020. P. 425–431.
5. Syrotyuk A.M., Babii A.V., Barna R.A., Leshchak R.L., Marushchak P.O. Corrosion-Fatigue Crack-Growth Resistance of Steel of the Frame of a Sprayer Boom. *Materials Science*, 2021, 56(4), P. 466–471.

**УДК 621.891**

**А.Б.Гупка, канд.техн.наук, доц., І.Т. Ярема, канд.техн.наук, доц.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### **ТРИБОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

**A.B. Gupka Ph.D, Assoc. Prof., I.T. Yarema, Ph.D, Assoc. Prof.**

#### **TRIBOLOGICAL ASPECTS OF RELIABILITY ASSESSMENT OF AGRICULTURAL EQUIPMENT**

Трибологія, як і інші галузі науки і техніки знаходиться в неперервному розвитку. В роботі розглянута найменш досліджена в триботехніці проблема перехідних процесів тертя, які в значній мірі визначають надійність і довговічність машин в реальних умовах експлуатації. Теоретичні основи перехідних процесів тертя тільки формуються. Тому розглянуто тільки методологічну сторону даної проблеми для вирішення практичних задач. Закономірності перехідних процесів являються суттєво кінетичними. Для них найбільш важливо враховувати термодинамічні обмеження.

Закономірності цих процесів можуть бути встановлені тільки при системному структурно-енергетичному підході, так, як зумовлені вони узгодженням поведінки всіх елементів системи тертя і структурою (спектром) силового навантаження і робочого середовища. Перехідні процеси тертя в машинах протікають в початковий період їх експлуатації (припрацювання), в режимах пуск-зупинка-реверс, динамічного (ступінчастого) характеру силового навантаження, зміні температури. У багатьох випадках при роботі важконавантажених пар тертя ці процеси зумовлюють основну частку зношування і пошкоджуваності, хоча їх тривалість, у часі в порівнянні із періодом експлуатації машин, як правило незначна. В режимі перехідного тертя та зношування працюють елементи багатьох кінематичних пар тертя, в той час, як сама пара тертя навантажується стаціонарно. Практично будь-яка пара тертя, яка працює періодично із коефіцієнтом взаємного перекриття  $K_{вп} > 1$ , працює в режимі перехідних процесів [1].

На даний час відсутні прості та коректні методи розрахунку і управління тертям та зношуванням, не достатньо обґрунтовані і стандартизовані методи дослідження, критерії оцінки машини тертя (трибометри). Практично більшість прикладних задач триботехніки вирішують емпіричним шляхом з великою затратою часу, матеріалів, коштів і не завжди оптимально. Для дослідження механізмів поверхневого руйнування елементів пар тертя в режимі перехідних процесів необхідна розробка принципово нових методів і приладів, кінетичних критеріїв оцінки, методів моделювання структурного стану поверхонь тертя шляхом врахування масштабного фактору ( $K_{вп}$ ). Враховуючи вище перелічене, запропоновано конструкцію трибометра для дослідження перехідних процесів в зоні фрикційного контакту важконавантажених пар тертя сільськогосподарських машин [2].

Контртіло здійснює обертовий рух (одно направлений або реверсивний) із плавним характером (рис. 1) зміни частоти обертання в горизонтальній площині. Дана схема контакту оптимальна як для візуального нагляду за досліджуваними процесами, так і для подачі мастильного матеріалу в зону тертя, форма робочих поверхонь тертя зручна для подальших металографічних досліджень їх структурного стану.

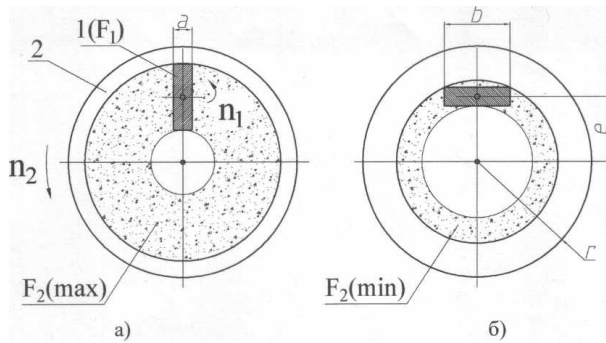


Рис. 1. - Схема контакту пари тертя та зміни  $K_{вп}$  а)  $K_{вп} - \min$ , б)  $K_{вп} - \max$ .  $n_1$  - частота обертання зразка 1,  $n_2$  - частота обертання контртіла 2; а, b – розміри зразка 1, e – ексцентриситет, r - радіус контртіла 2.

Величина  $K_{вп}$  по запропонованій методиці визначається із співвідношення

$$K_{вп} = F_1/F_2 \quad (1)$$

Широкий цикл проведених лабораторних досліджень, одержані експериментальні дані, їх системний аналіз з позицій структурно-енергетичної теорії тертя та зношування дозволили побудувати параметричну модель дослідження перехідних процесів в зоні контакту важконавантажених пар тертя (рис. 2).

Створений науково-дослідний комплекс дозволяє коректно планувати та грамотно проводити лабораторні трибологічні дослідження для вирішення ряду основних практичних задач трибології, створення банку трибологічних даних.

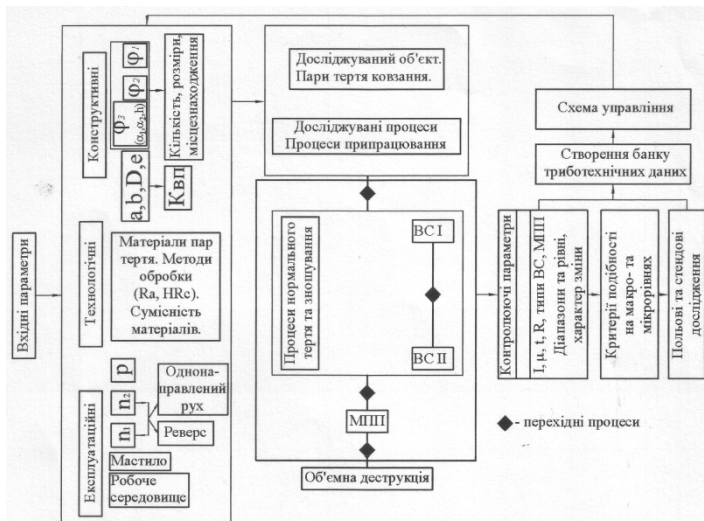


Рис. 2. – Параметрична модель дослідження перехідних процесів в зоні фрикційного контакту важко навантажених пар тертя.

Запропоновані ідеї зреалізовані при вирішенні ряду практичних задач: прискороного припрацювання поверхонь тертя для одержання оптимальної експлуатаційної шорсткості поверхні тертя, створення в зоні фрикційного контакту умов для реалізації режиму металоплакування.

Наведені дані - узагальнені для ряду різних матеріалів пар тертя, мастильних середовищ, вихідних значень шорсткості поверхні і характеристик вторинних структур, силових параметрів навантаження (P, V). Для порівняння дослідження проводились, як на серійних машинах тертя, так і на запропонованому трибометрі.

### Література

1. Поверхностная прочность материалов при трении. // Под ред Б.И. Костецкого. - Киев: Техника, 1976. - 292 с.
2. А.с. 1490593, СССР, МКИ G01N3/56. Способ испытания на трение и износ пары диск-палец. Б.И. Костецкий, Б.В. Гупка и др., заявлено 04.12.1987, опубл. 30.06.1989. Бюл. №25. - 5 с.

**УДК 669.1:537.5**

**М.В. Лук'янюк, канд. техн. наук, доц., М.С. Стечишин, док. техн. наук, проф.**  
Хмельницький національний університет, Україна

## **ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН АЗОТУВАННЯМ В ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ**

**M.V. Lukyaniuk, Ph.D., Assoc. Prof, M.S. Stechyshyn, Dr., Prof.**

### **INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE WORKING BODIES OF SOIL PROCESSING MACHINES BY NITRIDATION IN THE IGNITION DISCHARGE**

В аграрному виробництві широко застосовуються різноманітні ґрунтообробні машини робочі органи яких, взаємодіючи з ґрунтом, інтенсивно зношуються.

Проблемі підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин присвячена велика кількість наукових праць [1, 2, 3]. Результати досліджень вказують на доцільність подальшого пошуку більш ефективних методів підвищення довговічності застосуванням прогресивних методів зміцнення ріжучих елементів.

Нами досліджувалися робочі органи ґрунтообробних машин, а саме: дискові борони типу «Ромашка», лемеші і долота плугів з метою підвищення їх зносостійкості. Було встановлено що вони виготовлені з наступних матеріалів: дискові борони – сталь 9Х18, лемеші зі сталі 9ХС, а долота зі сталі 9ХС, з наплавкою зі сталі 7ХФ.

Дослідження проводилися як на зразках, так і на робочих органах, в роботі.

Зразки досліджувалися на зносостійкість з метою підбору параметрів азотування для досягнення оптимальних характеристик модифікованого поверхневого шару.

Безводне азотування в тліючому розряді (БАТР) зразків та робочих органів проводились на установці ИПАС-63, розробленій і виготовленій в Подільському науковому центрі Хмельницького національного університету.

Досліджувалась кінетика зміни твердості по глибині азотованого шару в залежності від параметрів азотування. Як відомо, глибина азотованого шару від температури носить параболічну залежність і через 4 - 6 год. досягає максимуму [4].

Максимальна мікротвердість на зразках була отримана при температурі 580°С. З метою недопущення відпуску робочих органів, температуру було обмежено до 560° С.

Дослідженнями встановлено: глибина азотованого шару для сталей 9Х18, 9ХС та 7ХФ максимальна при вмісті аргону в суміші 60-80 %, об. і тиску 180-230 Па [5].

Було прийнято: середовище –75%N<sub>2</sub>+25%Ar; температура азотування - 560°С; тиск у розрядній камері – 200 Па; тривалість азотування – 6 годин.

Після проведення БАТР було отримано поверхневий шар товщиною 120...150 мкм. з характеристиками що приведені в табл.1 що опирається на пружну основу (гартовану сталь після низько-температурного відпуску, отриманого в процесі азотування).

Таблиця 1 Характеристики матеріалів робочих органів

№/п	Робочий орган	Матеріал	Твердість HRC/HV <sub>0,1</sub>	
			неазотованих	азотованих
1	Дискова борона	9Х18	50/450	40/800
2	Леміш плуга	9ХС	50/360	42/650
3	Долото	9ХС	50/440	38/650

Мікроструктурний та рентгеноструктурний аналізи азотованого шару показали, що він складається з нітридної зони товщиною до 10 мкм, утвореної нітридами заліза

$Fe_2N$ ,  $Fe_3N$  та  $Fe_4N$ . На поверхні нітридної зони утворюється  $\epsilon$ -фаза – твердий розчин на базі нітриду  $Fe_2N$ , яка має високу твердість, підвищений опір зношуванню, високу стійкість корозії, але разом із тим і більшу крихкість, а внутрішня частина нітридної зони є  $\gamma'$ - фазою – твердим розчином на базі нітриду  $Fe_4N$ .

Під нітридною знаходиться зона внутрішнього азотування,  $\alpha$ - фаза, яка і є основною частиною азотованого шару, що характеризується достатньою пластичністю та зносостійкістю, із поступовим зменшенням твердості в глибину до матриці, рис. 1.

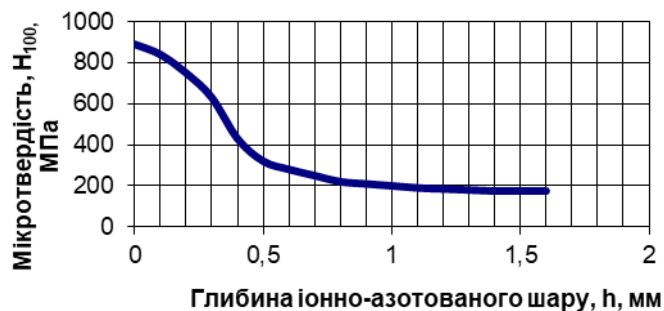


Рис. 1 – Характер розподілу мікротвердості по глибині азотованого шару

Далі модифіковані та не модифіковані робочі органи (дискові борони, лемеші і долота плугів) були встановлені на відповідних ґрунтообробних машинах та випробовувалися в виробничих умовах на полях підприємства СТЗОВ «Гарант».

В процесі випробовувань фіксувалася зміна розмірів ріжучих елементів по мірі їх стирання та радіус затуплення ріжучого леза. Результати проведених випробувань показали підвищення зносостійкості азотованих робочих органів ґрунтообробних машин порівняно з не азотованими в 1,3...1,4 раза.

**Висновки.** Результати випробувань підтвердили підвищення зносостійкості азотованих робочих органів ґрунтообробних машин в порівнянні з неазотованими в 1,3...1,4 раза, що свідчить про доцільність застосування безводневого азотування в тліючому розряді для азотування робочих органів ґрунтообробних машин, а також пошук нових режимів БАТР.

#### Список літератури

1. Бобрицький В.М. Підвищення зносостійкості різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин: автореф. дис. канд. тех. наук: 05.02.04. Київ, 2007. 20 с.
2. Шкрегаль О.М. Підвищення довговічності робочих органів культиваторів. Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва: вісник ХНТУСГ. Харків:ХНТУСГ, 2013. Вип.139. С. 168 – 173.
3. Аулін, В. В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами : монографія / В. В. Аулін, А. А. Тихий. – Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2017. – 278 с.
4. Лахтин Ю. М., Коган Я. Д. Структура и прочность азотированных сплавов. М.: Металлургия, 1992. 176 с.
5. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде. Харьков: ННЦ ХФТИ, 2006. 364 с.

**УДК 678.67.03**

**О.Д. Деркач, к.т.н., доц., Д.О. Макаренко, к.т.н., доц., Є.С. Муранов,**

**В.О. Павлюченко, Д.І. Крутоус**

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

### **ВПЛИВ ГРАФІТУ НА ВЛАСТИВОСТІ ВТОРИННОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ**

**O.D. Derkach, Ph.D., Assoc. Prof., D.O. Makarenko, Ph.D., Assoc. Prof.,**

**Ye.S. Muranov, V.O. Pavliuchenko, D.I. Krutous**

### **THE INFLUENCE OF GRAPHITE ON THE PROPERTIES OF SECONDARY POLYETHYLENE**

Широке застосування пластиків в промисловості і побуті та незначний термін їх служби, призвели до накопичення значного обсягу відходів такого типу не тільки на звалищах, а й морях та океанах [1]. Найбільш розповсюдженими полімерними матеріалами, що набули широкого вжитку в багатьох сферах використання є поліетилен. Термін повного розкладання пластикових відходів у природньому середовищі може сягати від декількох десятків до сотні років [2]. Саме тому, актуальним завданням сьогодення є повторне використання відходів пластиків. Науковий інтерес авторів полягав у використанні вторинної полімерної сировини в якості конструкційних матеріалів. Повторна переробка – рециклінг – таких матеріалів, зазвичай, призводить до зниження їх фізико-механічних, міцнісних та інших характеристик і властивостей. В цьому аспекті, існує необхідність вивчення впливу технологій переробки на їх характеристики. Як правило, для використання полімерів, як конструкційних матеріалів, в їх структуру вводять наповнювачі. Одним із ефективних модифікаторів характеристик та властивостей полімерних композитів є графіт. Тому, в якості матриці обрали надвисокомолекулярний поліетилен низького тиску (як найбільш розповсюджений забруднювач), а в якості наповнювача – порошкоподібний графіт.

Введення графіту в структуру вторинного поліетилену виконували на двокомпонентному екструдері ЕКГ-45. Екструдер мав два бункери з дозаторами та чотири зони нагріву. Кількість уведеного в матрицю наповнювача становила 2 мас. %, 3 мас. % та 4 мас. %. Дослідження фізико-механічних характеристик одержаних матеріалів при розтягу, виконували на машині FP-100/1, згідно ГОСТ 11262-80 [3]. Визначення трибологічних властивостей виконано на машині для дослідження тертя та зношування СМТ-1 за схемою «диск-колодка» за методикою [4]. Режими дослідження наведені в табл. 1. Мікротвердість матеріалів досліджували за Шором, шкала D (метод вдавлювання).

Таблиця 1 – Режими дослідження трибологічних властивостей матеріалів на основі вторинного поліетилену

Показник	Рівень		
	-1	0	+1
Тиск P, МПа	0,5	0,75	1
Швидкість ковзання V, м/с	0,4	0,45	0,5

Отримані результати впливу концентрації графіту мас. % на характеристики вторинного поліетилену при розтягу (табл. 2) свідчать, що введення графіту в кількості 2 мас. %, в структуру вторинного поліетилену, призводить до помірного зростання міцнісних характеристик отриманого композиту. Встановлено, що напруження міцності та величина відносного видовження при розриві зростають, у порівнянні з

ненаповненим вторинним поліетиленом, на 7,7 % та 19,9 % відповідно. Введення ж графіту в кількості, більшої 2 % мас. призводить до зменшення досліджуваних показників.

Таблиця 2 – Характеристики вторинного поліетилену наповненого графітом

Вміст графіту, мас. %	Відносне видовження, %		Напруження міцності, МПа		Мікротвердість (за Шором D)
	при максимальному навантаженні, $\epsilon_{\max}$	при руйнуванні, $\epsilon_p$	при максимальному навантаженні, $\sigma_{\max}$	при розриві, $\sigma_p$	
0	18,73	11,7	23,0	297,2	58,1
2	18,95	12,6	23,7	356,4	61,8
3	18,44	12,0	22,0	268,4	63,0
4	18,12	11,4	20,4	174,6	64,1

Встановлено, що введення графіту в структуру вторинного поліетилену призводить до підвищення мікротвердості. Це може бути пов'язано із високою твердістю самого наповнювача (графіту), рівномірно розподіленого в структурі матриці. Підвищення ж концентрації графіту призводить до поступового зростання величини мікротвердості (табл. 2).

Таким чином, можна рекомендувати введення графіту, в структуру вторинного поліетилену, в кількості, що не перевищує 2 мас. %.

Дослідження величини зносу при терті без мащення по сталевому контртілу, виконували для чистого вторинного поліетилену та поліетилену, наповненого 2 мас. % графіту. Дослідження виконані відповідно до режимів наведених в табл. 1.

Встановлено, що величина зносу зразків, за обраних режимів тертя, не має прямої залежності від тиску або лінійної швидкості. За наведених вище режимів тертя та шляху тертя 3000 м, величина зносу була однаковою і не перевищувала 0,0002 г (0,015 % від маси) для всіх досліджуваних матеріалів. Температура в зоні тертя не перевищувала 69 °С. Підвищення лінійної швидкості чи тиску, вище зазначених в табл. 1 значень, призводить до збільшення температури в зоні тертя до 72...73 °С, що є критичним для поліетилену та призводило до катастрофічного зносу зразків.

Таким чином, для використання в механізмах і машинах, які працюють в умовах тертя за критерієм  $PV \leq 0,5 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$ , можна рекомендувати введення 2 % мас. графіту в структуру вторинного поліетилену. Отриманий полімерний композит забезпечує працездатність за умови, якщо тиск не перевищує 1 МПа, а лінійна швидкість до 0,5 м/с. Уведення графіту в кількості до 2 % мас. дозволить стабілізувати і помірно підвищити міцнісні характеристики одержаного матеріалу, у порівнянні з ненаповненим поліетиленом.

### Література

1. Баранова, А., Новожилова, Т., Літовка, А., & Білоусов, М. Проблема забруднення світового океану пластиковими відходами. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях, (2(12), 2022, С. 69–73. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2022.02.10>
2. Скільки років розкладаються різні види сміття. <https://gannivskagromada.gov.ua/news/1595569993>
3. ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение [Текст]. – Введ. 1980–12–01. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – IV, 14 с.
4. Деркач, О.Д. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів: Дис. канд. техн. наук: 05.05.11. – Тернопіль, 2006. – 182с.



**УДК 621.793.927.7**

**Ч. Пулька д.т.н., проф., В. Сенчишин, к.т.н., Віт. Сенчишин, аспірант**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІНДУКЦІЙНОГО НАПЛАВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН**

**Ch. Pulka, Dr. Prof., V. Senchyshyn, Ph.D., Vit. Senchyshyn**  
**WAYS OF IMPROVING THE TECHNOLOGY OF INDUCTION SURFACING OF SOIL PROCESSING MACHINE PARTS**

В основі індукційного наплавлення лежить нагрівання і розплавлення присадного матеріалу під дією струмів високої частоти. Цей процес являється найбільш простим та технологічним при зміцненні робочих органів ґрунтообробних машин.

Виходячи із необхідності виробництва він постійно вдосконалюється в наступних напрямках: підвищення продуктивності процесу та зносостійкості наплавленого металу, оптимізації режимів індукційного наплавлення з економією електроенергії, вдосконалення конструкції індукторів і нагрівальних систем при наплавленні дисків довільних діаметрів і розмірів зони наплавлення.

З метою підвищення продуктивності процесу наплавлення дисків луцильників, дисків сошників зернових сівалок, дисків копачів та ножів гичкорізів була запропонована технологія одночасного наплавлення по всій робочій поверхні з використанням двовиткового кільцевого індуктора. В цьому випадку продуктивність процесу наплавлення підвищилась в 4-5 раз в порівнянні з існуючим неперервно-послідовним способом наплавлення та підвищилась зносостійкість наплавленого шару металу відповідно з 2.2 до 2.6.

З метою економії електроенергії проведена оптимізація режимів підводу потужності до індуктора. Показано, що одночасне наплавлення дисків по всій робочій поверхні можна проводити як при сталій питомій потужності за певний проміжок часу так і при змінній (за енергозберігаючим законом) за той же проміжок часу, що і при постійній. Це дозволяє досягти економії електроенергії на 15-25 % в залежності від застосовуваних наплавлювальних матеріалів. Однак дана технологія має обмеження у застосуванні в зв'язку із обмеженням діаметра дисків і ширини зони наплавлення.

Також, для економії електроенергії була запропонована технологія з використанням нагрівальної системи індуктор, тепловий та електромагнітний екрани (ІТЕЕ). Застосування даної технології при наплавленні дисків ґрунтообробних машин дозволяє додатково досягти економії електроенергії на 12...14 %, а також підвищити стабільність товщини шару наплавленого металу на 10...15 % і зменшити час наплавлення з 32с до 22с.

З метою підвищення ефективності технології індукційного наплавлення та застосовуваних наплавлювальних матеріалів, запропоновано застосування додаткових технологічних операцій в процесі наплавлення, а саме: горизонтальну і вертикальну вібрації, а також обертово-поступального переміщення в горизонтальній площині відносно вертикальної осі диска в момент плавлення порошкоподібного твердого сплаву.

Застосування запропонованих технологічних прийомів дозволяє оптимізувати мікроструктуру наплавленого металу та підвищити зносостійкість наплавлених деталей приблизно в 1,3 – 1,5 рази при застосуванні одного і того ж наплавлювального матеріалів. Це дозволяє підвищити ефективність індукційного наплавлення та розширити можливості застосування існуючих наплавлювальних матеріалів з урахуванням умов роботи наплавлених деталей.

**УДК 621.893**

**О.С. Кабат, к.т.н., доц.<sup>1</sup>, Ю.В. Бойко.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>-Український державний хіміко-технологічний університет, Україна

<sup>2</sup>-Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

## **ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**O.S. Kabat, Ph.D., Assoc.<sup>1</sup>, Yu.V. Boyko<sup>2</sup>**

## **POLYMER COMPOSITE MATERIALS FOR FRICTION NODES HIGH-PERFORMANCE EQUIPMENT**

Розвиток науки і техніки тісно пов'язаний із використанням великої кількості високопродуктивного обладнання.

Відомо [1], що величина витрат на ремонт і технічне обслуговування обладнання може у кілька разів перевищує його вартість і витрати на заміну та відновлення вузлів обладнання суттєво збільшуються.

Дослідження закономірностей експлуатації високопродуктивного обладнання [2] показує, що більша їх частина втрачає працездатність в результаті зносу окремих рухомих деталей у вузлах тертя.

Сучасні дослідження в галузі матеріалознавства [3,4] свідчать про актуальність використання в якості основи для виготовлення деталей вузлів тертя полімерних матеріалів. Відомо [5], що вони здатні забезпечувати високий рівень міцності та стійкості до дії навколишнього середовища.

Із полімерних матеріалів, які використовуються у вузлах тертя, найкраще себе зарекомендували матеріали на основі фторполімерів та ароматичних поліамідів. Деталі з них можуть використовуватися у вузлах тертя при навантаженнях до 20 МПа та температурах до 300°C. Нами були розроблені полімерні композиційні матеріали на основі цих полімерів, які наповнені органічними та неорганічними волокнами різної морфології та структури. Також були отримані полімерні композиційні матеріали, які за своїми міцнісними властивостями наближаються до низьковуглецевих сталей (їх напруження при межі текучості при стисканні та твердість досягають 240 та 210 МПа відповідно). При цьому конструкційні елементи, які виготовляються з таких матеріалів, можуть працювати при температурах до 290°C, а покриття при температурах до 350°C зберігаючи при чому необхідний рівень надійності та довговічності. Слід відмітити, що розроблені матеріали на основі фторполімерів та ароматичних поліамідів забезпечують низькі значення коефіцієнту тертя (до 0,1) та інтенсивності зношування (до  $2 \times 10^{-9}$  м/м) при фрикційній взаємодії із сталлю при терті без змащування. Це дозволяє використовувати деталі з розроблених матеріалів у вузлах тертя високопродуктивного обладнання.

### **Література**

1. McLinn J. *Mechan. Design Reliabil. Handbook*: -, Minnesota, USA. – 2010
2. Закалов, О.В. *Основи тертя і зношування в машинах*, Терн.: ТНТУ, 2011.
3. Kabat, O. *Determ. the influence of the filler on the propert. of struct. thermal-resist. polym. materials based on phen. C1* [Text]/O. Kab., D. Makar., O. Der., Y. Mur.//*East-Europ Jour.*.– 2021.– № 6 <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.243100>
4. Чигвинцева, О.П. *Изучение трибологич. свойств органо-пл. на основе. фенилон С-1* [Текст]/О.П. Чигв., О.С. Каб, Ю.В. Бойк. // *Наук. Нот.*– 2019
5. Kabat, O. *Polymer. comp. Mater/ of tribotec. purp. with a high level of physic, mechanic. propert.* [Text]/O. Kab., V. Syt., O. Derk., K. Suk.//*Chem.&Chem.Tech.*.–2021, <https://doi.org/10.23939/chcht15.04.543>

**УДК 66.017**

**О. С. Кабат Dr, I. I. Пікула, аспірант**

ДВНЗ “Український Державний Хіміко -Технологічний Університет”, Україна

## **ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ У ВИРОБИ ФТОРПОЛІМЕРІВ**

**Dr O. S. Kabat , I. I. Pikula.**

### **TECHNOLOGY OF PROCESSING FLUOROPOLYMERS INTO PRODUCTS**

Сучасні машини і механізми працюють при високому рівні навантажень, швидкостей ковзання і температур, що негативно впливає на їх надійність та довговічність. До вузлів, які мають найбільший вплив на ці параметри відносяться вузли тертя [1]. Для покращення рівня їх надійності та довговічності використовуються сучасні матеріали на основі полімерів [2].

Одни з найбільш розповсюджених полімерів, що здатні працювати у вузлах тертя відносяться матеріали на основі фторполімерів [3]. Унікальний рівень властивостей дозволяє використовувати їх у вузлах тертя, які працюють без змащування, зберігаючи при чому невисокі значення коефіцієнту тертя до 0,2 та інтенсивності лінійного зношування до  $20 \times 10^{-9}$  м/м.

Із фторполімерів для подальших досліджень були вибрані матеріали на основі полівінілденфториду та кополімеру тетрафторетилену з етиленом.

Полівінілденфторид має високий рівень механічної міцності, хімічної й радіаційної стійкості, твердості та трибологічних властивостей. Це дозволяє використовувати його у вузлах тертя машин і механізмів, що працюють при високому рівні навантажень у агресивних середовищах.

Кополімер тетрафторетилену з етиленом відрізняється високою механічною міцністю, твердістю, жорсткістю, гарним рівнем трибологічних властивостей, але має нижчі значення термічної- та хімічної стійкості у порівнянні із полівінілденфторидом.

Для обох полімерів була розроблена оптимальна методика (з точки зору фізико-механічних та теплофізичних властивостей) їх переробки у вироби.

Нами були знайдені оптимальне навантаження (для полівінілденфториду – 20 МПа, для кополімеру тетрафторетилену з етиленом – 20 МПа) та час витримки (для полівінілденфториду – 3 хв, для кополімеру тетрафторетилену з етиленом – 1 хв) для формування брикетів із дисперсних вихідних полімерів на основі полівінілденфториду та кополімеру тетрафторетилену з етиленом. Відповідно до значень густини, мікротвердості та напруження при межі текучості при стисканні були визначені оптимальні температури переробки (для полівінілденфториду -  $190^{\circ}\text{C}$ , для кополімеру тетрафторетилену з етиленом –  $260^{\circ}\text{C}$ ), тиск при пресуванні (для полівінілденфториду – 20 МПа, для кополімеру тетрафторетилену з етиленом – 40 МПа) та час витримки у пресформи (для полівінілденфториду – 5 хв на 1 мм виробу, для кополімеру тетрафторетилену з етиленом – 5 хв на 1 мм виробу) при переробці полімерів у вироби.

### **Література**

1. Закалов, О.В. Основи тертя і зношування в машинах: Навчальний посібник / О.В. Закалов, І.О. Закалов. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 322 с.
2. Kabat, O. Polymeric composite materials of tribotechnical purpose with a high level of physical, mechanical and thermal properties [Text] / O. Kabat, V. Sytar, O. Derkach, K. Sukhyu // Chemistry & Chemical Technology. - 2021. – Vol. 15 (4). – P. 543-550  
<https://doi.org/10.23939/chcht15.04.543>
3. J.G. Drobny, Applications of fluoropolymer films: Properties, processing, and products, Elsevier Science, 2020

УДК 362.4

Н.І. Хомик, к.т.н., доцент, Т.А. Довбуш к.т.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

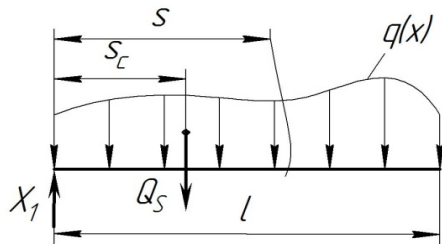
## ОБГРУНТУВАННЯ СИЛОВИХ ФАКТОРІВ НАВАНТАЖЕНОСТІ ПРУТКОВИХ ТРАНСПОРТЕРІВ

N. I. Khomyk, Assoc. Prof, T.A. Dovbush, Ph.D.; Assoc. Prof

## JUSTIFICATION OF STRENGTH FACTORS OF THE LOAD ROD TRANSPORTERS

Транспортування коренеплодів прутковими транспортерами носить повторно-періодичний характер. Нерівномірно-розподілене навантаження у поперечно-поздовжній площині на полотно транспортера можна подати у вигляді імпульсного навантаження. Розрахункову модель за шириною транспортера, залежно від кріплення тримких елементів (прутків) до тягових елементів, подано з певним допущенням: кріплення з одного боку вважається жорстким защемленням, з протилежного боку – одна шарнірна опора (рисунок 1).

Для визначення внутрішніх силових факторів один раз статично невизначної системи, якою є розрахункова модель транспортера, застосуємо модифікований метод мінімуму потенціальної енергії деформації системи [1, 2, 4].



- функція інтенсивності навантаження розподіленого за шириною пруткового транспортера;
- координати центра ваги точки прикладання рівнодійної сили  $Q_S$

Рис. 1 – Схематизація розрахункової моделі за шириною транспортера

Координату центра ваги точки прикладання рівнодійної сили  $Q_S$  визначаємо так

$$S_C = S - \frac{\int_0^S q(S) \cdot S \, dS}{\int_0^S q(S) \, dS}. \quad (1)$$

Функція згинальних моментів

$$M(S) = X_1 \cdot S - M_S(q). \quad (2)$$

де  $M_S(q)$  – функція згинального моменту від навантаження  $q(S)$

$$M_S(q) = Q_S \cdot (S - S_C) = \int_0^S q(S) \, dS \cdot \left\{ S - \frac{\int_0^S q(S) \cdot S \, dS}{\int_0^S q(S) \, dS} \right\}, \quad (3)$$

$X_1$  – зусилля в кріпленні опори;

$Q_S$  – рівнодійна сили розподіленого навантаження від  $q(S)$ , що діє на ділянці транспортера довжиною  $S$

$$Q_S = \int_0^S q(S) dS. \quad (4)$$

Складаємо вираз функції потенціальної енергії від деформації згину для розрахункової схеми (див. рис. 1):

$$U(M) = \frac{1}{2EI} \int_0^l [M(S)]^2 dS = \frac{1}{2EI} \int_0^l [X_1 \cdot S - M_S(q)]^2 dS, \quad (5)$$

де  $E$  – модуль пружності матеріалу балки;

$I$  – осьовий момент інерції площі перетину балки (прутка).

На підставі формули Лейбніца диференціюємо підінтегральну функцію за параметром  $X_1$ , отримане значення прирівнюємо до нуля [2]:

$$\frac{\partial U}{\partial X_1} = 0. \quad (6)$$

Звідси визначаємо невідоме зусилля  $X_1$ .

Запропонована методика дає можливість виконати оцінку напружено-деформівного стану елементів пруткових транспортерів відповідно умовам експлуатації з можливістю подальшого можливого удосконалення їх конструкцій.

### **Література**

1. Andrii Babii, Taras Dovbush, Nadiia Khomuk, Anatolii Dovbush, Anna Tson, Vasyl Oleksyuk, 2022. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor. *Procedia Structural Integrity* No 36, .203-210. Science Direct. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.025>
2. Dovbush T. A., Dovbush A. D., Khomyk N. I., 2014. Modyfikatsiia MMPED dlia rozkryttia statychnoi nevyznachenosti kryvoliniinykh elementiv ram [Modification of MMPED to disclose static uncertainty of curvilinear frame elements] "Tekhnichniy servis dlia mashyn dlia roslynnytstva" *Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenka. Kh.: KhNTUSH*, 105–110.
3. Dovbush T., Khomyk N., Dovbush A., Dunets B., 2019. Evaluation technique of frame residual operational life. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*. Vol. 93. No 1, 61-69.
4. Rybak T. I., 2003. Poshukove konstruiuvannya na bazi optymizatsii resursu mobilnykh silskohospodarskykh mashyn [The searching constructing is on the base of optimization of resource of mobile agricultural machines] *VAT "TVPK ZBRUCH"*, 332.
5. Rybak T. I., Popovych P. V., Khomyk N. I., Dovbush T. A., Tson H. B., 2013. Imitatsiine modeliuвання pry rozrakhunkakh na kvazistatychnu mitsnist konstruktyvnykh struktur vazhko navantazhenykh silskohospodarskykh mashyn [Simulation calculations on quasi-static strength structural structures are heavily loaded with agricultural machinery] *Problemy nadiinosti mashyn ta zasobiv mekhanizatsii silskohospodarskoho vyrobnytstva Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenka. Kh.: KhNTUSH.*, PP.321-326.
6. Trokhaniak O. M, Hevko R. B., Lyashuk O. L. Pohrishchuk B. V. Dobizha N. V., Dovbush T. A., 2020. Research of the of bulk material movement process in the inactive zone between screw sections, *INMATEH-agricultural engineering*. Vol. 60, No. 1, 261-268. DOI: 10.35633/inmateh-60-29.
7. Hevko R. B., Tkachenko I. G, Khomyk N. I., Gumeniuk Y. P, Flonts I. V., Gumeniuk O. O. 2020. Determination of technical-and-economic indices of root crop conveyer-separator during their motion on curved path. *INMATEH: Agricultural engineering*. Vol. 61, No 2. PP. 175-182.
8. Довбуш Т. А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи. Т. А. Довбуш, Н. І. Хомик, А. В. Бабій, Г. Б. Цьонь, А. Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.

**УДК 621.9.015**

**В.О. Дзюра, д-р. техн. наук., доц., В.О. Семенен**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ТА НАПРЯМИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Сучасне машинобудування спрямоване на підвищення якості машин при збереженні високих темпів виробництва. Такі підходи вимагають пошуку нових технічних рішень та наукових досліджень відповідних технологічних процесів.

Тому підвищення зносостійкості та довговічності високонавантажених пар тертя є одним із основних завдань сучасного машинобудування.

Класичним підходом для забезпечення високої якості поверхні є зменшення її шорсткості і, відповідно, коефіцієнта тертя спряжених поверхонь. Однак у випадку високих питомих тисків та високих робочих температур неминучим є поява адгезії між спряженими поверхнями, яка призводить до утворення поверхневих дефектів навіть при нетривалих перевантаженнях та питомих тисках. Тому використання класичного підходу до забезпечення якості робочих поверхонь важконавантажених пар тертя є недоцільним.

Одним з основних наукових підходів підвищення зносостійкості таких поверхонь тертя є формування регулярного мікрорельєфу – сітки каналів невеликої глибини сформованої на поверхні робочих елементів деталей машин для забезпечення ряду суттєвих переваг, до яких відносяться: відсутність або суттєве скорочення періоду припрацювання, зменшення захоплення спряжених поверхонь, збільшення маслоємності поверхні та інші. Сучасне обладнання дозволяє формувати такі мікрорельєфи з високою точністю на фрезерних верстатах з числовим програмним керуванням.

Такі методи формування РМР використовуються для відповідальних деталей та складних профільних поверхонь, оскільки вимагаються дороге обладнання та відповідного програмного забезпечення. Однак вартість такого обладнання є досить високою, а час формування мікрорельєфу – довшим у порівнянні з вібраційними методами формування, які базуються на механічному коливному русі віброобкатника з певною амплітудою. Такий метод формування мікрорельєфу є більш продуктивнішим при формуванні мікрорельєфу простих форм, особливо на плоских поверхнях, що задовольняє умови масового виробництва та не надто відповідальних поверхонь.

Незважаючи на велику кількість публікацій в даному науковому напрямі, існують технічні проблеми які досі не вирішені. До таких відносяться:

- дослідження процесу релаксації поверхні сформованого мікрорельєфу після термічної обробки;

- моделювання нових типів регулярних мікрорельєфів із змінними геометричними параметрами, які дозволяють отримувати різні експлуатаційні властивості поверхні;

- формування мікрорельєфів на складних профільних поверхнях із використанням сучасних верстатних комплексів та програмного забезпечення;

- класифікацій нових типів мікрорельєфів;

Усі ці та багато інших технічних задач потребують вирішення для покращення експлуатаційних параметрів робочих поверхонь і, відповідно, збільшення ресурсу відповідальних деталей машин.

**УДК.621.892.8:629.083**

**С.В. Лисенко, канд.техн.наук, доц., В.В. Аулін, д-р. техн. наук, проф.**  
Центральноукраїнський національний технічний університет, Україна

**ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ СИЛОВИХ АГРЕГАТІВ ТА ТЕРМІНІВ  
ВИКОРИСТАННЯ МОТОРНОЇ І ТРАНСМІСІЙНОЇ ОЛИВ МОБІЛЬНИХ  
МАШИН ГЕОМОДИФІКАТОРАМИ**

**S.V. Lysenko, Ph.D., Assoc. Prof., V.V. Aulin, Dr., Prof.**  
**INCREASING THE RESOURCE OF POWER UNITS AND USAGE TERMS OF  
ENGINE AND TRANSMISSION OIL OF MOBILE MACHINES BY  
GEOMEDIFIERS**

Проблема підвищення довговічності силових агрегатів мобільних машин (ММ) подовженням ресурсу спряжень деталей та терміном функціонування робочої оливи з часом неухильно зростає. Це пов'язано з експлуатацією ММ в жорстких нестационарних умовах, особливо в режимі "пуск-зупинка", запиленості, при великих навантаженнях і малій швидкості руху по дорогах складного профілю. Надважкі нестационарні умови і режими експлуатації призводять до інтенсивного спрацювання спряжень деталей, систем і агрегатів й зниженню показників якості та погіршенню властивостей моторної та трансмісійної оливи, що обумовлює зменшення терміну їх використання, а отже і збільшення частоти заміни і витрат на їх закупівлю та запасні частини. Реалізація ресурсу, закладеного в силові агрегати ММ, можлива тільки при використанні якісних мастильних матеріалів, які за експлуатаційними властивостями повністю відповідають їх конструктивним особливостям і умовам експлуатації.

Моторні та трансмісійні оливи є одними з основних функціональних елементів силових агрегатів ММ і багато в чому визначають довговічність та ефективність їх роботи при експлуатації. Якість оливи і конструкції силових агрегатів доповнюють одна одну. Постійне вдосконалення конструкції силових агрегатів ММ в напрямку поліпшення умов роботи оливи і покращення показників і властивостей забезпечує високий рівень надійності їх та зниження витрат паливо-мастильних матеріалів. Зміна фізико-хімічних показників та експлуатаційних властивостей робочих оливи модифікуванням композиційних присадок на основі геомодифікаторів дозволяє підвищити довговічність силових агрегатів ММ. Разом з тим не виявлено механізму дії таких присадок, остаточно необґрунтовано характер змін показників і властивостей оливи та режимів функціонування спряжень деталей від компонентів присадки, що є безумовно актуальним для управління ресурсом силових агрегатів та терміном використання моторних і трансмісійних оливи.

Побудовано фізичну модель дії композиційної присадки на основі геомодифікатора на робочі поверхні рухомих спряжень деталей. Визначено, що приповерхневий шар оливи з композиційною присадкою проявляє властивості неньютонівської рідини: зменшується кінематична в'язкість, підвищується швидкість зсуву її шарів. Виявлено, що в основі руху і теплообміну таких оливи лежать пружно-пластичні деформації і реологічні властивості. З'ясовано, що дії компонентів композиційної присадки ініціюють трибохімічні реакції та фазові перетворення з утворенням на поверхнях деталей вторинних структур, які під дією навантажувально-швидкісного фактору спрацьовуються та відновлюються, забезпечуючи формування приповерхневого шару композиційної оливи та антифрикційної захисної плівки. Виявлено, що композиційна присадка повинна мати компоненти, що взаємно підсилюють дію одна одної, згідно синергетичної концепції.



Побудовано рівняння режимів змащення, отримано формулу для критерію Зоммерфельда, яка дає можливість управляти режимами змащування в системі рухомих спряжень деталей силових агрегатів. Показано, що процеси які протікають в оливах можна описати сукупністю одиничних діагностичних параметрів та експлуатаційних показників їх властивостей. З'ясовано, що закономірності швидкості надходження продуктів зношування спряжень деталей до олив і швидкості спрацювання, внесеної присадки, мають експоненціальний характер. Використовуючи закономірності зношування робочих поверхонь деталей спряжень і спрацювання присадки отримано рівняння залежності величини зносу від напрацювання. Показано, що залишковий ресурс ММ можливо оцінити за швидкістю надходження заліза в оливу, її діелектричної проникності.

Визначено раціональний та оптимальний склад композиційної присадки до моторних і трансмісійних олив на основі геомодифікатора КГМТ-1. При додаванні її в моторну оливу М-10Г2к показник зносу на машині ЧМТ-1 зменшується на 23,5 %, критичне навантаження збільшується на 29,6 %, а навантаження зварюванням збільшується на 27,4 %. При додаванні присадки у трансмісійну оливу ТМ-3-18к показник зносу зменшився на 36,2 %, критичне навантаження збільшується на 18,4 %, а навантаження зварювання – 7,3 %. Визначено, що присадка НИОД-5 за усередненим параметром зносу на 2,5...4,0 %, а присадка Roil Gold – на 1,5...2,0 % менш ефективні ніж композиційна присадка на основі геомодифікатора КГМТ-1.

Зафіксовано, що при додаванні присадки в робочу оливу її властивості відновлюються, оскільки момент тертя зменшується, але за різною закономірністю в безперервному режимі та режимами "пуск-зупинка". Виявлено покращення якості робочих поверхонь рухомих спряжень деталей у безперервному режимі і режимі "пуск-зупинка". У першому випадку прослідковуються практично паралельні лінії подряпин, а у другому – є сліди схоплювання і розмитості ліній подряпин.

Побудовано зовнішню швидкісні характеристики при додаванні присадок НИОД-5, Roil Gold і КГМТ-1 збільшення крутного моменту для оливи М-10Г2к+НИОД-5 склало на 1,2...1,4 %; для оливи М-10Г2к+RoilGold – на 2,6...3,0%; для оливи М-10Г2к + КГМТ-1 – на 3,9...4,3%. Потужність дизеля при роботі на оливі М-10Г2к+НИОД-5 збільшилась на 1,1...1,3 %; на оливі М-10Г2к+RoilGold – на 2,5...2,9%; на оливі М-10Г2к + КГМТ-1 – на 3,9...4,2%. Зменшення питомої витрати палива від додавання присадок у оливу склало: М-10Г2к+НИОД-5 – на 1,24...1,26 %; М-10Г2к+RoilGold – на 2,73...2,77%; М-10Г2к + КГМТ-1 – на 3,95...4,15%.

Ресурсна оцінка досліджуваних ММ на підприємствах АПВ Кіровоградської області показала, що їх середньомісячне напрацювання на базовій оливі становить 101 мото-годину, а з використанням оливи, модифікованої КГМТ-1, – 132 мото-годин, що на 30 % вище. При цьому середнє напрацювання на оливі М-10Г2 склало 7530 мото-год, середнє квадратичне відхилення – 283 мото-год, на оливі модифікованій присадкою Roil Gold – відповідно 8716 і 2252 мото-год, на оливі модифікованій КГМТ-1 – відповідно 9250 і 249 мото-год. Визначено, що міжремонтний ресурс за рахунок дії присадки Roil Gold збільшився на 16%, а КГМТ-1 на 23%, у порівнянні з свіжою базовою оливою. Економічний ефект за рахунок зменшення кількості проведених ТО та підвищення ресурсу, внаслідок використання запропонованої присадки, для однієї одиниці ММ становить 13686,4 грн. Результати проведених теоретичних, лабораторних, стендових та експлуатаційних досліджень дали можливість сформулювати ряд узагальнених рекомендацій, що стосуються підвищення довговічності силових агрегатів ММ із урахуванням умов їх експлуатації та характеристик присадок для модифікування моторних і трансмісійних олив.

**УДК 631.348.45: 519.876.5**

**М.Я. Сташків, канд. техн. наук, доц.; М.І. Підгурський, докт.техн.наук., проф.;**

**І.М. Підгурський, канд. техн. наук, доц.; І.М. Борис, асп.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ШТАНГИ ШИРОКОЗАХВАТНОГО ПОЛЬОВОГО ОБРПРИСКУВАЧА**

**M. Stashkiv, Ph.D, Assoc. Prof.; M. Pidgurskyi, Dr. Prof.;**

**I. Pidgurskyi, Ph.D, Assoc. Prof.; I. Borys**

### **MODAL ANALYSIS OF THE WIDECAPTURE FIELD SPRAYER BOOM**

Концептуальною основою комплексного аналізу складних несучих конструкцій є дослідження їхньої міцності, надійності та довговічності при експлуатаційних навантаженнях. Основною проблемою такого комплексного аналізу є якнайповніше відображення у дослідженні властивостей реальної конструкції, моделювання параметрів її статичної поведінки, врахування особливостей формування та зміни напружено-деформованого стану (НДС) у динамічній постановці задачі.

Початковим етапом розв'язку такої динамічної задачі є аналіз власних коливань системи. У загальному випадку функцію коливань системи в часі можна розкласти на ряди, кожен з яких характеризується своєю формою та частотою коливань. Такий вид аналізу називають модальним. Основна задача модального аналізу при проектуванні конструкцій – виключення явища резонансу.

Мода (у фізиці) – вид коливань, що збуджуються в складних коливальних системах. Мода характеризується просторовою конфігурацією коливної системи (формою), яка визначається положенням її вузлових точок (ліній або поверхонь), а також власною частотою, притаманною для конкретної форми коливань. Ці власні характеристики не залежать від зовнішніх впливів та визначаються виключно жорсткісними (погонні жорсткості) та масовими (вага мас) характеристиками системи. Розрахунок при цьому здійснюється за абстрактними одиничними інерційними силами, що діють у напрямку кожного з можливих динамічних ступенів свободи системи.

Дослідження стійкості коливань багатомодових структур – нетривіальне завдання динаміки, яке може вирішуватись глобально або локально.

Кожне з цих рішень має як переваги, так і недоліки. Очевидною перевагою глобального рішення є можливість передбачення поведінки системи за будь-яких початкових умов. Але у той же час, реалізація глобального рішення є надзвичайно праце- та наукомістким процесом.

Побудова локального розв'язку набагато простіша, бо він не вимагає глибокого розуміння фізики процесів, що протікають в системі. Але локальний розв'язок є неповним і коректним тільки для заданих початкових умов. Хоча цього, у більшості випадків, достатньо для вирішення науково - інженерних задач.

Ефективним інструментом пошуку локальних рішень є імітаційне моделювання. Імітаційне моделювання не описує фізику процесів, що проходять у системі. Сама ж система представляється як сукупність пов'язаних пружно - в'язких елементів (механічна модель).

Математичною основою імітаційної моделі є система диференціальних рівнянь руху. Застосування чисельних методів на вирішення вихідних диференціальних рівнянь дозволяє отримати числові значення координат у заданий час. Раніше застосування імітаційного моделювання було утруднено у зв'язку із трудомісткістю чисельного розв'язання диференціальних рівнянь. З поширенням програмної реалізації чисельних методів, а також завдяки впровадженню паралельних обчислень, імітаційне

моделювання набуло значного застосування у інженерній практиці.

У даній роботі проведено імітаційне моделювання штанги широкозахватного польового обприскувача. Загальний вигляд конструкції штанги широкозахватного польового обприскувача довжиною 13 м показано на рис. 1.

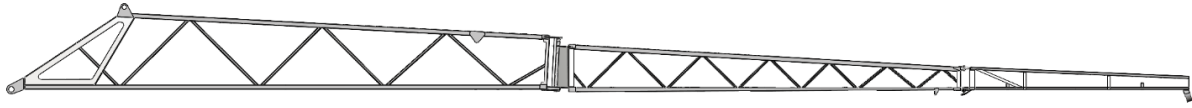


Рис. 1 – Загальний вигляд штанги широкозахватного польового обприскувача

Проведено попередній статичний розрахунок НДС штанги польового обприскувача під дією сили власної ваги. Розрахунок проводили методом скінчених елементів. Конструкцію штанги розбивали на сітку кінцевих елементів розміром 5мм.

Ізограма розподілу середніх напружень за Мізесом та характер деформації штанги відображено на рис. 2.

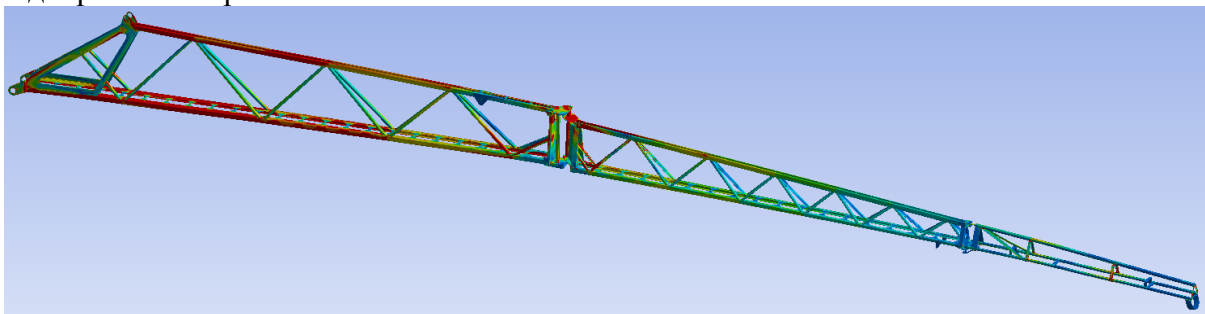


Рис. 2 – Ізограма напружень штанги широкозахватного польового обприскувача

За результатами статичного розрахунку НДС штанги широкозахватного польового обприскувача під дією власної ваги, встановлено, що максимальні напруження величиною приблизно 36 МПа виникають у місці кріплення внутрішньої та середньої секції штанги (рис. 3).

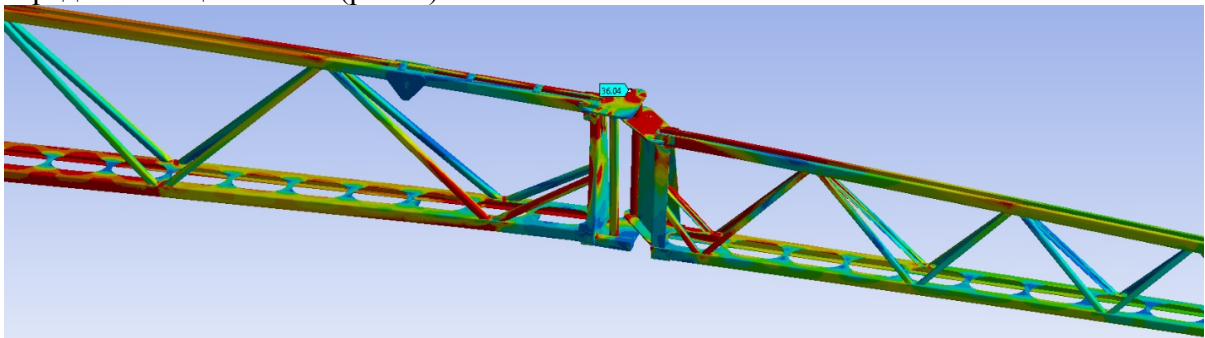


Рис. 3 – Місце знаходження максимальних напружень при статичному розрахунку

Проведено модальний аналіз штанги широкозахватного польового обприскувача з обмеженням у 10 мод. За результатами модального аналізу штанги широкозахватного польового обприскувача встановлено одну характеристичну моду з частотою 1,85 Гц з формою деформації, якій відповідає поворот відносно вертикальної осі кріплення штанги (переміщення штанги здійснюються, відповідно, у горизонтальній площині).

Модальний аналіз є основою для проведення інших видів динамічного аналізу, таких, як аналіз перехідних процесів (наприклад, при ударному навантаженні), гармонічний і спектральний аналіз, тощо. Результати таких розрахунків на зовнішні впливи розкладаються за тими ж власними формами коливань, отриманими при модальному аналізі.

**УДК 621.762.4**

**Л.Г.Бодрова, к.т.н.,доц., Г.М.Крамар, к.т.н., доц., І.В.Коваль, к.т.н., доц., Баб'як Д.А., аспірант**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ КАРБІДУ ТИТАНУ З НАНОКОМПОНЕНТАМИ**

**L.G.Bodrova, Ph.D., Assoc.Prof., H.M.Kramar, Ph.D., Assoc.Prof., I.V.Koval, Ph.D.,  
Assoc.Prof., D.A.Babiak, Ph.D student**

### **SERVICE PROPERTIES OF HARD ALLOYS BASED ON TITANIUM CARBIDE WITH NANO COMPONENTS**

Вольфрамокобальтові тверді сплави широко застосовують у сільськогосподарській техніці для виготовлення зносостійких деталей, а також пристроїв з ріжучими поверхнями, наприклад, напайні та змінні пластини сошників сівалок, ріжучих частини плугів, культиваторів тощо. Однак, в певних умовах експлуатації твердість та зносостійкість сплавів WC-Co є недостатніми, тому актуальним завданням є розроблення для їх заміни твердих сплавів на основі карбіду титану, що має вищу твердість і меншу густину, порівняно з карбідом вольфраму.

Підвищення фізико-механічних та експлуатаційних властивостей твердих сплавів на основі карбіду титану досягають шляхом використання карбіду вольфраму як легуючого компонента, в т.ч. нано розмірів, і підбором металевої зв'язки, яка знижує краєвий кут змочування. Використання легуючих карбідів та компонентів зв'язки нано розмірів зменшують пористість, сприяють подрібненню мікроструктури і підвищенню механічних властивостей сплавів. Для роботи в умовах інтенсивного тертя опір зношуванню та гетерогенність структури твердих сплавів є важливим чинником надійної і довговічної роботи ріжучих частин сільськогосподарської техніки.

Метою роботи є дослідження впливу нано- і дрібнодисперсних добавок WC, а також нікелю нано розміру на механізм зношування твердих сплавів TiC - VC - NiCr при різних швидкостях ковзання по сталі ШХ15.

Дослідження зносостійкості проводили на машині тертя М-22М за схемою вал (контртіло) – частковий вкладиш (сплав) при швидкостях ковзання 1, 2, 3 м/с, постійному навантаженні 1,5 МПа, шляху тертя на кожній із швидкостей 5 км. За допомогою металографічних досліджень поверхні тертя на мікроскопі РЕМ-106 та мікрорентгеноспектрального аналізу визначали механізм зношування сплавів.

У досліджуваних сплавах з нано WC і нано Ni карбідні зерна з кільцевою структурою мають розмір 0,75...0,8 мкм, гомогенні карбідні зерна – 0,55...0,6 мкм, а товщина прошарків зв'язки не перевищує 0,4-0,5 мкм, тому переважний вклад в картину руйнування вносять карбіди, а дисперсійно зміцнена металічна зв'язка, насичена вольфрамом, відіграє буферну роль і гальмує розвиток мікротріщини.

Встановлено, що основним механізмом зношування досліджуваних сплавів є абразивне стирання. Аналіз зони зношування показав, що вона складається з двох ділянок – абразивного зношування і трибошару, який містить значну кількість кисню та елементів сплаву і оброблюваного матеріалу. Основними ознаками руйнування на ділянці абразивного зношування є розтріскування крупних карбідних зерен, видалення їх частин з утворенням проточин тертя і викришування дрібних карбідних зерен. На трибоділянці в адгезійному шарі (трибомасі) зосереджені оксиди заліза, нікелю, титану та вольфраму. В процесі тертя чинниками зношення є адсорбція, окислюваність і взаємна дифузія в парі тертя, тобто зношення сплавів крім абразивного стирання, відбувається також за окислювальним та дифузійним механізмами.

**УДК 620**

**О.С. Кабат, Dr., О.М. Гнатко**

ДВНЗ “Український Державний Хіміко-Технологічний Університет”, Україна

## **ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИЙ ТА ХІМІЧНИЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Сучасна промисловість найбільш розвинених країн світу дозволяє отримувати широкий асортимент продукції у всіх галузях життєдіяльності людства. Її інтенсивний розвиток обумовлений все більшим попитом на основні продукти споживання, причому на сучасному етапі все більшу роль відіграють високопродуктивне обладнання, що дозволяє отримувати велику кількість продукції на короткий період часу.

Для забезпечення надійної та довговічної роботи такого обладнання необхідно використовувати найсучасніші конструктивні та матеріалознавські розробки. Так кардинальна зміна конструкції обладнання може привести до значного покращення його працездатності, але це є досить складною задачею, яка потребує витрати великої кількості людських та матеріальних ресурсів впродовж досить довгого періоду часу. І тому такий метод у коротко- та середньостроковому майбутньому не призведе до значного покращення надійності та довговічності у роботі обладнання. Заміна матеріалів конструктивних елементів вже існуючого обладнання на більш сучасніші дозволяє покращити його працездатність при відносно невеликих капітальних витратах за досить короткий період часу.

Одним із найбільш прогресивних матеріалів на сучасному розвитку людства є полімери та полімерні композиційні матеріали на їх основі. Їх доля використання у сучасному обладнанні зростає із року в рік і у найближчому майбутньому витіснить такі традиційні конструкційні матеріали, як метали та сплави на їх основі. Так відповідно до BCC Research Report Overview “Engineering Resins, Polymer Alloys and Blends: Global Markets ” від квітня 2022 року глобальний світовий ринок конструкційних полімерів та композитів на їх основі збільшиться з \$70.7 мільярдів у 2021 до \$94.0 мільярдів до 2026 року.

Зростання кількості деталей із полімерів у сучасному обладнанні обумовлено їх достатнім рівнем фізико-механічних властивостей, невисокою вагою, високим рівнем хімічної стійкості, можливістю роботи у вузлах тертя без змащування тощо. З недоліків деталей із полімерів слід відмітити їх невисокий рівень тепло- та термостійкості. Тому актуальною задачею є розробка полімерних композиційних матеріалів (ПКМ), для виготовлення деталей сучасного обладнання, які не мають такий недолік.

В роботі розроблені ПКМ на основі ароматичного поліаміду, фторполімеру та фенольної смоли, які за рівнем фізико-механічних властивостей переважають такі конструкційні матеріали, як бронза і бабіти, та наближаються до вуглецевих сталей, а по трибологічних властивостях значно переважають їх.

Проведено промислові дослідження деталей із розроблених ПКМ на підприємствах ТОВ «Г КОРП ГРУП», ТОВ «КОДАЦЬКЕ-АГРО», НПП «СОЮЗ-КОМПОЗИТ», ТОВ «ХІМПОСТАЧ ДНПРО», ТОВ «ІНТЕР АВІА ІНВЕСТ». Установлено економічну доцільність використання деталей з розроблених ПКМ у вузлах тертя і герметизації консольного вала апарата з тихохідною механічною мішалкою, у вузлах тертя лапи механізму копіювання ґрунту посівного комплексу «John Deere 1780», у механізмі демпфування стрілкової лапи культиватора, у напрямній рухомої траверси гідравлічного преса для переробки полімерних матеріалів та напрямній ковзання рухомого стола шліфувального верстату (ОШ 143).

**УДК 62-7**

**В.І. Кріль, М.В. Буряк, канд. техн. наук, доцент, П.Б. Прогній канд. техн. наук**  
Західноукраїнський національний університет, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ НЕСУЧИХ СИСТЕМ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

**V.I. Kril', M.V. Buriak Ph.D., Assoc. Prof., P.B. Prohnii Ph.D.**  
**RESEARCH OF THE RELIABILITY OF CARRYING SYSTEMS OF MOTOR VEHICLES**

При виконанні технологічних процесів розкидачами та сільськогосподарськими причепами, які за класами зварних рам належать до одного класу машин, з врахуванням складних експлуатаційних навантажень, виникаючих при виконанні технологічних процесів, найменшу довговічність мають зварні з'єднання. Отже, складові на які діють змінні навантаження (несуча система, підвіска) мають недостатній ресурс: відсоток відмов становить 50% - 80%. З усіх агрегатів значна увага приділяється рамі, вона, будучи базовим агрегатом, обмежує довговічність в цілому.

У багатьох випадках причинами руйнувань є значна зміна жорсткості при переході між прилягаючими елементами вузлів та нагромадження зварних швів. Наявність початкових дефектів елементів конструкцій на які діють змінні навантаження, напруження руйнування знижуються в 1,5 у 4 рази від межі текучості. Відчутний ефект досягається шляхом вирішення проблем аналітично - пошукового та експериментально - дослідницького характеру [1.]:

- розробка алгоритму НДС конструкцій в динамічній постановці задачі з і отримання вірогідних числових значень шуканих параметрів;

- визначення дійсної динаміки навантаженості розглядуваного об'єкта, шляхом проведення ґрунтовних експериментальних досліджень в реальних умовах;

- вироблення критеріїв оцінки міцності при багатоцикловому втомному руйнуванні на повітрі, а також у середовищі аналогічному за властивостями з робочим.

Для проведення оцінювання таких показників надійності, як несуча здатність і залишкова довговічність, для вказаного класу машин. Для кожного з класів будуються розрахункові моделі на основі першого закону термодинаміки: складається баланс енергії і зміни швидкості енергії для конструкції сільськогосподарської машини, після обчислюється швидкість руйнування і прогнозується ресурс роботи з урахуванням роботи металоконструкцій в агресивному середовищі, як правило, аміачному, що для базових вузлів негативно впливатиме на надійність.

### **Література**

1. Попович П.В. Алгоритм оцінки базових експлуатаційних властивостей колісних сільськогосподарських транспортних засобів / Попович П., Шевчук О., Ляшук О.Л., Матвійшин А.Й. // Вісник ХНТУСГ. – Харків, 2017. – Вип. № 181. – С. 198 - 203.

УДК 62-7

**А.Р. Шимків, П.Б. Прогній, канд. техн. наук, М.В. Буряк, канд. техн. наук, доцент**  
Західноукраїнський національний університет, Україна

## **ДІАГНОСТИКА ДОВГОВІЧНОСТІ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

**A.R. Shymkiv, P.B. Prohniy Ph.D., M.V. Buriak Ph.D., Assoc. Prof.**

### **DIAGNOSTICS OF THE DURABILITY OF METAL STRUCTURES OF MOTOR VEHICLES**

Розрахунки рамних конструкцій сільськогосподарських машин базуються на традиційних розрахунках за допустимими напруженнями. При таких розрахунках запас міцності за допустимими напруженнями не характеризує дійсного стану ресурсу роботи та причин руйнування основних несучих базових вузлів с/г машин. Крім того, на вихід з ладу суттєво впливає фактор концентрації напружень в найбільш навантажених перетинах. Тому крім класичних розрахунків металоконструкцій, необхідно проводити оцінку їхньої міцності з позицій механіки крихкого руйнування. Для цього виникає необхідність експериментальних досліджень характеристик втомного руйнування.

Проведено ряд досліджень кінетики розвитку тріщин в основному металі (ОМ) та зоні з'єднання зварних елементів (ЗЗ) швелерних профілів (сталі 5Гпс) при значних коефіцієнтах інтенсивності напружень (КІН), які досягають порядку  $K_{I\max} \approx 50 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ . Дослідження проводились на спеціальній установці з використанням зразків трьох типів вирізаних з різних зон машинобудівної конструкції швелера №20 ГОСТ 8239-72 (біля стінки швелера, по середині полиці, з краю полиці). В процесі експерименту за допомогою катетометра КМ-8 здійснювалися візуально спостереження та послідовні вимірювання через певну послідовність циклів довжини тріщини. Після обробки результатів експерименту побудовано кінетичні діаграми втомного руйнування зразків ОМ та зразків з привареним елементом.

В результаті проведених досліджень одержано базові дані циклічної тріщиностійкості швелерної сталі. Порівняння швидкості росту втомних тріщин в ОМ із швидкістю росту тріщин в елементах ЗЗ показує, що при КІН  $K_{I\max} \approx 25 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ . Швидкість росту тріщин в ОМ на порядок вище у порівнянні із швидкістю росту тріщин в ЗЗ. При КІН  $K_{I\max} \approx 50 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$  швидкість росту тріщини ЗЗ різко збільшується. Отже, при збільшенні навантаження можливість руйнування зварного вузла с/г машини більша у порівнянні із ОМ конструкції.

### **Література**

1. Попович П.В. Алгоритм оцінки базових експлуатаційних властивостей колісних сільськогосподарських транспортних засобів / Попович П., Шевчук О., Ляшук О.Л., Матвіїшин А.Й. // Вісник ХНТУСГ. – Харків, 2017. – Вип. № 181. – С. 198 - 203.
2. Characteristics of Low-Carbon Steels / P. V. Popovych, L. A. Mahlatyuk, R. V. Kupovych // Materials Science . – 2014. – Vol. 50, 2– P. 284 - 289.



**УДК 62-7**

**С.С. Куцик, П.Б. Прогній, канд. техн. наук, М.В. Буряк, канд. техн. наук, доцент**  
Західноукраїнський національний університет, Україна

## **ДІАГНОСТИКА ЗАЛИШКОВОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

**S.S. Kutsyk, P.B. Prohniy, Ph.D., M.V. Buriak Ph.D., Assoc. Prof.**

### **DIAGNOSTICS OF THE REMAINING DURABILITY OF VEHICLES**

Витривалість вузлів рам сільськогосподарських машин у більшості випадків відрізняється від малогабаритних зразків, виготовлених чи безпосередньо вирізаних із тих же профілів, хоча характер епюр та напрям дії сил залишається без змін. Тому для визначення динамічних навантажень, що виникають в реальних умовах експлуатації машин, розроблені і виготовлені спеціальні вимірювальні пристрої, стандартні та натуральні зразки. Це дозволяє складати програми випробувань для визначення динамічних показників у найбільш характерних умовах експлуатації і забезпечує проведення випробувань на циклічну тріщиностійкість конструкційних матеріалів. Методика експериментальних досліджень реалізується здебільшого встановленням спеціальних динамометрів під опори основних мас на раму, вісь ходової частини та несучий каркас машин.

При розрахунку основних несучих конструктивних структур, ефективним виявився метод оснований на принципі мінімуму потенціальної енергії деформації з врахуванням лише енергії деформації від депланації елементів відкритого профілю. Аналіз напруженого стану рам с/г машин дозволяє знайти елементи найбільш небезпечні з точки зору тріщиностійкості, наприклад перетином, в яких високий рівень навантаження поєднується з концентрацією напружень.

Процес розвитку тріщини описується диференціальними рівняннями, інтегрування яких дозволяє отримати рішення поставленої задачі - побудувати залежність довговічності рами від початкового розміру дефекту. Для розробки методики оцінки несучої здатності і залишкової довговічності мобільних с/г машин за механізмами навантаженості несучих елементів та вузлів будуються розрахункові моделі на основі першого закону термодинаміки: складається баланс енергії і зміни швидкості енергії для конструкції сільськогосподарської машини, обчислюється швидкість руйнування і прогнозується ресурс роботи.

### **Література**

1. Рибак Т. І. Аналіз надійності несучих систем тракторних причепів [Електронний ресурс] / Т. І. Рибак, П. В. Попович, Ю. В. Грицай, Н. Рубінець // Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарства імені Петра Василенка. - 2014. - Вип. 151. - С. 18-20.

**УДК 62-7**

**Т.В. Мисак, П.Б. Прогній, канд. техн. наук, М.В. Буряк, канд. техн. наук, доцент**  
Західноукраїнський національний університет, Україна

## **ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

**T.V. Mysak, P.B. Prohnyii Ph.D., M.V. Buriak Ph.D., Assoc. Prof.**

### **OPERATIONAL RELIABILITY OF WHEELED VEHICLES**

Підвищення вимог до продуктивності машин та механізмів транспортних засобів, які застосовуються, зокрема, в аграрному виробництві пов'язане з забезпеченням надійності їхніх складових. Внаслідок сумісного впливу агресивних середовищ та механічних навантажень, з ладу виходять до 70% механізмів, з яких 20...25% становлять поломки, зумовлені робочими перевантаженнями внаслідок втрати міцності від корозійних пошкоджень. Загальновідомою особливістю експлуатації колісних транспортних засобів, які контактують з добривами, є період роботи, що становить до 50% від сумарного часу, забезпечення роботоздатності обладнання здійснюється на стадії міжопераційного зберігання. Незважаючи на існуючі дослідження впливу процесів корозії і корозійно-втомного руйнування на зниження надійності і довговічності [1], не вивчено питання, які потребують поглиблених досліджень. Тому дослідження особливостей процесів корозії сталі 20 (основного конструкційного матеріалу досліджуваних машин) в насичених розчинах сульфату амонію, нітрофоски, гноївки великої рогатої худоби та гноївки змішаної.

Швидкість корозії сталі 20 у водних насичених розчинах сульфату амонію та нітрофоски максимальні протягом першої доби і поступово знижуються з збільшенням тривалості експозиції, що може бути наслідком формування на поверхні сталі захисних шарів пасиваційної, або сольової природи. Насичені розчини мінеральних добрив спричиняють інтенсивні корозійні пошкодження, швидкості корозії досягають 0,29...0,33 мм/рік, що до 2,5 раз вище порівняно з швидкостями у дистильованій воді.

Розчини сульфату амонію та нітрофоски зменшують опір сталі 20 корозійній втоми на всіх рівнях навантаженості. Умовна границя втоми при цьому знижується у порівнянні з повітрям у 2,2 разі (сульфат амонію) і у 2,5 (нітрофоска) раз. Органічні добрива порівняно із дистильованою водою підвищують умовну границю втоми на 8%.

Швидкості корозії сталі 20 у середовищах органічних добрив протягом першої доби експозиції становили 0,032...0,040 мм/рік, що у 3...4 рази нижче порівняно із модельним розчином дощової води. Наступне (24 доби) зниження швидкості до 0,003 мм/рік може бути пов'язане із інгібувальними властивостями хімічних складових гноївок.

### **Література**

1. Popovych. P. V. Influence of organic operation environment on corrosion properties of metal structure materials of vehicles/ Popovych P.V., Lyashuk O.L., Shevchuk O.S., Tson O.P., Bortnyk I. M., Poberezhna L.Ya.// INMATEH - Agricultural Engineering . 2017, Vol. 52, Issue 2, pp.113-119.

**УДК 62-7**

**М.В. Верес, Р.І. Розум, канд. техн. наук, доцент, П.Б. Прогній, канд. техн. наук**  
Західноукраїнський національний університет, Україна

### **СТЕНДИ ДЛЯ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ (СТАПЕЛІ)**

**M.V. Veres, R.I. Rozum Ph.D., Assoc. Prof., P.B. Prohniy Ph.D.**  
**STANDS FOR ENGINE REPAIR (SLIPPERS)**

Підтримка роботоздатності рухомого складу підприємства вимагає проведення високоякісного та своєчасного виконання системи заходів із їх ремонту та технічного обслуговування в цілому й двигунів зокрема. Розбирально-складальні роботи становлять близько 1/3 від загальної трудомісткості ремонтних робіт. У зв'язку з цим, на сервісних підприємствах з метою підвищення продуктивності підвищують рівень механізації та формують максимальну зручність для роботи із об'єктом.

Передумовою проведення сервісного обслуговування чи ремонту двигунів транспортних засобів є діагностичне обстеження їх технічного стану. Для підвищення рівня механізації ремонтних чи сервісних робіт двигунів використовують стенди для ремонту двигунів (стапелі). Стапелі забезпечують проведення легкого й ефективного обслуговування механізмів двигуна, а саме підвищення доступності інструменту, оскільки стенди дозволяють проводити повертання двигуна, закріплення його у необхідному положенні.

За конструкцією стенди поділяються на консольні та портативні, а за вантажопідйомністю – до 500, 1000 та понад 1000 кг. Провертання двигуна може проводитися як вручну так і за допомогою електромеханічного приводу.

Консольні, пересувні, призначені для проведення розбиральних та складальних операцій, прості у своїй конструкції та функціональні. Найбільш популярними такого типу є стенди фірм JTC, KING TONY, MATRIX, TORIN, YATO. Перед початком розбирально-складальних робіт блок двигуна кріпиться до кронштейна стапеля, далі проводять підйом та встановлення двигуна.

Для розбирально-складальних робіт двигунів автобусів і вантажних автомобілів використовують стенди порталного типу, які оснащені двома планшайбами. Дані стапелі мають можливість регулювання відстані між планшайбами, що дозволяє обслуговувати двигуни різних конструкцій та модифікацій. Найбільш поширеними є стапелі фірм Ravaglioli та Werner Weitner.

Також, необхідно відмітити, що в інтернеті є надзвичайно багато креслень і порад для виготовлення стендів своїми руками.

Отже, підбиваючи підсумки можна сказати наступне: стенди для ремонту двигунів (стапелі) є достатньо функціональним і простим обладнанням, що забезпечує механізацію процесів технічного обслуговування та ремонту двигунів та може застосовуватися як у професіональних так і аматорських цілях.

### **Література**

1. Тригуб О. А. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. [Електронний ресурс] / О. А. Тригуб; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси: ЧДТУ, 2021. – 187 с.

**УДК 62-7**

**А.В. Марутовська, Р.І. Розум, канд. техн. наук, доцент,**

**П.Б. Прогній канд. техн. наук**

Західноукраїнський національний університет, Україна

## **ПІДНІМАЛЬНО-ОГЛЯДОВЕ ОБЛАДНАННЯ ПРИ РЕМОНТІ ТРАНСМІСІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

**A.V. Marutovska, R.I. Rozum Ph.D., Assoc. Prof., P.B. Prohniy Ph.D.**

### **LIFTING AND INSPECTION EQUIPMENT FOR TRANSMISSION REPAIR OF VEHICLES**

В умовах постійно зростаючої конкуренції на ринку автосервісних послуг питання вдосконалення матеріально-технічної бази сервісних підприємств стають особливо актуальними.

Одним із ефективних шляхів підвищення продуктивності праці є застосування в технологічних процесах піднімально-оглядового обладнання. Дане обладнання забезпечує доступ до усіх механізмів автомобіля в процесі його технічного обслуговування та ремонту, а також їх транспортування територією підприємства.

Відповідно до функціонального призначення піднімально-оглядове обладнання поділяють на шість основних груп: оглядова канава, естакада, конвеєр, піднімальний механізм і підйомник.

Для проведення професійного ремонту трансмісій використовують підйомні пристосування: домкрати, гідравлічні трансмісійні стійки та спеціальні підйомні гідравлічні платформи.

Особливої уваги заслуговують гідравлічні трансмісійні стійки. Дане обладнання забезпечує заміну звичайного домкрату та дозволяє піднімати і переносити агрегати та деталі транспортного засобу. Розташовують трансмісійні стійки біля естакад чи оглядових майданчиків. Механізм забезпечує легкість підняття різного роду агрегатів та їх фіксацію на необхідній висоті.

Підібрати трансмісійну стійку, яка б задовольняла поставлені вимоги, достатньо легко, оскільки вони представлені в широкому асортименті. Основними критеріями вибору є їх вантажопідйомність і ціна. Також важливою технічною характеристикою є значення максимальної висоти підйому та мінімальної висоти опускання.

На нашу думку, найбільшої уваги заслуговують трансмісійні стійки торгових марок: AmPro, Trommelberg, Sky Rack, Torin, Oma. Також при виборі потрібно звернути увагу на телескопічні стійки, оскільки вони забезпечують максимальну зручність і свободу при виконанні технологічних процесів.

### **Література**

1. Тригуб О. А. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. [Електронний ресурс] / О. А. Тригуб; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси: ЧДТУ, 2021. – 187 с.
2. Розум Р., Буряк М., Попович П., Прогній П., Захарчук О. (2022). Методологія діагностування автомобільних дизельних двигунів. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, 1(18), 138-142.

## СЕКЦІЯ: ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

УДК 164 : 338.3 : 639

**В.М. Барановський, докт. техн. наук, проф.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### КОНЦЕПЦІЇ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧОЇ ЛОГІСТИКИ

**V.M. Baranovsky, Dr., Prof.**

#### PRODUCTION LOGISTICS MANAGEMENT CONCEPTS AND METHODS

На основі аналізу існуючої інформації необхідно виділити блок основних завдань виробничої логістики: планування та диспетчеризація виробництва на основі прогнозу потреб у готовій продукції та замовлень споживачів; розробка графіків запуску-випуску продукції, погоджених із службами постачання та збуту; мінімізація рівнів запасів матеріальних ресурсів та незавершеного виробництва; прогнозування потреб у матеріальних ресурсах; скорочення тривалості виробничого циклу; контроль за кількістю та якістю продукції; контроль за собівартістю виробництва готової продукції [1].

Логістична концепція організації сучасного виробництва базується на таких основних положеннях: відмова від надлишкових матеріальних та товарних запасів; оптимізація часу виконання транспортно-складських операцій; відмова від виготовлення виробів на які немає гарантованого замовлення; усунення простоїв устаткування; оптимізація складу основного устаткування виробничих дільниць; усунення нераціональних внутрішньовиробничих переміщень при виконанні технологічного процесу; формування з постачальниками довгострокових партнерських відносин; формування запасів у вигляді потужностей для досягнення високої гнучкості виробництва [2].

Розгляд матеріального потоку у фазі виробництва вимагає досить пильної уваги до пошуку можливостей оптимізації його проходження через виробничі ланки (робочі центри), а також через технологічні «стики» виробничих ланок (робочих центрів). Досвід відомих американських і європейських підприємств, фірм, компаній показує, що такі можливості підприємство може реалізувати за умови впровадження систем і технологій управління матеріальними потоками [2, 3].

Ухвалення управлінських рішень здійснюється службою логістики підприємства, фірми чи компанії на основі даних про кількість і хід виконання замовлень, наявність необхідної продукції, ресурсів і попит на продукцію, що

виробляється підприємством, у конкретних сегментах ринку (рис. 1). Система управління матеріальними потоками на кожному виробничому підприємстві має свою специфіку. Однак існують і загальні риси. Таку спільність для всіх організацій (підприємств, фірм, компаній) можна представити у вигляді аналогової моделі (рис. 2).

Дана модель за своїм змістом являє замкнутий цикл переміщення інформаційного масиву про матеріальні потоки, який є базою для дальшого прийняття рішень щодо управління зазначеними потоками.

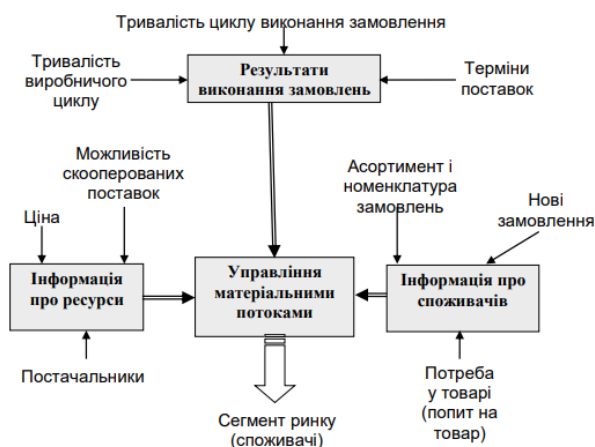


Рис. 1 – Система вихідних даних процесу керування матеріальними потоками

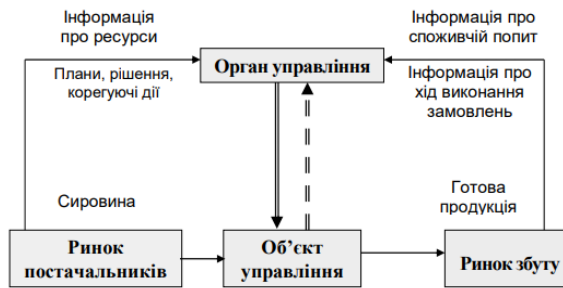


Рис. 2 – Аналогова модель системи керування матеріальними потоками

Управління матеріальними потоками в межах логістичної системи передбачає реалізацію набору таких функцій: координування дій учасників логістичного процесу; прогнозування і планування матеріальних потоків; організацію оптимальних матеріальних потоків; контроль переміщення матеріальних потоків; регулювання технологічних процесів і операцій загального логістичного процесу.

На практиці проблема управління матеріальними потоками пов'язана зі схемою їх руху в межах або конкретної логістичної системи, або логістичного полігону на який планується просувати продукцію підприємства.

Більшою мірою логісти працюють зі схемами проходження матеріального потоку в межах внутрішньовиробничої логістичної системи (рис. 3) від продуцента, тобто від виробника, через систему складів, що належать посередникам, до кінцевого клієнта (рис. 4).

Досліджуючи представлені схеми (див. рис. 3 і рис. 4), необхідно акцентувати те, що система управління матеріальними потоками належить до складних систем. Це пояснюється тим, що організаційні та економічні процеси, що протікають в ній,

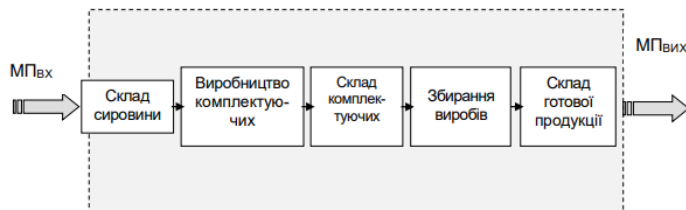


Рис. 3 – Схема переміщення матеріальних потоків в межах внутрішньовиробничої системи

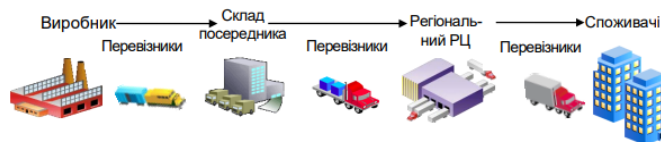


Рис. 4 – Схема переміщення матеріальних потоків від виробника до споживача

формується під впливом безлічі технологічних, технічних і організаційних чинників. Врахувати такі чинники і дослідити їх за доволі короткий час практично неможливо. З огляду на ці складності, все ж необхідно прагнути до формування адекватної системи управління матеріальними потоками, яка мала здатність адаптуватися до вельми мінливих умов і вимог ринку. З наведених схем переміщення матеріального потоку більш простою є схема, що

представлена на рис. 3. Вона відноситься до внутрішньологістичної системи. У плані сталості технологічної та організаційної складових така схема відображає шлях переміщення матеріальних потоків і тих, хто взаємодіє з цими потоками. Саме це надає можливість використовувати для управління матеріальними потоками на виробничих підприємствах тягучу або ж штовхаючу систему.

### Література

1. Уайт О.У. Управление производством и материальными запасами в век ЭВМ. М. : Прогресс, 1978. 302 с.
2. APICS dictionary / edit. Cox J.F., et al. American Production and Inventory Control Society. 1992. P. 54.
3. George Robert. What to consider in choosing an ERP solution. Advanced Manufacturing Research Inc., Conference presentation: Corporate Leader Forum. Digital Equipment Corporation. 1996. P. 34.

**УДК 658.5, 658.7**

**В.С. Федорейко, докт. техн. наук, проф., М.І. Рутило, канд. техн. наук, доц.,  
Р.І. Загородній, канд. техн. наук, Н.В. Бурега, канд. техн. наук,  
Тернопільський національний педагогічний університет ім. В. Гнатюка, Україна**

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ З БІОРЕСУРСНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ**

**V.S. Fedoreiko, Dr, Prof, M.I. Rutylo, Ph.D, Assoc. Prof, R.I. Zahorodnii, Ph.D,  
N.V. Bureha, Ph.D**

### **ORGANIZATION OF LOGISTICS ACTIVITIES OF BUSINESS FACILITIES WITH BIORESOURCE GENERATION OF THERMAL ENERGY**

Сушіння зернових культур є найбільш енергоємним технологічним процесом в агропромисловому комплексі. На це витрачається близько 2 млрд. м<sup>3</sup> природного газу, дизельного палива, використання яких призводить до різкого збільшення вартості продукції, яка є однією із основних експортних статей валютних надходжень в бюджет держави. Дослідження свідчать, що заміна традиційного палива на відновлювальні біологічні відходи місцевого походження сприяє зменшенню споживання природного газу, створює практично нульове навантаження на довкілля, а також забезпечує нові додаткові робочі місця.

Наразі сільськогосподарські відходи та агробіопаливо не набули широкого застосування в енергетиці, і їх частка в енергетичних балансах країн світу є незначною, в той же час потенціал використання в аграрних країнах є досить великим. Розвиток нових, ефективних технологій і доступність сучасного обладнання створює передумови для широкого використання сільськогосподарських відходів у майбутньому, а обмежений потенціал використання деревного біопалива, відкривають нові можливості розвитку як для сектору енергетики, так і для сільського господарства.

На нашу думку, альтернативою розв'язання проблеми є створення комплексів із використанням децентралізованої системи тепlopостачання, шляхом застосування генераторів-утилізаторів, що працюють на твердому біопаливі (несертифіковані біовідходи, солома, енергетичні рослини, тощо) [1].

Враховуючи той факт, що для стабільної роботи енергоефективного теплотехнічного комплексу необхідно забезпечити безперервне поступлення несертифікованого біопалива місцевого походження в об'ємах адекватних 2-3 тисячам тон, одною з основних техніко-економічних задач є архітектура логістичних зусиль підприємства. Оскільки, ми маємо справу з проектом в галузі первинної генерації екологічно чистої енергії, це викликає необхідність в усесторонньому вивченні та організації раціональної логістичної діяльності підприємства, а саме виробничих потужностей «Науково-виробничого об'єднання «Енергоощадні технології».

Алгоритм постачання несертифікованого палива на елеватор включає в себе наступні етапи: пошук доступного якісного біопалива, його транспортування від товаровиробника до споживача, довготривале та оперативне складування, завантаження в бункер-дозатор-накопичувач генератора-утилізатора. І якщо завантаження в більшості випадків є детермінованою складовою, то затрати на транспортування і вид палива є змінними факторами, які суттєво впливають на вартість теплової енергії і в кінцевому результаті на кінцеву політику підприємства. Тому вивчення логістичної архітектури постачання палива, шляхів доставки, якісного складу транспортних засобів (витрати палива, вантажність) надає можливість менеджменту елеватора впливати на свою цінову політику та успішне ведення бізнесу.

Основними завданнями логістичної інфраструктури підприємства є:



складування несертифікованого біопалива; переміщення палива за допомогою транспортних і маніпуляційних засобів від місця складування до накопичувального бункера теплогенератора-утилізатора; подача палива з накопичувального бункера в операційний за допомогою транспортера [2].

Також, важливою складовою логістичної діяльності підприємства з біоресурсною генерацією енергії є транспортування несертифікованого палива з місць його отримання на підприємство. Щоб оцінити вартість транспортування необхідно проаналізувати функціональну спроможність транспортного засобу. Вартість транспортування елеваторних відходів залежить від місткості транспортного засобу та витрати пального. В залежності від виду палива (елеваторних відходів), а саме насипної щільності, корисне навантаження коливається від 5,5 т (27,5 % від тоннажу вантажного автомобіля) до 18,7 т (85 % від тоннажу вантажного автомобіля) (таблиця 1). Від вище наведених параметрів буде залежати термін окупності теплогенератора-утилізатора.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика логістичних витрат транспортування різного виду несертифікованого палива

Вид палива	теплотворна	щільність	вартість транспортування
	кВт×год/кг	кг/м <sup>3</sup>	грн/т км
Солома	4	50	1,82
Щепа	3	45	2,02
Соняшник	4,7	83	1,10
Соя	4,7	78	1,17
Кукурудза	4	80	1,14
Пшениця	3,5	70	1,30
Рис	3,7	72	1,26

З метою вивчення впливу логістичної складової вартості біопалива на термін окупності (ТО) теплогенераційного комплексу нами проведено експериментальні дослідження та виконано математичне моделювання щодо виявлення пов'язаних із вказаними складовими закономірностей.

Зазвичай ТО показує, за який час можуть окупитися інвестиції протягом інвестиційного періоду і також враховує початкові капітальні вкладення. У такому випадку під прибутком розуміють чистий прибуток (тобто, після вирахування податку, плюс фінансові витрати, відсотки та амортизація). В ТО можна також включати період будівництва, який, відповідно, його подовжує.

Термін окупності розраховується за формулою:

$$TO = I / ЧП, \quad (1)$$

де:  $I$  – величина інвестицій;  $ЧП$  – чистий річний прибуток.

У випадку реалізації проекту, спрямованого на біоресурсну диверсифікацію джерел теплової енергії для сушіння зернових, чистий прибуток можна розглядати як вартість заміщеного традиційного вуглеводневого палива (природного газу) в обсягах споживання сушильним комплексом з вирахуванням фінансових витрат на транспортування несертифікованого палива та його вартість, електроенергію, споживану теплогенераційним комплексом, амортизацію обладнання та заробітну плату обслуговуючому персоналу.

З огляду на викладене вище, термін окупності можна представити так:

$$TO = I / (B_z - B_{bio} - B_{тр} - B_{ел} - B_{ам} - ЗП) \quad (2)$$

де  $B_g$  – вартість спожитого природного газу;  $B_{біо}$  – вартість несертифікованого біопалива;  $B_{тр}$  – вартість транспортування біопалива;  $B_{ел}$  – вартість спожитої електроенергії теплогенераційним комплексом;  $B_{ам}$  – вартість амортизації;  $ЗП$  – заробітна плата персоналу з обслуговування теплогенераційного комплексу.

На підставі даних, отриманих шляхом моделювання, побудовано тримірну графічну залежність (рис.1), що демонструє термін окупності теплогенераційного комплексу, яка суттєво залежить від логістичної складової вартості біопалива (відстані транспортування), яка, в свою чергу, залежить від його теплотворної здатності та насипної щільності, тобто від виду палива.

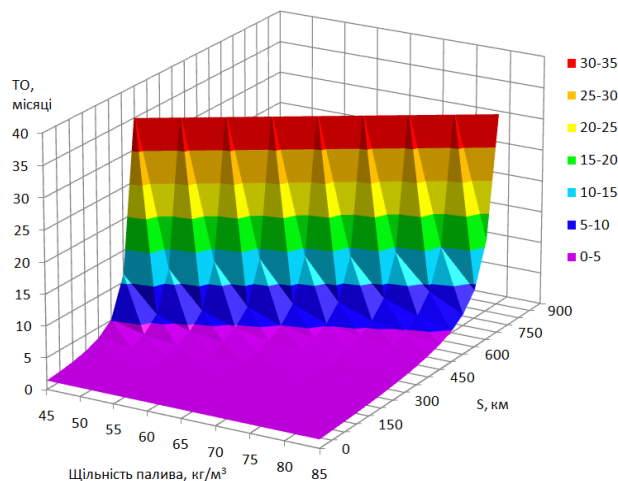


Рис.1. – Залежність терміну окупності проекту (ТО) від щільності палива та відстані його транспортування (S)

Найкращі показники щодо корисного навантаження транспортного засобу, вартості доставки та швидкості зростання ціни, що доставляється, пов'язані з гранульованими залишками. Гранули з біомаси можна економічно доцільно та безпечно транспортувати на великі відстані. Це слід враховувати при розробці відповідних логістичних та бізнес-моделей.

### Література

1. Технології біоресурсної диверсифікації джерел енергії на базі генераторів-утилізаторів: монографія; за заг. ред. В.С. Федорейка. Тернопіль: Редакційно-видавничий відділ ТНПУ імені Володимира Гнатюка, 2022. 288 с.
2. V.S.Fedoreiko, M.R.Luchko, I.S.Iskerskyi, R.I.Zahorodnii. Enhancing the efficiency of energy generation systems based on solid biofuels: technical and economic aspects. *Naukovyi Visnyk NHU*, 2019, № 2 S. 94–100.

**УДК 631.4.551.3**

**Я.О. Мольчак, докт.геогр. наук; проф., І.Я. Мисковець, канд. геогр. наук; доц.**  
Луцький НТУ, Україна

### **ВИТРАТИ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ДРІБНОЗЕМУ З УРОЖАЄМ КОРЕНЕПЛОДІВ**

**Y.O. Molchak, Dr.; Prof., I. Ya. Myskovets, Ph.D; Assoc. Prof.**

### **COSTS FOR THE TRANSPORTATION OF SMALL LAND WITH A HARVEST OF ROOT FRUITS**

Відомо, що під час збирання урожаю коренеплодів, зокрема картоплі, цукрових, кормових і столових буряків та моркви, із ґрунту виноситься досить значна кількість дрібнозему. На винесення дрібнозему впливають механічний склад ґрунтотвірних порід та власне вид ґрунту, вологість останнього, терміни збирання урожаю та форма і розміри коренеплодів і бульб. Винесення дрібнозему із коренеплодами є одним з сучасних геоморфологічних процесів, який перетворює рельєф місцевості, прискорює ерозію та дефляцію ґрунтів, що викликає негативний вплив на родючість ґрунту і погіршення умов життєдіяльності мешканців [1]. В межах області щорічно із коренеплодами виноситься десятки, а іноді, сотні тисяч тонн дрібнозему, який є основою утворення гумусу та збереження і збагачення поживних речовин, які так потрібні для росту сільськогосподарських культур, поповнення яких являє собою довготривалий процес. Ефективність використання земельних ресурсів необхідно розглядати у єдності із охороною та відтворенням природної родючості ґрунтів [1]. Якщо врахувати, що, як правило, урожай цукрових буряків до місця його переробки перевозиться, в більшості, автомобільним транспортом, то для перевезення відміченого потрібно, наприклад, тисячі семитонних автомобілів типу «ЗІЛ-130».

Економічні затрати, які направлені на перевезення урожаю цукрових буряків залежать, як відомо, від марки автомобілів та відстані, на яку перевозиться урожай. Для підрахунків економічних затрат використовувалися орієнтовні тарифи, які, при необхідності, можуть уточнюватися. При розробці тарифів примінялись усереднені ціни на складові собівартості перевезень на період заготівлі цукрових буряків. Зважаючи на те, що ціна автомобільного пального є головним визначальним чинником, що впливає на тариф, передбачена можливість коригування його, в залежності від коливання цін на пальне.

Винесення дрібнозему з урожаем коренеплодів має значний вплив не лише на погіршення властивостей ґрунтів, але і на фінансово – економічні затрати господарств, які, в кінцевому результаті, відображаються на собівартості продукції [2]. Наростання маси коренеплодів і підвищення цукристості триває у вересні, жовтні й за теплої погоди, навіть у листопаді. Раннє збирання зменшує вихід цукру з гектара, пізніше пов'язане з втратами врожаю внаслідок несприятливих погодних умов — тривалі дощі, сніг, морози. Головним заходом, що впливає на зменшення втрат родючого шару ґрунту з урожаем цукрових буряків, є обмежений термін їх збирання (20 вересня – 20 жовтня), так як в цей період спостерігається найсприятливіші метеорологічні умови для вивезення коренеплодів і досягнення технічного їх дозрівання.

#### **Література**

1. Мольчак Я.О., Мисковець І.Я. Фактори ерозії ґрунтів та їх географія. The 7<sup>th</sup> International scientific and practical conference “Science, innovations and education: problems and prospects” (February 9-11, 2022) CPN Publishing Group, Tokyo, Japan. 2022. P. 278-282.
2. Мисковець І.Я. Особливості економіко - географічних умов Волинської області./ І.Я.Мисковець, Я.О.Мольчак Регіон 2018: Суспільно-географічні аспекти. ХНУ ім.В.Н. Каразіна.-Харьків, 2018. С. 20-23.

УДК 338:656

Ю.Я. Вовк, канд. техн. наук, доц., А.Й. Матвійшин, канд. техн. наук, доц.,

І.П. Вовк, канд. екон. наук, доц., Вовк Я.Ю.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПАРАТРАНЗИТНІ ТА МІКРОПЕРЕВЕЗЕННЯ В СИСТЕМІ НАДАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ У ВІЙСЬКОВИЙ ПЕРІОД**

Y.Y. Vovk, A.Y. Matviyishyn, I.P. Vovk, Y.Y. Vovk

### **PARA-TRANSIT AND MICRO-TRANSPORTATION IN THE TRANSPORT SERVICE PROVISION SYSTEM DURING THE MILITARY PERIOD**

Паратранзитні перевезення відомі з праць авторів [3] ще з середини минулого століття. Реінкарнацію послуг мікроперевезень та паратранзитних транспортних послуг можна відмітити в розвинених країнах саме в ці роки. Окремі, підприємства вже отримали значні прибутки та вартують значних коштів [1].

Чи можуть такі послуги отримати попит в умовах України воєнного періоду? Спробуємо дати відповідь.

Військова агресія з боку російської федерації ввела економіку України в стан стагнації. Різке падіння виробництва протиставляється різкому зростанню пасажирських перевезень в межах країни. Передусім це пов'язано з евакуацією громадян з небезпечних регіонів на захід України та за її межі. В результаті введення військового стану на усій території країни було обмежено право на виїзд військовозобов'язаних громадян, зокрема чоловіків.

Це змінило структуру пасажирських перевезень. Проте, цивільне населення, попри військові дії, і далі, по праву, шукає шляхів оздоровлення та відпочинку. Для більшості це можливо лише в межах країни, ба свого регіону.

Західна та Центральна Україна володіють значним рекреаційним потенціалом. Тому саме мікроперевезення, перевезення на невеликі відстані, перевезення громадян з обмеженими можливостями та учасників бойових дій набувають значної ваги.

З метою організації кращих послуг з перевезень та забезпечення задоволеності попиту, який виник, слід врахувати досвід окремих країн, в яких успішно апробовано та впроваджено технології паратранзиту та мікроперевезень [2].

Це передусім США. Там було прийнято Закон про реабілітацію 1973 року. Стаття 504 забороняла виключати інвалідів з "будь-якої програми чи діяльності, що отримують федеральну фінансову допомогу". У Розділі 49, частина 37 (49 CFR 37) Кодекс федеральних правил, Федеральна адміністрація транзиту визначені вимоги щодо забезпечення доступності автобусів або надання додаткових послуг з паратранзиту в зонах обслуговування громадського транспорту. Більшість транзитних агентств не вважають доступність фіксованого маршруту бажаним і обрали гнучку систему малих паратранзитних транспортних засобів, що працюють паралельно системі більших автобусів фіксованого маршруту. Очікувалося, що послуги паратранзиту не будуть активно використовуватися, що робить гнучку систему малих транспортних засобів менш дешевою альтернативою доступності, ніж варіанти з більшими транспортними засобами фіксованого маршруту. Однак це виявилось не так. Часто служби паратранзиту наповнювались у міру своїх можливостей. У деяких випадках люди, яким потрібна послуга «від дверей до дверей», яку надає «Паратранзит», не можуть скористатися нею через те, що люди з обмеженими можливостями, які могли користуватися транспортними засобами фіксованого маршруту, також опинились у цих послугах паратранзиту [4], [5].

У наші дні з розвитком інтернет-технологій та засобів зв'язку стало можливим відновити та суттєво покращити послуги з мікроперевезень та паратранзиту.

Особливо це актуально в контексті впровадження принципів сталого розвитку транспорту та, як це не сумно звучить, наслідків війни. Це дозволить власниками транспортних засобів зменшити використання власного транспорту для переміщень і скористатися сучасними послугами, а громадянам, які в результаті війни втратили можливість вільно пересуватися внаслідок інвалідності, отримати якісні та конче їм необхідні транспортні послуги.

Тут виникає необхідність удосконалити в Україні, відповідно до американського Закону про реабілітацію, Закон Про реабілітацію осіб з інвалідністю в Україні. Це сприятиме забезпеченню прав людини на вільне переміщення та адаптації людей з інвалідністю до мирного життя.

Що ж передусім слід зробити?

1. Законодавча підтримка мікроперевезень та паратранзиту.
2. Розробити шляхи для розвантаження трафіку і обрати оптимальні маршрути для громадських перевезень у реальному часі.
3. Створити програмну платформу для замовлення мікроперевезень, паратранзитних послуг, планування маршрутів, а також мобільні додатки та інші інструменти, які допоможуть непривабливому міському транспорту повернути собі довіру пасажирів.
4. Інформувати про такі послуги та відповідний інструментарій для замовлень транспортних послуг для літніх людей, осіб із обмеженою мобільністю, ветеранів, шкіл і коледжів, замовлення мікроавтобусів для корпоративних клієнтів.
5. Зробити окремі маршрути динамічними.

Отже, нові виклики, війна та викликана нею економічна криза, створюють передумови до розвитку нових напрямків розвитку транспортних послуг для осіб з обмеженими можливостями, так і для звичайних громадян, які хочуть і далі подорожувати та оздоровлюватись в межах своїх регіонів.

### **Література**

1. Онсмен А. Зробити громадський транспорт привабливим неможливо? Сервіс Via довів зворотне і вже коштує майже \$3 млрд — Forbes.ua [Електронний ресурс]. URL: <https://forbes.ua/company/zrobiti-gromadskiy-transport-privablivim-nemozhливо-via-dovela-zvrotne-04102021-2519> (дата звернення: 07.09.2022).
2. Azin V. [et al.]. Course program: Transportation of passengers. Support and assistance to passengers with reduced mobility in transport // Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics. 2017. № 2 (2). С. 67–75.
3. Piken R. Para-Transit. By Ronald F. Kirby, Kiran U. Bhatt, Michael A. Kemp, Robert G. McGillivray and Martin Wohl. Washington, D.C.: The Urban Institute, 1974. Pp. xv, 319. \$4.95. // Fordham Urban Law Journal. 1975. № 1 (4). С. 221.
4. Shaping National Disability Policy: Transportation Access and Social Security Reforms [Електронний ресурс]. URL: <https://oac.cdlib.org/view?docId=hb2j49n5h3&query=&brand=oac4> (дата звернення: 07.09.2022).
5. Паратранзит [Електронний ресурс]. URL: <https://wikiukuk.top/wiki/Paratransit> (дата звернення: 07.09.2022).

УДК 338:656

**Ю.Я. Вовк, канд. техн. наук, доц., А.Р. Якубішин, Р.В. Худобей**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН: МОЖЛИВОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ**

**Y.Y. Vovk, A.R. Yakubishyn, R.V. Khudobei**

### **TELEMATICS SYSTEMS FOR ROAD TRANSPORT AND AGRICULTURAL MACHINERY: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES**

Транспортна телематика як галузь знань, що об'єднує інформаційні технології та телекомунікації, призначена для потреб організації, управління, маршрутизації та контролю потоків транспорту, що стимулює технічну та організаційну діяльність, що забезпечує якість транзитних послуг, вищу ефективність і безпеку цих систем.

Поєднання окремих телематичних рішень (часто під наглядом, наприклад, оператора за допомогою спеціальних програм), створює інтелектуальну транспортну систему (ITS).

Інтелектуальні транспортні системи – це високоінтегровані вимірювальні (детектор, датчик), телекомунікаційні, ІТ, інформаційні, а також автоматичні рішення. Інтелектуальний транспорт об'єднує всі види транспорту, інфраструктуру, організації, підприємства, а також процеси обслуговування та управління. Використовувані телематичні рішення пов'язують ці елементи, забезпечують їх співпрацю та взаємодію з зовнішнім середовищем, зокрема користувачами. Телематичні рішення можуть бути призначені для певного виду транспорту (наприклад, автомобільного транспорту або сільськогосподарських машин) і працювати в межах обраної географічної області (наприклад, місцевої адміністративної одиниці).

Важливим питанням, з яким стикається транспорт загалом, є обмін інформацією між учасниками ланцюга постачання. Уможливлення передачі цієї інформації вимагає створення точок (інтерфейсів) обміну даними (інформацією) та визначення привілеїв і методів доступу для різних суб'єктів, які беруть участь у транспортних процесах.

Постійно зростаючий діапазон застосувань для телематичних систем створює потенційний майбутній ризик для безперервного функціонування транспортних телематичних систем. Спричинена телематикою «мережевість» та інтеграція комп'ютерних систем представляють відчутну та постійно зростаючу загрозу як від нових атак, які використовують доступ до мережі, так і від навмисного пошкодження критичних системних елементів. Подальший розвиток телематики має відбуватися за принципом «Fail-Safe».

Систематичне впровадження телематичних технологій робить телематичні системи життєздатними для розвитку мультимодального транспорту та широкого використання для автомобільного транспорту та сільськогосподарських машин. Потенційно обмежуючим фактором тут може бути тенденція до використання єдиної транспортної системи в транспортному плануванні. Однак однією з найбільших перешкод, що стримують подальший розвиток транспортної телематики, є технологічна інтеграція різних систем. Ця проблема зумовлена стрімкими інноваціями та переважно неадекватною стандартизацією.

Також слід провести межу між перевагами, пов'язаними з телематикою, для транспорту, навколишнього середовища, економіки та суспільства, що дасть підстави для детального аналізу впровадження транспортних телематичних систем.

**УДК 629.113.004.5**

**Н.Я. Рожко, д.е.н., доц.**

Тернопільський Національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

## **ДЕЯКІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙ В УПРАВЛІННІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

**N.Y.Rozhko, Dr., Assoc. Prof**

### **SOME ASPECTS OF INNOVATIONS IN THE MANAGEMENT OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS**

Використання інформаційних систем в управлінні перевезеннями пов'язано з бурним розвитком сучасних міст, збільшенням кількості рухомого складу на вулицях, організацією нових маршрутів та ін. У результаті чого значно виріс обсяг інформації, необхідний для навчання та аналізу для прийняття оперативних рішень.

Тому на допомогу в цій роботі прийшли комп'ютери та спеціальні програми. При організації та регулюванні роботи наземного транспорту використовуються засоби зв'язку та комп'ютерного управління. Для вирішення проблем, пов'язаних з організацією руху транспортних потоків, необхідно створення інтелектуальних транспортних систем, що використовують інноваційні розробки в моделюванні і регулюванні транспортних систем і потоків, які піднімають на якісно новий рівень взаємодію учасників руху в порівнянні зі звичайними транспортними системами.

ІТС - це інтелектуальна система, яка використовує інноваційні розробки в моделюванні транспортних систем і регулюванні транспортних потоків, являє собою єдиний комплекс автоматизованих систем, які розроблені спеціально для вирішення транспортних завдань [1].

Застосування ІТС сприяє вирішенню проблем щодо забезпечення безпеки дорожнього руху, планування роботи громадського транспорту, ліквідації заторів у транспортних мережах, підвищенню продуктивності транспортних підприємств, а також вирішенню проблем пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища. Впровадження ІТС в транспортну інфраструктуру дозволяє підвищити ефективність управління транспортним господарством за рахунок отримання своєчасної і точної інформації, виконує функції прийняття та аналізу оперативних рішень, здійснення безперервного централізованого моніторингу, формування стратегічно сталого економічного та соціального розвитку, управління транспортними потоками на основі отриманих аналітичних даних

Існують такі елементи ІТС:

1. Дорожні відеокамери.
2. Розумні світлофори.
3. Детектори транспортного потоку.
4. Електронні засоби оплати проїзду.
5. Інформаційні табло.
6. Автоматизоване управління освітленням.
7. Засоби автоматичної фіксації порушень [2].

Попит на ІТС зараз рекордно високий, тільки за останній рік він збільшився на 11% у всьому світі. Стрімке зростання попиту на ІТС - посилює потребу у кваліфікованих інженерах. Згідно з дослідженням Evans Data, у світі вже понад 24,5 мільйона інженерів - фахівців, що на 500 тисяч більше, ніж минулого року. Попри це, транспортна - галузь відчуває брак інженерних талантів. За даними консалтингової компанії Korn Ferry, до 2030 року дефіцит фахівців в ключових транспортних сферах у



світі може досягти 85,2 мільйона, з яких більше ніж 4 мільйони – в автомобільній транспортній - індустрії.

Індустрії бракує кваліфікованих фахівців, тоді як складність ІТС та її проектів і рішень зростає. Аби залишатися жаданими на ринку інженерам важливо поліпшувати свої навички, а компаніям – допомагати їм в цьому. Адже досвідчені фахівці можуть вирішувати комплексні завдання й ефективніше справлятися з ними. За нашими даними, ІТС - щоб залишатися конкурентним і продовжувати стрімко розвиватися, необхідно інвестувати в освіту фахівців мінімум 1,5% доходу. Це стосується допомоги в поліпшенні навичок як для досвідчених інженерів, так і початківців.

Технології швидше проникають в бізнес, а цифровізація й автоматизація стали необхідністю. Промислова революція 4.0 допомагає впроваджувати у виробництво інновації та змінює роль фахівця в процесах – машини виконують завдання, а людина управляє ними. Згідно зі звітом Світового економічного форуму (WEF), посилення автоматизації стимулює бізнес вкладати більше ресурсів в хмарні технології, машинне навчання і роботу з даними. З'являються також нові популярні професії й змінюються критерії до вже наявних. Так, наприклад, зараз від фахівців очікують високих аналітичних здібностей і вміння працювати з big data, а також будувати архітектуру продукту й оперативно розв'язувати проблеми.

З розвитком автоматизації в бізнесі у людей з'явиться більше ресурсів і свободи для вирішення складних стратегічних завдань, і вони менше будуть залучені в рутину. Технології вже змінюють реальність бізнесу і впливають на глобальну економіку, стаючи її драйвером. І українська транспортна індустрія розвивається і робить свій великий вклад в цифрову трансформацію, зміцнюючи технологічні позиції країни на світовій арені.

Тому варто розвивати інтелектуальні транспортні системи по таких напрямках:

- оптимального використання інформації про дороги, рух і поїздах, яке передбачає отримання актуальної і перевіреної інформації на всіх рівнях управління транспортом і забезпечує її доступність для всіх користувачів;
- забезпечення умов для безбар'єрного руху товарів і оптимального управління вантажними перевезеннями на європейських транспортних коридорах і в міських агломераціях за рахунок автоматичної ідентифікації транспортних одиниць в режимі онлайн і просторового позиціонування на основі космічних навігаційних систем;
- підвищення безпеки дорожнього руху за рахунок розвитку автоматичних систем, що попереджають і запобігають небезпечні ситуації як між транспортними засобами, так і між автомобілями і пішоходами;
- забезпечення безпеки і захисту даних, що передаються в ІТС, зокрема особистих і фінансових даних користувачів;
- інтеграції транспортного засобу в транспортну інфраструктуру за рахунок використання відкритих додатків в комп'ютерних системах транспортних засобів та програмному забезпеченні, що дозволяє забезпечити сумісність інформаційних систем і автоматично передавати дані, необхідні для оптимального управління як індивідуальними транспортними засобами, так і їх потоками.

### **Література**

1. Інтелектуальні транспортні системи в Україні / А. Р. Гайков, О. П. Євсєєва, О. В. Баранов, В. Ю. Баранов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 9 (1052). – С. 106-112
2. Fan Y, Khattak, A J and Shay E Intelligent Transportation Systems: What Do Publications and Patents Tell Us? Journal of Intelligent Transportation Systems, 2007, 11:2, 91-103.

**УДК 621.643.002:622.692.4**

**Є.Й. Ріпецький, докт. техн. наук, доц., Р.Й. Ріпецький, канд. техн. наук, доц.,  
О.Ю. Коробков аспірант**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

## **РОЗКРИТТЯ СТАТИЧНОЇ-НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИСЯЧИХ ГАЗОПРОВОДІВ ЗА ДОСВІДОМ РОЗРАХУНКУ НЕСУЧИХ РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**E. Ripetskyi, Dr., Assoc. Prof., R. Ripetskyi, PhD., Assoc. Prof., O. Korobkov  
REVEALING STATICALLY INDETERMINATE OF HANGING GAS PIPELINES  
BASED ON THE EXPERIENCE OF CALCULATING LOAD-BEARING FRAME  
STRUCTURES**

Трубопроводи – особливий вид транспортних систем, що проявляється у поєднанні в одній конструкції несучої частини та транспортного шляху. Як правило, трубопроводи пролягають під землею, але для подолання природних перешкод їх виводять на поверхню землі. В цьому випадку використовують конструкції різноманітних надземних переходів.

Ділянки надземних переходів є потенційно небезпечними, так як до дії природних факторів відкритого середовища додається навантаження від зовнішніх силових факторів. Такі трубопроводи однозначно є статично невизначені. Тому розрахунок НДС трубопроводу потребує у більшості випадків розкриття статичної невизначеності.

Метою роботи є аналіз методичних підходів до розкриття статично-невизначених систем прольотних конструкцій та їх адаптація до розрахунку висячих газопроводів.

Об'єктом дослідження є газопровід Угерсько – Івано-Франківськ, на ділянці надземного переходу через р. Свіча. На цій ділянці газопровід підвішений у повітрі до системи канатів. Одинадцять утримуючих канатів рівномірно розміщені на довжині прольоту 130 м.

Розрахункова схема висячого газопроводу зведена до балки на двох опорах з рівномірно-розподіленим навантаженням, до якої прикладені з певним інтервалом зосереджені сили від підвісної канатної системи. В результаті отримано статично-визначену прольотну конструкцію.

Зведення схеми розміщення трубопроводу до прольотної конструкції дозволяє провести аналогію з іншими галузями, зокрема поздовжніми лонжеронами рамних несучих систем в мобільних машинах.

Основна складність розрахунку несучих рамних систем є їх статична невизначеність. Рамні несучі системи мають 6-10 разів ступінь статичної невизначеності. Для їх розкриття дослідники пропонують використовувати принцип мінімуму потенціальної енергії деформації [1].

Традиційним підходом є отримання необхідної кількості додаткових рівнянь з невідомими внутрішніми силовими факторами. Отримані рівняння встановлюють зв'язок між зовнішнім навантаженням, яке переважно відоме за експериментальними даними, та внутрішніми силовими факторами елементів несучої системи.

Іншим підходом використання методу є формування функціоналу потенціальної енергії, у вираз якого входить у тому числі всі невідомі силові фактори. Далі, в межах факторного простору за ітераційним циклом ведеться пошук невідомих силових факторів за критерієм мінімуму потенціальної енергії деформації. Знайдений точці мінімуму функціоналу буде відповідати набір внутрішніх силових факторів.

Можливість використання функціонала потенціальної енергії для розкриття

статичної невизначеності було показано на прикладі двох поздовжніх елементів лонжерона рамної конструкції. Пошук точки мінімуму здійснювався градієнтним методом, який засвідчив свою стійкість до наближення з кожним кроком ітерації.

Таким чином, алгоритм розкриття статичної невизначеності поздовжніх лонжеронів рамних конструкцій здійснюється за схемою зворотного зв'язку.

Ідея використання алгоритму зі зворотнім зв'язком для мінімізації функціоналу при розкритті статичної невизначеності може бути корисна для розрахунку напружено-деформованого стану висячих газопроводів. Методологія побудови структурної схеми алгоритму пошуку з наявним зворотнім зв'язком дозволяє створити аналогічні методи знаходження силових факторів для розкриття статично-невизначеної системи газопроводів.

Однак, в даному випадку мінімізація виразу потенціальної енергії не може бути проведена у зв'язку із неможливістю відтворити зворотній зв'язок, так як газопровід складається із одного несучого елемента.

Натомість газопроводи можуть мати досить важливу інформацію. Деформаційні процеси трубопроводів відрізняються від лонжеронів рамних конструкцій мобільних машин. Так, максимальна величина прогину трубопроводу на середині прольоту становить 0,25-0,30 м. Тобто, такі деформації видно візуально, вони можуть бути виміряні з відносно малою похибкою. Для таких вимірів використовують різноманітні геодезичні методи: тахеометрична зйомка, нівелювання та ін. [2].

Така інформація є корисною для складання системи рівнянь канатної підвіски за умови її рівноваги. Якщо кількість утримуючих канатів становить  $n$ , то тоді рівнянь рівноваги можна скласти  $n-1$ . Розв'язком системи рівнянь рівноваги канатної підвіски вважатиме аналітичні виразити зусиль в утримуючих канатах  $P_i$  через одну невідому  $T_1$  силу натягу основного канату в точці її кріплення до опори. Тобто матиме ряд залежностей типу  $P_i=f(T_1)$ . Це в свою чергу означатиме, що замість  $n$  невідомих матиме всього лиш одну невідому, а решта зусиль стають її похідними функціями.

Таким чином, висячий газопровід перетворюється з  $n$ -статично невизначеної системи в один раз статично-невизначену. Розкриття статичної невизначеності висячого газопроводу значно спрощується: замість пошуку  $n$  невідомих факторів потрібно шукати всього лиш один.

Зворотній зв'язок досягається використанням критерія мінімізації середньоквадратичних відхилень між експериментальними даними  $\Delta_i$  і теоретичним набором  $f_i$ , які підраховані шляхом варіювання параметра  $T_1$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (f_i - \Delta_i)^2} \rightarrow \min. \quad (1)$$

За процедурою пошуку, згідно (1), встановлюється значення параметра  $T_1$ , а також всі зусилля в утримуючих канатах. Це означає, що статична невизначеність висячого газопроводу розкрита, що дозволяє перейти до аналізу його напружено-деформованого стану.

### **Література**

1. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин: Монографія/ Рибак Т.І. – Тернопіль: Збруч, 2002 – 332 с.
2. Тревого І.С. Геодезичний контроль деформацій споруд магістральних газопроводів: монографія / І.С. Тревого, Є.Ю. Ільків, Д.В. Кухтар – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2022 – 351 с.
3. Ripetskyi E., Adaptation of Energy Methods to Automated Calculation of Mobile Machines Frame Constructions/ E. Ripetskyi, R. Ripetskyi, M.Pidgurskyi, I.Pidgurskyi, O.Korobkov. – Physics and Chemistry of Solid State, Vol. 22 No. 2. 2021. – С. 292–299.

УДК 621.82

**О.Л. Ляшук, д-р. техн. наук., проф., Ів.Б. Гевко, д-р. техн. наук., проф., О.П. Цьонь, канд. техн. наук, доц., А.Й. Матвішшин, канд. техн. наук, доц., О.Б. Романюк, Ю.Д. Бодорак**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **СЕНСОРНИЙ НЕРЕГУЛЬОВАНИЙ ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД**

**O.L. Lyashuk, Dr., Prof., Iv.B. Hevko, Dr., Prof., O.P. Tson, Ph.D., Asoc. Prof., A.Y. Matviishyn, Ph.D., Asoc. Prof., O.B. Romanyuk, Y.D. Bodorak**

### **SENSORY UNREGULATED PEDESTRIAN CROSSING**

На сьогоднішній день безпека дорожнього руху та ефективність автомобільних перевезень у значній мірі визначаються якістю організації дорожнього руху, в основу якої входить управління транспортними і пішохідними потоками. Тому застосування сенсорних нерегульованих пішохідних переходів для налагодження переміщення людей набуває широкого використання у галузі транспортних технологій. Використання асиметричного розподілу світла на пішохідних переходах дозволяє більш чітко повідомляти водіїв транспортних засобів про розміщення пішохідного переходу, забезпечує підвищену видимість силуету людини, що підходить або рухається по пішохідному переході з відстані, достатньої для гальмування. Відтак для завчасного сповільнення транспортного засобу нами розроблено схему сенсорного нерегульованого пішохідного переходу, зображену на рис. 1.

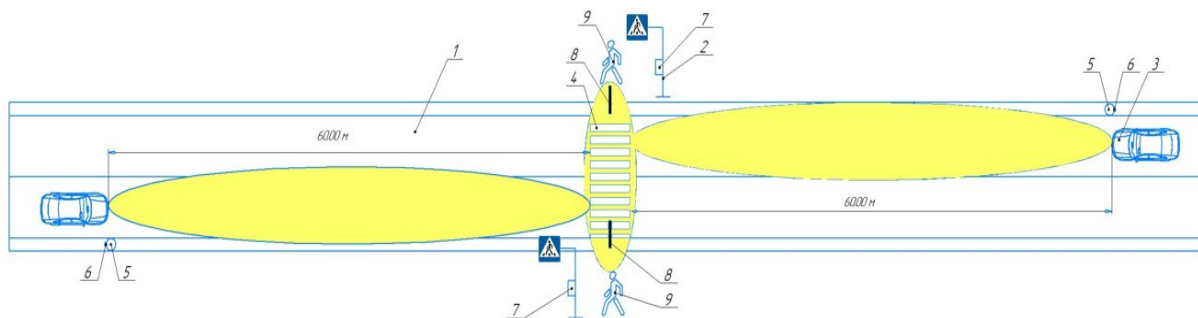


Рис. 1 - Схема сенсорного нерегульованого пішохідного переходу

В основу корисної моделі поставлена задача інформування водіїв транспортних засобів про небезпеку появи пішохода, який знаходиться поза межами зони видимості водіїв. Так при потраплянні пішохода 9 на пішохідний перехід 4 і потраплянні у зону дії сенсорних датчиків 7, які вмонтовані у стійках дорожніх знаків 2, сенсорні датчики 7 у темну пору доби подають сигнал на світильники 8, які включають освітлення пішохідного переходу 4. Аналогічно при потраплянні автомобіля 3 у зону дії додаткових сенсорних датчиків 6, які вмонтовані у стовпцях 5, додаткові сенсорні датчики 6 у темну пору доби подають сигнал на світильники 8, які включають освітлення пішохідного переходу 4. Відтак транспортний засіб 3, що рухається по дорожньому полотні 1 візуально бачить освітленого пішохода 9, який рухається по пішохідному переходу 4, завчасно має можливість зменшення швидкості руху (маневру) до безпечної.

Таким чином запропонований сенсорний нерегульований пішохідний перехід дозволить інформувати водіїв транспортних засобів про небезпеку появи пішохода, який знаходиться поза межами зони видимості водіїв на дорогах у темний час доби.

**УДК 656.073**

**Д.В. Голуб, канд. техн. наук, доц., В.В. Аулін, докт. техн. наук, проф.,  
А.С. Замуренко, асп.**

Центральноукраїнський національний технічний університет, Україна

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
ПРОЦЕСІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА ОПТИМІЗАЦІЄЮ  
ФУНКЦІОНУВАННЯ ПАРКУ МОБІЛЬНИХ МАШИН**

**D.V. Golub, Ph.D, Assoc. Prof., V.V. Aulin, Dr., Prof., A.S. Zamurenko, getter  
INCREASING THE EFFICIENCY OF TRANSPORTATION AND  
TECHNOLOGICAL PROCESSES OF AGRICULTURAL PRODUCTION BY  
OPTIMIZING THE FUNCTIONING OF THE PARK OF MOBILE MACHINERY**

На підприємствах агропромислового виробництва (АПВ) планування транспортно-технологічних робіт проводиться двома способами [1]. Перший полягає в тому, що при складанні виробничо-фінансового плану сільськогосподарського підприємства розраховують об'єм перевезень, який можна здійснити планованим середньосписочним складом парку мобільних машин (ММ) підприємств АПВ, і потім, якщо за рахунок власних засобів перевезення повністю не забезпечуються, то передбачається залучення транспорту інших перевізників.

За другим способом розраховується кількість ММ, необхідних для перевезення планованого об'єму вантажів (по видах засобів і вантажів) на підприємстві АПВ.

Для обґрунтування потреби в ММ необхідно визначити об'єми перевезень по видах вантажів, середню відстань, календарні терміни і тривалість перевезень, розподілити вантажі по видах транспорту з урахуванням реальних умов і можливостей підприємства, встановити техніко-експлуатаційні показники використання окремих видів ММ та розрахувати потребу підприємства в них [2].

Точніше потребу в ММ при плануванні перевезень певних вантажів у встановлені терміни. При цьому визначають час одного рейсу, число рейсів впродовж робочого дня з урахуванням специфіки робіт. Знаючи фактичну вантажопідйомність ММ, визначають об'єм вантажів, який може перевезти один автомобіль за день. Після цього знаходять необхідну кількість ММ, розділивши загальну величину вантажообігу на об'єм вантажу, що перевозиться одним автомобілем за робочий період.

Для визначення сумарної потреби в ММ на планований період при перевезенні усіх видів вантажів розраховують необхідне число вантажних ММ по усіх видах. Будують графік використання вантажних автомобілів на планований період. Розробляють заходи для зниження напруженості транспортно-технологічних робіт, потім встановлюють потрібне число вантажних автомобілів.

Після проведення розрахунків по усіх видах вантажоперевезень складають річний план транспортно-технологічних робіт по підприємству і будують річні графіки використання різних видів ММ [3].

Аналіз літературних джерел дає можливість визначити декілька основних методичних підходів до формування парку ММ: статистичний, монографічний, розрахунково-конструктивний, моделювання і оптимізації.

Найбільш прийнятним і ефективним, на наш погляд, для визначення потреб у парку ММ і його раціонального складу являється застосування методів математичного моделювання у поєднанні з сучасними ПК і пакетами прикладних програм, які дають ряд істотних переваг перед іншими методами. По-перше, повністю реалізується принцип системного підходу, по-друге, підвищується швидкість і якість розробки планів, по-третє, з'являються умови реалізації багатоваріантної постановки завдання,

по-четверте, надається можливість оперативного виправлення відповідно до змін внутрішніх і зовнішніх чинників виробництва.

Моделювання ґрунтується на принципі аналогії між двома об'єктами. Ці об'єкти можуть мати якісно різну природу. Одному з важливих завдань при моделюванні якого-небудь об'єкту, процесу або явища виступає досягнення схожості між оригіналом і його моделлю в поведінці за певних умов [4].

До теперішнього часу накопичений значний досвід по розробці і практичному здійсненню оптимізаційних моделей для різних сторін розвитку агропромислового виробництва. Головними методичними питаннями обґрунтування оптимальних рішень є забезпечення системного підходу, розробка прийнятної математичної моделі, обґрунтування вхідної інформації для складання математичної моделі, моделювання технологічних і організаційно-економічних умов, реалізація математичної моделі на сучасних ПК, аналіз отриманих оптимальних рішень; вибір найбільш прийнятного варіанту, впровадження розробок у виробництво.

При формуванні складу парку автомобільного транспорту і його використанні з безлічі допустимих варіантів завжди є можливість знайти оптимальний за об'єктивно існуючим критерієм оптимальності [5]. Найбільш прийнятним критерієм для вирішення цієї проблеми є мінімум витрат на вантажоперевезення.

Все це свідчить про те, що завдання по оптимальному формуванню і використанню парку автомобільного транспорту на підприємствах АПВ можна представити у вигляді оптимізаційної моделі у рамках лінійного програмування.

Підводячи підсумок вищевикладеному можна, відмітити, що проведені дослідження теоретичних і методичних основ організації транспортно-технологічного забезпечення в аграрній сфері дозволили:

- сформулювати особливості використання парку ММ в АПВ, як галузі, яка не виробляє нової продукції, а тільки бере участь в її створенні;
- виявити специфіку його роботи в агропромисловому виробництві, яка проявляється в сезонності його використання, в поєднанні основного технологічного процесу з транспортуванням;
- обґрунтувати можливість і доцільність використання методів математичного моделювання, сучасних ПК, інших технічних засобів і програмних комплексів для розробки планів формування і використання ММ на підприємствах АПВ, а також для вдосконалення управління і контролю за його діяльністю на основі автоматизованих систем обробки інформації.

### **Література**

1. Вергун М.Г. Управління перевезеннями вантажів у сільському господарстві.- Агроінком, 2008. – № 5-6. – С. 39–43.
2. Аулін В.В., Голуб Д.В., Губка А.Б. Логістичний підхід в дослідженні процесів вантажних перевезень у фермерських господарствах агропромислового комплексу України. - Вісник інж. академії України, 2016. – №4. – С. 61-66.
3. Придюк В.М. Особливості організації перевезень сільськогосподарських вантажів автомобільним транспортом. С/г машини, 2014. – Вип. 28. – С. 68–72.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В., Великодний Д.О. та ін. Розв'язання проблеми надійності технологічних процесів вантажних перевезень підприємствами агропромислового виробництва.- Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – Вип. 1(32). – С. 36-45.
5. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. Удосконалення системи транспортного обслуговування підприємств агропромислового виробництва. - Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 47, ч.ІІ. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. - С. 3-10.

УДК 621.86

**Ів.Б. Гевко, д-р. техн. наук., проф., Р.М. Рогатинський, д-р. техн. наук., проф., О.Л. Левкович, канд. техн. наук, доц., В.О. Тесля канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ  
КУЗОВА НАПІВПРИЧЕПА ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ**

**Iv.B. Nevko, Dr., Prof., R.M. Rogatynskiy, Dr., Prof., M.H. Levkovich, Ph.D., Asoc. Prof., V.O. Tesla Ph.D., Asoc. Prof.**

**TECHNICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION OF PRODUCTION  
TRUCK SEMI-TRAILER BODY**

Враховуючи те, що вітчизняні правила дорожнього руху допускають максимальну фактичну масу завантаженого вантажного автомобіля в розмірі 40 тонн (для контейнеровозів – 44 тонни), слід максимально знижувати масу його кузова для можливості забезпечення перевезення більшої кількості вантажу. Виходячи з нього можна зробити висновок, що при правильному виборі конструкції кузова напівпричепа вантажного автомобіля можна збільшити можливість перевезення вантажу більш ніж на дві тонни. Виходячи з цього нами проведено підрахунок маси кузова зерновоза в залежності від товщини стінки борта (табл. 1) який показав, що різниця маси при використанні товщини стінки борта 5 мм і 3 мм для стандартного кузова габаритами 2,5×8×1,8 (36 м<sup>3</sup>) становить 1769,6 кг.

Таблиця 1

Маса кузова зерновоза в залежності від товщини стінки борта

Елементи кузова	Товщина стінки борта (кг)		
	3 мм	4 мм	5 мм
Лист 1,25x2,50 - 2 шт.	199,6	199,6	199,6
<b>Борти</b>			
Стійки на борти			
Лист (1,0x2,0) = 8 шт.	8x49=392	8x64,6=516,8	8x80,66=645,2
Борти бокові, лист (1,25x2,50) = 15 шт. Борти (передній і задній), лист (1,25x2,50) - 2 шт.	15x75,8=1137	15x99,8=1497	15x126=1890
<b>Дно кузова</b>			
Короба, лист (1,25x2,50) = 5 шт.	5x75,8=379	5x99,8=499	5x126=630
Дно кузова, лист (1,25x2,50) = 7 шт.	7x75,8=530,6	7x99,8=698	7x126=882
<b>Профіль</b>			
8x6 = (2x12) = 24 м/п.	24x6,5=156	24x8,48=203,5	24x10,4=249,6
6x6 = (2x12) = 24 м/п.	24x5,5=132	24x7,17=172	24x8,3=199,2
6x6 = 8,32 м/п.	8,32x5,3=44	8,32x5,3=44	8,32x5,3=44
<b>Двотавр</b>			
3,33 м/п.	3,33x18,4=61	3,33x18,4=61	3,33x18,4=61
Лист <u>сталевий</u> (t=10 мм) = 0,3 м <sup>2</sup> .	213	213	213
<b>Разом</b>	3244	4104,5	5013,6



У результаті проведеного дослідження на основі розробленої САД – моделі напружено-деформованого стану дна КНВА [1] (рис. 1 і рис. 2) і його бортів з товщиною стінки в діапазоні від 3 мм до 5 мм було встановлено, що при раціональній конфігурації ребер жорсткості товщину стінки борта можна приймати у розмірі 3 мм. Отримані результати [1] якраз і стали основою для прийняття інженерних рішень з удосконалення конструкцій кузовів напівпричепів вантажних автомобілів.

Враховуючи проведені дослідження було виконано техніко-економічних підрахунок ефективності використання КНВА виконаних із товщиною листів стінки борта розміром 3 мм у порівнянні з класичними бортами (5 мм). Розрахунки проведемо виходячи з цінової політики до початку війни в Україні станом на 23.02.2022 р. Для цього використаємо наступні вихідні дані транспортного розрахунку зернового із стандартним кузовом габаритами 2,5×8×1,8 (36 м<sup>3</sup>).

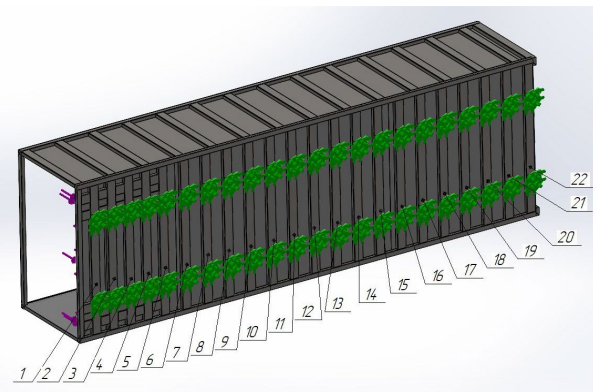


Рис. 1 - Схема розміщення швелерів на САД - моделі кузова

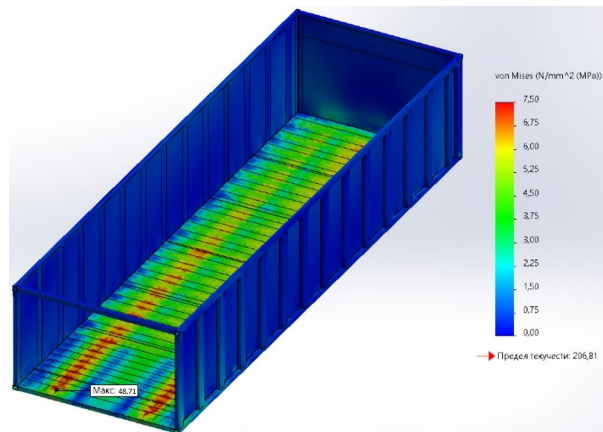


Рис. 2 - Статичне напруження, що діє на швелер ( $t_{шв}=3$  мм,  $t_{л.дн}=3$ ,  $\sigma_T=206,8$  МПа)

В результаті проведених розрахунків було встановлено, що загальна річна економія коштів за рахунок використання бортів товщиною стінки 3 мм у порівнянні з 5 мм (з врахуванням середньої вартості тонни листового металу на кінець травня 2022 р. [<http://www.rost.te.ua/products/mataloprokat.htm>]) та з врахуванням тривалості амортизації КНВА (група 5 основних засобів [<https://news.dtkr.ua/taxation/profits-tax/65634>] – транспортні засоби (мінімально допустимі строки корисного використання – 5 років)), а також із врахуванням розходу палива (за ціною 70 грн. на кінець травня 2022 р. в Україні) і можливості додаткового перевезення вантажу за рахунок зміни загальної маси кузова за рахунок вдосконалення конструкції КНВА становитиме:

$$E_p = 44100 + 16800 \approx 60900 \text{ грн.}$$

Якщо враховувати мінімальний термін експлуатації КНВА 5 років, то сума економія коштів за рахунок вдосконалення конструкції КНВА із стандартним кузовом габаритами 2,5×8×1,8 (36 м<sup>3</sup>) приблизно складе 304,5 тис. грн. Це доводить ефективність розроблення інженерних рішень з удосконалення конструкцій кузовів напівпричепів вантажних автомобілів.

### Література

1. Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Левкович М. Г., Вовк Ю. Я., Сташків М. Я., Капський Д. В. Дослідження напружено-деформованого стану дна кузова напівпричепи вантажного автомобіля. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. № 1 (24). С 93-103.

УДК 621.33

**О.Л. Ляшук, д-р. техн. наук., проф., Ів.Б. Гевко, д-р. техн. наук., проф.,**

**Р.В. Хорошун, асистент, Б.Р. Гевко, канд. екон. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **СТЕНДИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ**

**O.L. Lyashuk, Dr., Prof., Iv.B. Nevko, Dr., Prof., R.V. Khoroshun, B.R. Nevko, Ph.D.**  
**STANDS FOR RESEASCHING CAR SUSPENSION CHARACTERISTICS**

Підвіска автомобіля має надзвичайно серйозне значення при його експлуатації. Від її надійної роботи залежить довговічність і надійність роботи багатьох систем автомобіля. Тому наші зусилля направлені на її дослідження при використанні спеціально розробленого стендового обладнання.

Зокрема нами розроблено стенд для дослідження характеристик підвіски автомобіля (пат. України № 150771), який виконано у вигляді рами 1, на якій закріплено опору 2 і механізму приводу коліс 9 (рис. 1). Механізм приводу коліс 9 приводить в обертний рух привідні барабани 4, які приводять у рух стрічку 3. У стрічці 3 виконані отвори 7, в які кріпляться перешкоди руху 8. Натяг стрічки 3 забезпечується натяжним 6 та опорним 5 роликками, які закріплені в опорі 2. Також в опорі 2 закріплені кріпильні елементи 11, у яких встановлена підвіска автомобіля 10 з колесом 14 та пристрій для показу досліджуваних даних 17. Регулювання параметрів підвіски автомобіля 10 проводиться навантажувальним механізмом 12 і регульованою пневмокамерою 13. Параметри механізму приводу коліс 9 регулюються з ПК 16 через перетворювач частоти 15. Після подачі сигналу з ПК 16 через перетворювач частоти 15 механізм приводу коліс 9 приводить в рух привідні барабани 4, які приводять у рух стрічку 3. При русі стрічки 3 перешкоди руху 8, які закріплені в її отворах 7, попадають під колесо 14, що спричиняє спрацювання підвіски автомобіля 10 і корегування її параметрів регульованою пневмокамерою 13. При цьому зміна параметрів підвіски автомобіля 10 знімається на пристрою для показу досліджуваних даних 17.

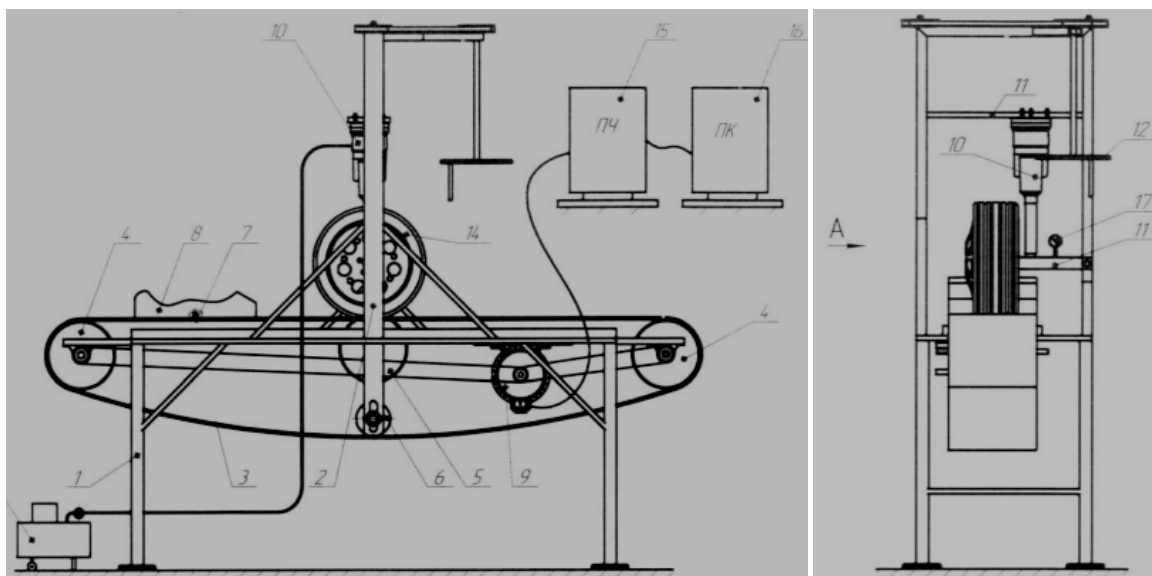


Рис. 1 - Схема стенду зі стрічкою для дослідження характеристик підвіски автомобіля

Також нами розроблено ще одну конструкцію стенда для дослідження характеристик підвіски автомобіля (пат. України № 148601), який виконано у вигляді

рами 3, на якій закріплено навантажувальний механізм 11 і кріпильні елементи 12 підвіски автомобіля 14 з колесом 10 (рис. 2). Підвіску автомобіля 14 з'єднано із регульованою пневмокамерою 15, а також у ній вмонтовано датчик 13 показу досліджуваних даних. Колесо 10 підвіски автомобіля 14 знаходиться в контакті з можливістю колового обертання з торцевою поверхнею поворотного стола 4, який встановлено з можливістю колового обертання в підшипниковій опорі 5 на нерухомому столі 2. Нерухомий стіл 2 жорстко встановлено на опорах 1. Поворотний стіл 4 приводиться в рух електроприводом 18, параметри руху якого регулюються з персонального комп'ютера 17 через перетворювач частоти 16. На торцевій поверхні поворотного стола 4 виконано паз 6, в якому гвинтами 9 закріплено виступи меншої 8 та більшої 7 висоти (перешкоди). При проведенні дослідів після подачі сигналу з ПК 17 через перетворювач частоти 16 електроприводом 18 приводиться в обертаний рух поворотний стіл 4, з яким контактує колесо 10. Відповідно колесо 10 починає обертатись наїжджаючи на виступи меншої 8 та більшої 7 висоти (перешкоди), що призводить до спрацювання підвіски автомобіля 14 і корегування її параметрів регульованою пневмокамерою 15. При цьому зміна параметрів підвіски автомобіля 14 фіксується через датчик 13 показу досліджуваних даних.

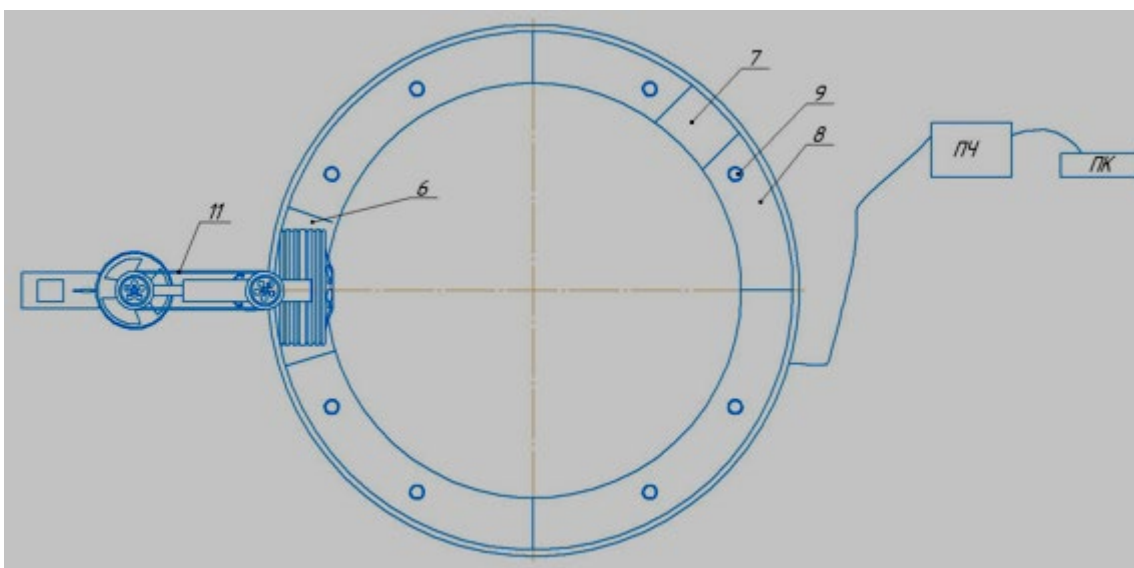
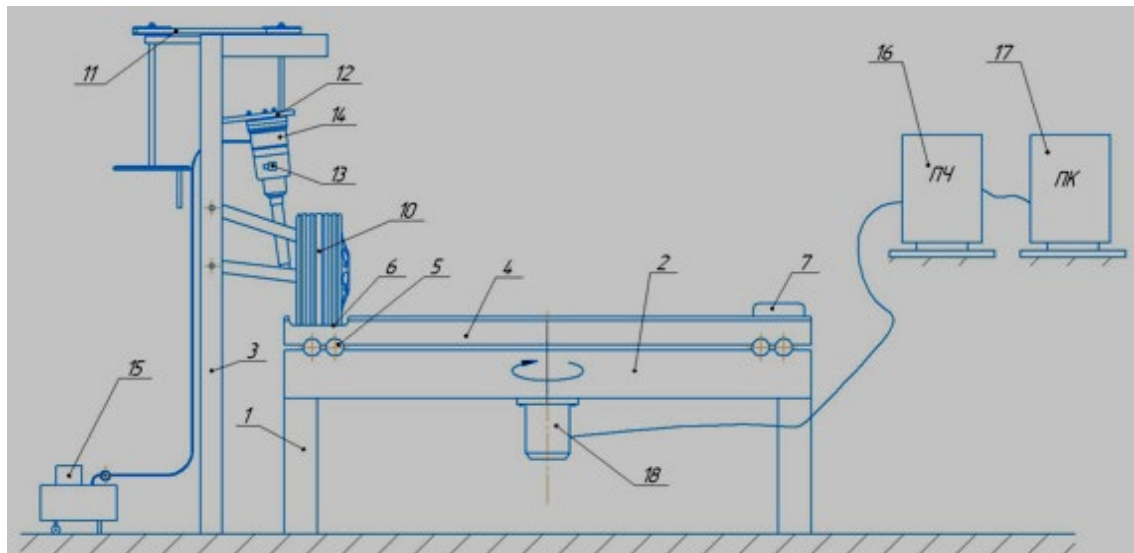


Рис. 2 - Схема стенду зі стрічкою для дослідження характеристик підвіски автомобіля

УДК 621.33

Ів.Б. Гевко, д-р. техн. наук., проф., В.З. Гудь, д-р. техн. наук, доц., Л.М. Слободян, канд. техн. наук, М.Д. Сіправська

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЛЬМІВНИХ ДИСКІВ АВТОМОБІЛЯ

Iv.B. Nevko, Dr., Prof., V.Z. Hud, Dr., Asoc. Prof., Ph.D., L.M. Slobodian, Ph.D., M.D. Sipravska

### STAND FOR RESEARCH CHARACTERISTICS OF CAR BRAKE DISCS

Гальмівна система автомобіля забезпечує безпеку його експлуатації і від її надійної роботи залежить життя і здоров'я пасажирів та пішоходів. Тому значні зусилля направляються на її вдосконалення. Відтак нами було розроблено стенд для дослідження характеристик гальмівних дисків автомобілів (пат. України № 150772), який виконано у вигляді рами 5, на якій закріплено навантажувальний механізм 12 і кріпильні елементи 13 досліджуваного гальмівного диску автомобіля 4 (рис. 1). Гальмівний диск автомобіля 4 приводиться в обертний рух через запобіжну муфту 3 приводом 2, параметри роботи якого регулюються з персонального комп'ютера (ПК) 14 через перетворювач частоти (Altivar) 15. Привід 2 і раму 5 закріплено на опорі 1. У навантажувальному механізмі 12 встановлено гвинт 8 з виконаними на обох його сторонах різносторонніми різьами 9 і 10, на яких з можливістю осьового зміщення знаходяться ліва і права навантажувальні щоки 7. На обернених до досліджуваного гальмівного диску автомобіля поверхнях щік 7 закріплено гальмівні елементи 6. Також на торцевій поверхні гвинта 8 виконано багатогранник 11 для забезпечення навантаження гальмівними елементами 6 гальмівного диску автомобіля 4. До навантажувального механізму 12 підключено електронний динамометр 16 для показу досліджуваних даних. Після подачі відповідного сигналу з ПК 14 через перетворювач частоти 15 привід коліс 2 через запобіжну муфту 3 приводить в рух гальмівний диск автомобіля 4. Далі шляхом провертання гвинта 8 багатогранником 11 здійснюється задане навантаження гальмівними елементами 6 на гальмівний диск автомобіля 4. Величина навантаження фіксується електронним динамометром 16, а регулювання параметрів роботи приводу 2 та їх фіксація здійснюється у ПК.

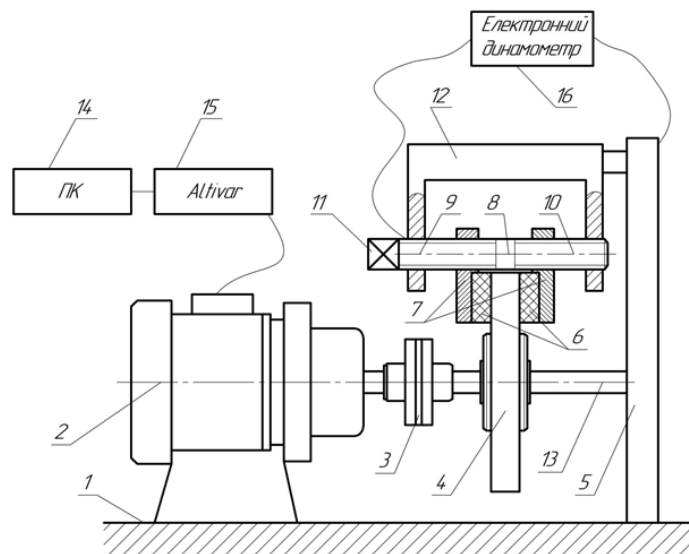


Рис. 1 - Схема стенду для дослідження характеристик гальмівних дисків автомобілів

УДК 656.052

О.П. Цьонь, канд. техн. наук, доц.; О.Л. Ляшук, докт. техн. наук, проф.;

Н.Я. Рожко, докт. екон. наук, доц.; У.М. Плекан, канд. екон. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, (Україна)

## МОДЕЛЮВАННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

О.Р. Tson, Ph.D., Assoc. Prof.; O.L. Lyashuk, Dr., Prof.; N.Ya. Rozhko, Dr., Assoc. Prof.; U. M. Plekan, Ph.D.

### SIMULATION OF WAYS TO INCREASE ROAD TRAFFIC SAFETY

Проведена комплексна оцінка функціонування системи водій – автомобіль – дорога – середовища із обґрунтуванням показників роботи підсистем водій – дорога та автомобіль – середовище дозволила стверджувати, що одним із ефективних шляхів підвищення рівня безпеки руху пішоходів є облаштування безпечних пішохідних переходів із створенням видимого контрасту між пішохідним переходом та поверхнею дороги шляхом використання асиметричного розподілу світла.

Розроблені рекомендації по підвищенню безпеки дорожнього руху пропонується впровадити на автодорозі Р-41 «Обхід м. Тернополя» на вулиці Степана Будного, де за період з 01.01.2021 по 31.07.2021 року зафіксовано ріст ДТП з постраждалими на нерегульованому пішохідному переході (рис. 1) у порівнянні з аналогічним періодом 2020 року на 200% або з 2 до 6 фактів, та збільшення кількості травмованих осіб з 3 до 10 або приріст 233%.

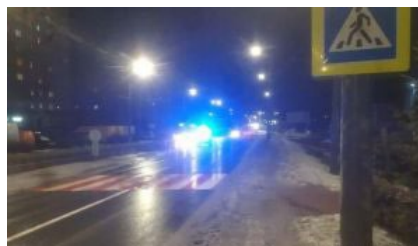


Рис. 1 – Місце концентрації ДТП на вул. С. Будного м. Тернопіль

Використання асиметричного розподілу світла дозволить більш чітко повідомляти водіїв транспортних засобів про розміщення пішохідного переходу, забезпечить підвищену видимість силуету людини що підходить або рухається по пішохідному переході з відстані достатньої для гальмування (для швидкості 50 км/год відстань видимості повинна становити 100 м.) (рис. 2).

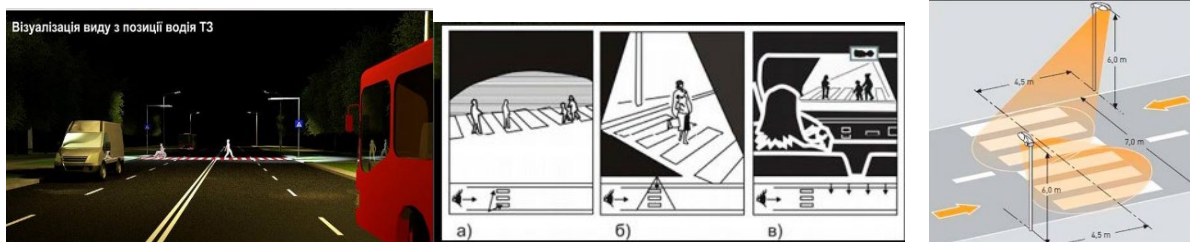


Рис. 2 – Модель реконструкції нерегульованого пішохідного переходу на вул. С. Будного м. Тернопіль

Економічний розрахунок вартості облаштування даного нерегульованого пішохідного переходу проводився у відповідності до Наказу Мінрегіону «Про затвердження кошторисних норм України у будівництві» № 281 від 1.11.2021р., де встановлено його вартість у розмірі 94 тисячі гривень (із врахуванням проектно-кошторисної документації).



УДК 628.862.3

А.І. Станько, А.Є. Дячун, канд. техн. наук, доц., І.В. Головатий

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ЕЛАСТИЧНИХ ЩІТКОПОДІБНИХ ГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

A.I. Stanko, A.Ye. Diachun, Ph.D., Assoc. Prof.

### THE STUDY OF ELASTIC BRUSHED SCREW WORKING BODIES DEFORMATION FOR BULK MATERIALS TRANSPORTATION

В агропромисловому виробництві у технологічних процесах транспортування сипких матеріалів, для яких однією із основних вимог є мінімізація травмування матеріалу розроблені гвинтові конвеєри із еластичними щіткоподібними гвинтовими робочими органами (ЕЩГРО) (рис. 1).

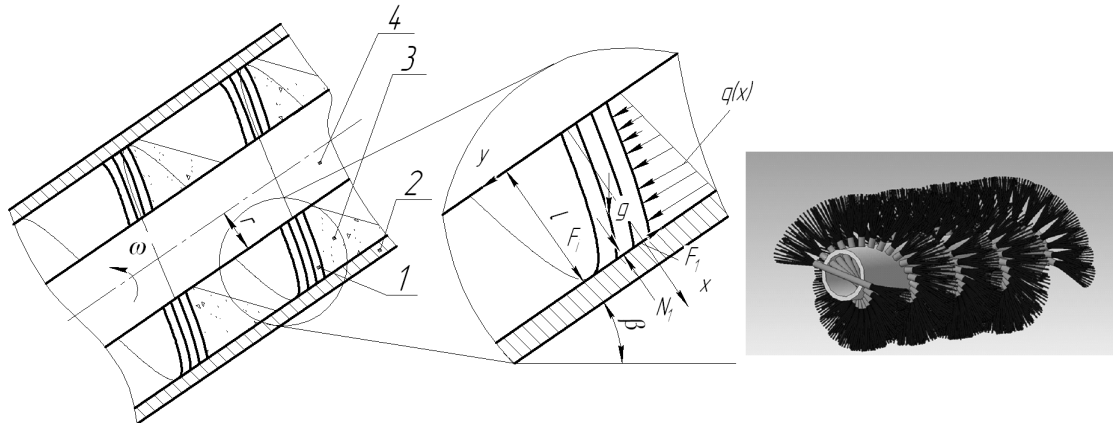


Рис. 1 – Розрахункова схема для визначення деформації ЕЩГРО при транспортуванні сипких матеріалів: 1 - ЕЩГРО; 2 – кожух; 3 – сипкий матеріал; 4 – вал

На основі розрахункової схеми рис. 1 виведено диференціальне рівняння деформації ЕЩГРО при транспортуванні сипких матеріалів:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{nEI}{m(x)} \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} - \frac{N_1}{m(x)} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + (\omega^2 (r+x) + g \cos \beta) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{F_1}{m(x)} - \frac{\int_0^l q(x) dx}{m(x)} - g \sin \beta,$$

де  $n$  - кількість волокон ЕЩГРО в поперечному напрямку,  $E$  - модуль пружності матеріалу ЕЩГРО;  $I$  - момент інерції поперечного перерізу волокна ЕЩГРО;  $m(x)$  - погонна маса волокон вздовж вісі  $x$ ;  $N_1$  - зусилля початкової деформації волокон ЕЩГРО при його встановленні у кожух;  $\omega$  - кутова частота обертання ЕЩГРО,  $r$  - радіус центрального вала;  $\beta$  - кут нахилу кожуха;  $F_1$  - сила тертя між волокнами ЕЩГРО та кожухом;  $q(x)$  - розподілене навантаження на волокна ЕЩГРО під час транспортування сипкого матеріалу;  $l$  - довжина робочої частини волокон ЕЩГРО.

Розв'язок диференціального рівняння проведено поєднанням методів розділення змінних та чисельного методу Рунге-Кутта, побудовано відповідні графіки. При цьому рівняння задовольняло однорідні граничні умови:  $y(0,t) = 0$ ;  $y(\mu l,t) = 0$  та початкові умови:  $y(x,0) = 0$ ;  $y'(x,0) = 0$ , де  $\mu$  - коефіцієнт довжини, що залежить від способу закріплення волокон.

УДК 656. 12. 83(075.8)

Д.З. Шматко, канд.техн.наук, доц. О.О. Сасов, канд.техн.наук, М.Д. Сподинець  
Дніпровський державний технічний університет, Україна

**РОЗВ’ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ВИБОРУ КІЛЬКОСТІ ТА ТИПАЖУ АВТОМОБІЛІВ  
ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

**D. Shmatko, Ph.D, Assoc. Prof, O. Sasov, Ph.D, Assoc. Prof, M. Spodynets, Master  
SOLVING THE PROBLEM OF CHOOSING THE NUMBER AND TYPE OF  
VEHICLES WHEN PROVIDING TRUCK TRANSPORTATION**

Метою роботи є вирішення взаємопов’язаних задач по визначенню спеціалізації та підбору вантажопідйомності рухомого складу, що забезпечує низьку собівартість перевезень і високу продуктивність автомобіля.

Оскільки вибір вантажопідйомності автомобіля для доставки вантажів на маршрутах розвезення являє собою екстремальну задачу, а значення оптимальної вантажопідйомності автомобіля залежить від середнього розміру партії вантажу, являє інтерес сумісний розв’язок задач вибору розміру партії вантажів і вантажопідйомності автомобіля [1-3]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial S(q_p, q_a \gamma_p)}{\partial q_p} &= 0 \\ \frac{\partial S(q_r, q_a \gamma_p)}{\partial (q_a \gamma_p)} &= 0 \end{aligned} \right\} q_r = q. \quad (1)$$

Залежність загальних затрат, що приходяться на 1 т перевезеного вантажу, від середнього розміру партії  $q$  подається рівнянням

$$S(q) = a + \frac{b}{q} + cq. \quad (2)$$

Щоб визначити як залежить від вантажопідйомності автомобіля  $q_a \gamma_p$  загальні витрати, необхідно в рівнянні замінити функцію  $S_T(q)$  відповідною формулою, що відображує залежність від цієї величини собівартості доставки [4].

Диференціюючи рівняння (1) залежності витрати на 1 т вантажу, що перевозиться, відповідно за  $q_p$  *opt* і  $q_a \gamma_p$  *opt*, і прирівнюючи до нуля, приходимо до виразів

$$q_{p\text{opt}} = (1 + k_T) \sqrt{\frac{a_{e.з}(1 + k_c) + \frac{C_{км}}{\delta} \left( \bar{l}_{(i-1)-i} + \frac{l_H}{T_H} t_3 \right) + C_{noc} t_3}{[0,5C_{зб} + C_{таp} k_T k_{не}(1 + k_c)]} r} \quad (3)$$

$$q_{a\gamma\text{opt}} = (1 + k_T) \sqrt{\frac{q_p (r \bar{l}_i - \bar{l}_{(i-1)-1}) a_{км}}{b_{км} \bar{l}_{(i-1)-1} + \left( \frac{l_H}{T_H} b_{км} + \delta b_{noc} \right) [t_T (1 + k_c) q_p + t_3]} \quad (4)$$

Величини  $C_{км}$  та  $C_{noc}$  в рівнянні (3) залежать від вантажопідйомності автомобіля. Найбільш просто ця система (3-4) розв’язується ітераційним методом.

Задаючи повну вантажопідйомність автомобіля за формулою (3) знаходять відповідний їй оптимальний розмір середньої партії вантажу, а потім за формулою (3) – відповідну оптимальну вантажопідйомність. Обчислення повторюють до тих пір, поки два послідовних розрахунки не приводять до вибору однієї і тієї вантажопідйомності:



ця вантажопідйомність і відповідний їй середній розмір партії вантажу є оптимальними.

Найпростішою моделлю управління запасами є модель, в якій затрати на виконання замовлення не залежить від розміру партії вантажу.

Але більш поширеним випадком є випадок, коли вартість виконання замовлення партії вантажу розміром  $q$ .

$$S_{зам}(q) = a_{в..з} + b_{в..з} \cdot q, \quad (5)$$

де  $a_{в..з}$  та  $b_{в..з}$  – сталі величини.

Визначаємо вартість організації замовлення партії вантажу виразом

$$S_{зам}(q) = \begin{cases} a_{в..з} + b_{в..з} \cdot q, & q > 0; \\ 0, & q = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Розглянемо найпростішу модель управління запасами однорідної продукції при відомому постійному попиті з інтенсивністю  $r$ . Невідомою величиною у цьому випадку є розмір поставки  $q$ , пов'язаний з розміром партії продукції, що завозиться

$$q_n = q(1 + kr) \quad (7)$$

При детермінованих попиті і поставці не виникає необхідність у страхуванні запасу – замовлення повторюється після зменшення запасу.

Поточне значення запасу в момент часу  $t$  характеризує функція

$$x(t) = q_n - rt. \quad (8)$$

З умови  $x(t_d) = 0$  визначають інтервал доставки

$$t_d = \frac{q_n}{r} \quad (9)$$

Для кожного інтервалу доставки динамічну задачу розв'язують незалежно, тобто, розглядають послідовність незалежних статичних задач (моделей).

В першій моделі мають значення тільки затрати виконання замовлення і вартість збереження. Часті замовлення дрібними партіями збільшують затрати організації замовлення, а рідкі, що здійснюються великими партіями – затрати збереження.

Виходячи з конкретних умов, можна встановити взаємозв'язок між відстанню перевезення вантажу, розміром його денного споживання, вартістю вантажу та оптимальною вантажопідйомністю рухомого складу, при якій сумарні затрати, що складаються з затрат на перевезення вантажу, вартості матеріальних засобів в обігу та капіталовкладень в рухомий склад й складське господарство, досягають мінімуму.

### **Література**

1. Давидич Ю.А., Северин А.А., Засядько Д.В. Исследование закономерностей изменения параметров движения автомобилей при перевозке грузов / Ю.А. Давидич, А.А. Северин, Д.В. Засядько // Наукові праці КДПУ. – Кремечук: КДПУ, 2002. – Вип. 3(14). С. 56-58
2. Геронимус Б.Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1988. – 192 с.
3. Канарчук В.Є., Курніков І.П. Виробничі системи на транспорті: підручн. – К.: Вища школа, 1997. – 359 с.
4. Русев Г.В. Организация автомобильных перевозок. – К.: Вища школа, 1991. – 256 с.

**УДК 339.9:656.02**

**У.М. Плекан, к.е.н.**

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

## **ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ УКРАЇНИ**

**U.M. Plekan, Ph.D.**

### **PROBLEMS OF INTERNATIONAL CARGO TRANSPORT DEVELOPMENT BY UKRAINIAN ROAD TRANSPORT**

Автомобільний транспорт займає чільне місце в здійсненні зовнішньої торгівлі України та транзиту через державу.

Зважаючи на несприятливі соціально-політичні фактори обсяги транзиту через територію України останніми роками скоротилися, як і зовнішньоекономічні вантажопотоки загалом. Скорочуються надходження до бюджету, страждає економіка України. Така ситуація потребує нагального комплексного вирішення, а саме удосконалення організаційного розвитку транспортних коридорів для оптимізації перевезень та економіко-правового забезпечення перевезень.

Негативними чинниками, що стримують розвиток міжнародних автомобільних перевезень, на нашу думку, є:

1. недосконала нормативно-правова база щодо здійснення міжнародних перевезень вантажів та пасажирів;
2. недостатня кількість облаштованих сервісних зон для транспортних засобів недалеко пунктів перетину державного кордону;
3. нерозвинена інфраструктура, невідповідність нормам ЄУТР;
4. непрозорий механізм видачі дозволів перевізникам та їх розподіл;
5. недосконалість технології перетину державного кордону, процедури розмитнення вантажів, отримання віз у посольствах тощо;
6. відсутність чинного механізму фінансування й утримання зон сервісного обслуговування;
7. неузгодженість в роботі контрольних служб;
8. більша затримка транспортних засобів на кордонах України у порівнянні з іншими країнами Європи.

Для покращення існуючого становища та приведення національної мережі міжнародних транспортних коридорів у відповідність Європейської транспортної системи необхідно запровадити низку заходів, зокрема:

1. адаптувати законодавчу базу в даній сфері до Європейських аналогів;
2. модернізувати та уніфікувати порядок перетину державного кордону України транспортними засобами (відповідно до вимог міжнародних конвенцій);
3. укорінити мережу митних терміналів приймання і тимчасового зберігання вантажів, що перевозяться в міжнародному сполученні для скорочення часу виконання усіх митних процедур;
4. удосконалити тарифно-цінову та податкову політики;
5. впровадити й поширити сучасні технології та забезпечити взаємодію усіх учасників міжнародних перевезень вантажів;
6. розширити міжнародне співробітництво у сфері перевезень вантажів.

Зазначені заходи стануть основою зростання кількості перевезень через державний кордон України та залучення додаткових коштів до бюджету.

**УДК 656**

**М.В. Бабій, к.т.н., доц.; В.А. Бабій; В.А. Олійник**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ПАСАЖИРІВ**

**M. Babii, Ph. D., Assoc. prof.; V. Babii; V. Oliiynyk**

## **USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR OPTIMIZING ROUTES DURING PASSENGERS' TRANSPORTING**

В час бурхливого розвитку науково-технічного прогресу людина постійно поспішає. Для оптимального її переміщення є необхідність опрацьовувати великі об'єми інформації, адже міська мережа насичена великою кількістю транспортних засобів, які циклічно курсують вулицями міста. Те саме стосується і громадського транспорту. Тому пасажирові, щоб добратися за місцем призначення та ще й за оптимальним маршрутом, необхідно чітко знати тип та номер пасажирського транспорту. Це не зовсім проста задача, особливо для гостей конкретного міста. Разом з тим, нераціональний маршрут породжує збільшення пасажиропотоків і т.д.

Звичайно, що дане питання можна досить легко вирішити з використанням спеціалізованих програм, які відслідковують рух транспорту вулицями міста та легко встановлюються у смартфоні. Але не варто забувати, що є значна категорія людей, які або не мають смартфонів, або не зовсім досконало вміють ними користуватися, або не знають, що існують цифрові програми з такими сервісами.

Тому для зручності пасажирів, які вже знаходяться на зупинці доцільним було б встановлення інформаційних екранів на зупинках, за допомогою яких можна переглядати, де знаходиться найближчий потрібний транспортний засіб, а також задати пункт прибуття пасажира та обрати найкоротший маршрут руху.

В даний час на зупинках та зупиночних пунктах можемо спостерігати інформаційні екрани, які видають мінімальну інформацію про наближення того чи іншого маршрутного пасажирського транспорту. Але, не знаючи його подальшого маршруту, ми не розуміємо чи можемо ним скористатися для переміщення в точку призначення і чи це найраціональніший шлях. Решту інформації на екранах рекламного характеру і ніякого відношення до підвищення якості організації пасажирів не має.

Тому, проаналізувавши наявну велику кількість інформаційних екранів на зупинках громадського транспорту, пропонується розробити спеціальне програмне забезпечення, яке було би сумісним з існуючими програмами, які в онлайн-режимі відслідковують рух громадського транспорту та мають змогу прокладати оптимальні маршрути, для надання такої сервісної послуги пасажирам, що очікують транспорт. Наприклад, я знаходжуся на зупинці «А» і мені потрібно оптимальним маршрутом переміститися в пункт «Б». Підходжу до інформаційного екрану та за допомогою пристрою вводу набираю адресу (назву, відмічаю на карті тощо) пункту «Б» і мені висвітлюються можливі маршрути через дану зупинку або з'являється повідомлення з рекомендацією перейти на найближчу зупинку для здійснення оптимального переїзду.

Таким чином, це значно підвищить комфорт переміщення пасажирів містом, зменшить невиправдане збільшення пасажиропотоків із-за помилкових переїздів та зекономить час пасажирам, що поспішають.

### **Література**

1. Розумний транспорт і логістика для міст : навчальний посібник / [авт. колетив: О.О. Лобашов, М.В. Ольхова, А.С. Галкін та ін.]. Житомир : «Житомирська політехніка», 2021. 612 с.

**УДК 629.1.05:62-5**

**М. С. Олісевич, докт. техн. наук, проф., А. О. Шарибура, канд. техн. наук, доц.,  
В. І. Рис, канд. техн. наук, Р. І. Барабаш, канд. техн. наук**

Львівський національний університет природокористування, Україна

### **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНОГО РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ОПТИМАЛЬНИМ ОБСЯГОМ ІНФОРМАЦІЇ**

**M. Oliskevych, Dr. Prof., A. Sharibura, Ph.D., Assoc. Prof., V. Rys, Ph.D.,  
R. Barabash, Ph.D.**

#### **PROVIDING ENERGY-SAVING VEHICLE MOVEMENT WITH OPTIMUM AMOUNT OF INFORMATION**

Заощадження енергоресурсів та зниження забруднення довкілля є одними з найбільш актуальних проблем сучасності. Одним із способів їх вирішення є застосування автоматизованих систем керування транспортними засобами, які діють в рамках інтелектуальних транспортних систем (ІТС). Використання мінімуму енергетичних ресурсів для дорожнього транспорту є можливим, якщо вдало використовувати інформацію про дорожні і транспортні умови і не розпоршувати енергію на гальмування, чи пригальмовування. Однак, випадковий характер умов руху ускладнює дотримання такого способу керування. Засоби телеметрії, які стрімко розвиваються останнім часом, поки ще не дають належних підстав для впровадження ІТС [1]. Адже із зростанням горизонту прогнозування похибка оцінювання дорожніх перешкод збільшується. Для підвищення ефективності прогнозування використовують мережу бортових телеметричних систем, які взаємодіють. Однак кількість підключених транспортних засобів до такої мережі є вкрай малою, що унеможливорює виконання її функцій [2]. Тим не менше, циклічна робота як двигунів внутрішнього згорання, так і електричних двигунів, а також гібридних енергоустановок в транспортних циклах становить великий інтерес дослідників як засіб зниження витрат палива та зменшення забруднення довкілля [1, 3].

Пропонуються адаптивні стратегії еко-керування, які базуються на модифікованих системах круїз-контролю, які служать порадином водія й іноді корегують його дії. Усі ці системи використовують прогнозування умов руху для вироблення оптимальних керівних дій. Функція мети є мінімум динамічних маневрів автомобіля, які, на думку багатьох дослідників, є причинами понаднормової витрати палива. Метою наших досліджень було встановити відповідність вибору програми руху умовам безпеки руху і максимальної енергетичної оощадності важковагового транспортного засобу по автостраді міжміського маршруту. Був досліджений рух автомобіля в магістральному транспортному потоці на міжміських маршрутах. Ми розглядаємо автомобіль як суб'єкт ІТС. Рух автомобіля здійснюється при керуванні бортовою автоматизованою системою і наглядом водія. Бортова система автомобіля є підключена до інтелектуальної транспортної системи типу V2V + V2I [4]. Ми прийняли таку гіпотезу, що під час руху по заданому маршруту при відомих дорожніх і транспортних умовах енергія силового агрегату вантажівки не буде витрачатись на сповільнення. Гальмування транспортного засобу відбувається шляхом витрачання кінетичної енергії на опір руху. Також враховано, що додатну роботу може виконувати не тільки рушійна сила  $P_k$ , а й горизонтальна складова гравітаційної сили  $P_i$  на схилах автомагістралі. Зміст задачі полягає у тому, щоб вибрати такі режими руху вантажівки на автостраді, які дозволяють прибути з початкового в кінцевий пункт заданого маршруту з мінімальними витратами енергії при дотриманні заданого часового графіка. Випадкові перешкоди є також додатковими обмеженнями задачі. Враховуючи принцип

оптимальності керування Понтрягіна, а також алгоритми динамічної оптимізації Беллмана, маршрут можна поділити на ділянки так, щоб загальна програма керування рухом  $u(t)$ ,  $x=0\dots S_m$ , що складається з часткових оптимальних програм  $u(x_j)$ ,  $j=x_{j.o}\dots S_j$ , була також оптимальною. Розв'язок такої локальної задачі було знайдено методами варіаційного числення. Виконана оптимізація горизонту прогнозування швидкості транспортного засобу на міжміській автомагістралі. Виявлено, що загальний обсяг інформації зростає при збільшенні дистанції процесу сканування трафіку. Частка достовірної інформації при цьому зменшується. Виявлено, що залежність показників якості контролю руху транспортного засобу від розміру горизонту прогнозування є кусково-неперервною. На кожній неперервній ділянці залежність має оптимальне значення горизонту. Наступне завдання досліджень передбачає тепер виконання оптимізації при різних умовах інформаційного забезпечення руху. Сформульовану теоретичну модель застосовано для розроблення реальних енергоощадних циклів для дорожніх умов на прикладі міжміського автомобільного маршруту Львів-Стрий на ділянці дороги Е-471. Для того, щоб перевірити теоретичні твердження на основі концептуальної моделі, було проведено експерименти. Результати моделювання і експериментальні дослідження показують, що найбільш енергоощадною програмою руху транспортного засобу по прямолінійній горизонтальній автомагістралі є коливний рух, який включає фази розгону і вільного кочення. Тривалість кожної з цих фаз залежить від сумарного дорожнього опору, та від потужнісно-вагових параметрів транспортного засобу і від циклового пробігу. Якщо горизонт достовірного прогнозування скорочується, то це не перешкоджає отримати мінімальні сумарні витрати енергії на сумарному заданому відтинку маршруту. При будь-якому горизонті прогнозування імпульсний рух на горизонтальній прямолінійній дорозі дає більше заощадження енергоресурсів, ніж будь-яка програма руху на горбистій автомагістралі.

Якщо змінюються дорожні і транспортні умови руху, при цьому скорочується горизонт прогнозування, що спричиняє, в свою чергу, то витрати енергії на один і той ж відтинок автомагістралі зростають. Однак, при цьому більше використовується потенціал горбистої дороги. Енергетичні витрати циклів на дорозі з нерівномірним дорожнім опором у великій мірі залежить від початкової і кінцевої бажаної швидкостей. Різниця у витраті ресурсів може відрізнятись до 17%. Розроблені енергоощадні цикли можуть використовуватись в управлінні важковаговим транспортним засобом при русі по автомагістралі, при умові взаємодії з телеметричними засобами. Обов'язковими умовами досягнення мінімально можливих енерговитрат для заданого важковагового транспортного засобу є мінімальний горизонт прогнозування дорожніх умов та відомих транспортних перешкод.

### **Література**

1. XU, Chu, et al. Engine-in-the-Loop Study of a Hierarchical Predictive Online Controller for Connected and Automated Heavy-Duty Vehicles. SAE Technical Paper, 2020.
2. FARAG, Wael. Complex-track following in real-time using model-based predictive control. International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, 2021, 19.1: 112-127.
3. SINA, N.; YAZDI, M. R. H.; ESFAHANIAN, V. Modified Dynamic Model for Longitudinal Motion of Ground Vehicles. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 2021, 18.1: 8550–8562-8550–8562.
4. OLISKEVYCH, Myroslav, et al. Optimization of Vehicle Speed Forecasting Horizon on the Intercity Highway. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, 3.3: 105.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b>	5
<b>СЕКЦІЯ: ПРОЦЕСИ, МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА</b>	
1. <b>Н. Р. Веселовська</b> ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПЛОДОВОЗБИРАЛЬНИХ СТРУШУВАЛЬНИХ МАШИН	10
2. <b>В.Ф. Дідух</b> ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОМПОСТІВ	12
3. <b>В.А. Андрійчук, М.І. Котик, Л.М. Костик, Я.О. Філюк</b> ЗМІННІ СВІТЛОВІ ПОЛЯ ПРИ ВИРОЩУВАННІ РОСЛИН ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ	16
4. <b>А.Д. Довбуш, Г.Б. Цьонь</b> ВИКОРИСТАННЯ ШНЕКОВИХ ТРАНСПОРТНИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ ІЗ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ	18
5. <b>Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик</b> ЗНИЖЕННЯ МЕТАЛОМІСТКОСТІ ШНЕКОВИХ ТРАНСПОРТНИХ МЕХАНІЗМІВ ВЕЛИКОЇ ДОВЖИНИ	20
6. <b>О.І. Бабанова, Ю.Ю. Доломакін, І.Г. Бабанов</b> УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ТЕПЛООВОГО ОБРОБЛЕННЯ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ	22
7. <b>О.І. Бабанова, С.Д. Беседа, І.Г. Бабанов</b> УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕЧІ ДЛЯ ВИПІКАННЯ М'ЯСНИХ ХЛІБІВ ЗІ ЗМІНОЮ МЕТОДУ ТЕРМООБРОБЛЕННЯ ПРОДУКТУ	23
8. <b>О.І. Бабанова, Ю.Ю. Доломакін, К.А. Омеляненко</b> ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРІВ ДЛЯ СОЛОДОВОЇ ДРОБИНИ	24
9. <b>В.П. Олексюк, А.В. Олексюк</b> УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ЖИВИЛЬНО-ПОДРІБНЮЮЧИХ АПАРАТІВ КОРМОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ	26
10. <b>V.A. Voyko</b> THE RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF ROOT CROPS HAULM HARVESTING	27
11. <b>О.Г. Кухар</b> СПОСІБ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ ТА КОНСТРУКЦІЯ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ	29
12. <b>М.Р. Паньків</b> МОДЕЛЮВАННЯ – МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ	31

ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНИХ  
МАШИН

13. **С.Д. Беседа, І.М. Литовченко** 33  
ВПЛИВ ФОРМИ ПЕРЕДУВНИХ БАКІВ НА ТРАНСПОРТУВАННЯ  
М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ
14. **М. Л. Заєць** 35  
ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СОШНИКА ДЛЯ РОЗКИДНОЇ  
СІВБИ ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР
15. **О.З. Бундза, О.В. Ткачук** 37  
ЗМІННИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ЧАГАРНИКУ
16. **М.В. Голотюк, І.С. Щерба** 39  
ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПОТРІБНИХ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ІЗ  
ВРАХУВАННЯМ ФІНАНСОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ  
АГРОПІДПРИЄМСТВА
17. **О. О. Налобіна, С.В. Заборовська** 41  
ПАКУВАЛЬНИКИ СІНАЖУ У ПЛІВКУ
18. **А.В. Шимко, П.А. Мельник** 43  
ФОРМАЛЬНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ УПРАВЛІННЯ ЯКІСЮ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
19. **І.Є. Цизь, С.М. Хомич** 45  
АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ РУХУ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ У В'ЯЗКИХ  
РІДИНАХ
20. **Р.П. Бойко, А.В. Харчій, В.Р. Реник** 47  
ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПАЛЬЧИКОВОГО  
РОБОЧОГО ОРГАНУ ТІСТОМІСИЛЬНОЇ МАШИНИ
21. **Ів.Б. Гевко, В.З. Гудь, О.Я. Гурик, С.О. Коваль** 48  
ШНЕКОВИЙ ЗМШУВАЧ З РЕГУЛЬОВАНИМИ ОТВОРАМИ  
ПРОСИПАННЯ
22. **І.В. Головецький, А.В. Бабій** 49  
АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НАЙПРОСТІШИХ  
КАРТОПЛЕКОПАЧІВ
23. **Б.Б. Левицький, А.В. Бабій** 51  
КОНЦЕПТУАЛЬНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ  
МАЛОГАБАРИТНОГО ОБПРИСКУВАЧА
24. **Ю. Б. Гладь, І. Г. Ткаченко, І. В. Фльонц** 53  
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТЕРА-ОЧИСНИКА  
КОРЕНЕПЛОДІВ З ПРУЖНИМИ СКРЕБКАМИ



25. **О. С. Бабич, В. О. Улексін, С. Г. Годяєв** 55  
РОБОТА ДИЗЕЛІВ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВАХ
26. **В.В. Аулін** 57  
ПІДХОДИ ТА МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
27. **В.В. Сацюк, Т.А. Сацюк, В.О. Савіцький** 58  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ШНЕКОВОГО ГРАНУЛЯТОРА
28. **О.Д. Деркач, О.В. Сергієнко** 60  
КОНТРОЛЬ ТВЕРДОСТІ ҐРУНТУ ЦИФРОВИМ ПЕНЕТРОМЕТРОМ
29. **Д.О. Вітенько** 62  
ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОЇ ДІЛЯНКИ КАВІТАЦІЙНОГО МОДУЛЯ З АКТИВАТОРОМ СКЛАДНОЇ ФОРМИ
30. **С.І. Костишин** 63  
ОЦІНКА ПОХИБОК ДОЗАТОРІВ
31. **Ю.Ю. Ястюнічев, В.О. Микуляк** 64  
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГАЛЬМ ПРИВОДУ БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА
32. **Н.К. Медведчук** 65  
ПРОГНОЗУВАННЯ КОНТАКТНОЇ ЖОРСТКОСТІ ПЛОСКИХ СТИКІВ
33. **О.С. Покотило** 66  
СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ КАТОЛІТНИХ ВОД – РЕВОЛЮЦІЙНИЙ ПІДХІД ДЛЯ ЗДОРОВОГО ДОВГОЛІТТЯ
34. **Б.О. Блащак, А.В. Бабій** 68  
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КАРТОПЛЕПОСАДОЧНИХ АПАРАТІВ
35. **Patrycja Baldowska-Witos, Taras Shchur, Yuriy Gabriel** 70  
ENVIRONMENTAL HAZARDS AND FACTORS AFFECTING THE ENVIRONMENT DURING THE COVID-19 PANDEMIC
36. **Patrycja Baldowska-Witos, Taras Shchur, Yuriy Gabriel** 73  
ENVIRONMENTAL IMPACT OF INCREASED WASTE DURING THE COVID-19 PANDEMIC
37. **Miroslav Žitňák, Romana Krnčánová, Maroš Korenko, Taras Shchur, Yuriy Gabriel** 76  
RISK ANALYSIS FOR EXTERMINATION, DISINFECTION AND DISINSECTION

38. **Maroš Korenko, Miroslav Szegény, Miroslav Žitňák, Taras Shchur, Yuriy Gabriel** 79  
PLANNING, OPTIMIZATION AND CONTROL OF MODULAR PRODUCTION

**СЕКЦІЯ: ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ**

1. **С.М. Балабан, В. Б. Каспрук** 81  
ПРО ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ПЕРЕРОБНОЇ ТА ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ
2. **М. І. Фомич** 83  
НОВІ РОСЛИННІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ У КОНТЕКСТІ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ
3. **С. В. Ягелюк** 85  
ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ПРИКЛАДІ ЛЬОНУ
4. **В. Б. Каспрук** 87  
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧІВ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ
5. **S.V. Verbytskyi** 89  
SOME TECHNOLOGICAL FEATURES OF HYDRO-MECHANICAL PROCESSING OF BEEF
6. **М. М. Шинкарик, О.І. Кравець, В.І. Кравець** 91  
ПАРАМЕТРИ РЕГЕНЕРАЦІЇ ФІЛЬТРУВАЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ОЧИСТЦІ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ
7. **М. М. Шинкарик, О.І. Кравець, І.О.Кобзар** 92  
ДВОСТАДІЙНЕ ЗНЕВОДНЕННЯ КАЗЕЇНУ
8. **С.П. Краєвська, В.А. Піддубний** 93  
ВИЗНАЧЕННЯ ДИСПЕРСНОСТІ КОМПОНЕНТІВ МІКРОСКОПІЧНИМ МЕТОДОМ
9. **А.В. Деркач, І.Я. Стадник** 94  
ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ФОРМУВАЛЬНИХ ВАЛКІВ НА ТЕЧІЮ СЕРЕДОВИЩА ПРИ РОЗКАЧУВАННІ І НАГНІТАННІ
10. **І.Я. Стадник, О.М.Пилипець** 95  
ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОВІТРЯНОГО ТЕПЛОНАСОСА У СИСТЕМІ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

**СЕКЦІЯ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ**

1. **О.І. Король** 96  
МЕТОДИ ІНДУКЦІЙНОГО ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН
2. **М.І. Цепенюк** 98  
УЗАГАЛЬНЕНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОПРИВІДНИХ МЕХАНІЗМІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ
3. **Ів.Б. Гевко, Р.Я. Лещук, А.І. Пік, О.Ю. Стібайло** 99  
СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ГВИНТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
4. **О.Д., Деркач, А.М. Пугач, Д.О. Макаренко** 101  
ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРАРНІЙ ОСВІТІ ТА ЗЕМЛЕРОБСТВІ
5. **А.В. Гриньків, В.В. Аулін** 103  
ЕЛЕМЕНТНО-МОДУЛЬНА СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
6. **Г.М. Виговський, Н.О. Балицька, М.М. Плисак, В.В. Отаманський** 105  
ВПЛИВ КОСОКУТНОЇ ГЕОМЕТРІЇ НА ТЕМПЕРАТУРУ РІЗАННЯ ПРИ ТОРЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ
7. **С.М. Хомич, Р.Є. Островик** 107  
ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ОМД
8. **Н.С. Марценко** 109  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ ЗА ШКОДУ, ЗАВДАНУ АВТОНОМНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ
9. **М.Я. Сташків, Р.О. Булаєнко, І.М. Борис** 111  
ДИСКРЕТНО-ЕЛЕМЕНТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ КОРПУСУ ВІДВАЛЬНОГО ПЛУГА З ҐРУНТОМ
10. **І.А. Вікович** 113  
КОЛИВАННЯ НАЧПНОЇ ШТАНГИ ОБПРИСКУВАЧА НА ОДНОШАРНІРНІЙ МАЯТНИКОВІЙ ПІДВІСЦІ

**СЕКЦІЯ: НОВІ МАТЕРІАЛИ, МІЦНІСТЬ ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ  
КОНСТРУКЦІЙ**

1. **О.А. Глотка, В.Ю. Ольшанецький** 115  
УДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СКЛАДУ ЛИВАРНИХ  
ЖАРОМІЦНИХ НІКЕЛЕВИХ СПЛАВІВ РІВНООСНОЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ
2. **О.В. Агарков, В.В. Косарчук, В.В. Ковальчук** 117  
ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИТНОЇ  
АРМАТУРИ ДЛЯ АРМУВАННЯ НЕСУЧИХ БЕТОННИХ  
КОНСТРУКЦІЙ
3. **М.І. Денисенко** 118  
ФОРМУВАННЯ ТОЧКОВИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ НА  
ДЕТАЛЯХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ ТА  
КОРМОПРИГОТУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ
4. **М.І. Денисенко, А.С. Савченко, М.Л. Ніколаєнко** 120  
ТРИБОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ  
НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ МАШИН
5. **В. Л. Куликівський** 122  
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ІЗ  
ВИСОКОМІЦНИХ СТАЛЕЙ
6. **М.С. Стечишин, Н.М. Стечишина, Н.С. Машовець** 124  
БЕЗВОДНЕВЕ АЗОТУВАННЯ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ АУСТЕНІТНИХ  
НЕРЖАВЮЧИХ СТАЛЕЙ
7. **М.С. Стечишин, О.В. Диха, А.В. Мартинюк, Н.М. Стечишина, В.В.  
Люховець** 126  
ЗНОСОСТІЙКІСТЬ АЗОТОВАНИХ ОТВОРІВ З ВІДНОСНО МАЛИМ  
ДІАМЕТРОМ
8. **В.В. Шанайда, В.В. Лазарюк, Р.А. Склярів** 128  
ДОСЛІДЖЕННЯ СЛІДУ НА ПОВЕРХНІ СИЛІКАТНОГО СКЛА ПІСЛЯ  
ЙОГО УТВОРЕННЯ ЛАЗЕРНИМ ПРОМЕНЕМ
9. **А.В. Бабій** 129  
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХИСНОГО ФАРБОВОГО  
ПОКРИТТЯ КАРКАСУ ШТАНГИ ОБПРИСКУВАЧА
10. **А.Б. Гупка, І.Т. Ярема** 131  
ТРИБОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
11. **М.В. Лук'янюк, М.С. Стечишин** 133  
ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ  
ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН АЗОТУВАННЯМ В ТЛЮЧОМУ  
РОЗРЯДІ

12. **О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко, Є.С. Муранов, В.О. Павлюченко, Д.І. Крутоус** 135  
ВПЛИВ ГРАФІТУ НА ВЛАСТИВОСТІ ВТОРИННОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ
13. **Ч. Пулька, В. Сенчишин, Віт. Сенчишин** 137  
ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІНДУКЦІЙНОГО НАПЛАВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН
14. **О.С. Кабат, Ю.В. Бойко** 138  
ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ
15. **О. С. Кабат, І. І. Пікула** 139  
ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ У ВИРОБИ ФТОРПОЛІМЕРІВ
16. **Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш** 140  
ОБҐРУНТУВАННЯ СИЛОВИХ ФАКТОРІВ НАВАНТАЖЕНОСТІ ПРУТКОВИХ ТРАНСПОРТЕРІВ
17. **В.О. Дзюра, В.О. Семенен** 142  
СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ТА НАПРЯМИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
18. **С.В. Лисенко, В.В. Аулін** 143  
ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ СИЛОВИХ АГРЕГАТІВ ТА ТЕРМІНІВ ВИКОРИСТАННЯ МОТОРНОЇ І ТРАНСМІСІЙНОЇ ОЛИВ МОБІЛЬНИХ МАШИН ГЕОМОДИФІКАТОРАМИ
19. **М.Я. Сташків, М.І. Підгурський, І.М. Підгурський, І.М. Борис** 145  
МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ШТАНГИ ШИРОКОЗАХВАТНОГО ПОЛЬОВОГО ОБРПРИСКУВАЧА
20. **Л.Г.Бодрова, Г.М.Крамар, І.В.Коваль, Баб'як Д.А.** 147  
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ КАРБІДУ ТИТАНУ З НАНОКОМПОНЕНТАМИ
21. **О.С. Кабат, О.М. Гнатко** 148  
ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИЙ ТА ХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ
22. **В.І. Кріль, П.Б. Прогній, М.В. Буряк** 149  
ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ НЕСУЧИХ СИСТЕМ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ
23. **А.Р. Шимків, П.Б. Прогній, М.В. Буряк** 150  
ДІАГНОСТИКА ДОВГОВІЧНОСТІ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

24. **С.С. Куцик, П.Б. Прогній, М.В. Буряк** 151  
ДІАГНОСТИКА ЗАЛИШКОВОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ  
АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ
25. **Т.В. Мисак, П.Б. Прогній, М.В. Буряк** 152  
ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ  
ЗАСОБІВ
26. **М.В. Верес, Р.І. Розум, П.Б. Прогній** 153  
СТЕНДИ ДЛЯ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ (СТАПЕЛІ)
27. **А.В. Марутовська, Р.І. Розум, П.Б. Прогній** 154  
ПІДНІМАЛЬНО-ОГЛЯДОВЕ ОБЛАДНАННЯ ПРИ РЕМОНТІ  
ТРАНСМІСІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ
- СЕКЦІЯ: ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ**
1. **В.М. Барановський** 155  
КОНЦЕПЦІЇ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧОЇ ЛОГІСТИКИ
2. **В.С. Федорейко, М.І. Рутило, Р.І. Загородній, Н.В. Бурегак,** 157  
ОРГАНІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ОБ'ЄКТІВ  
ГОСПОДАРЮВАННЯ З БІОРЕСУРСНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ ТЕПЛОВОЇ  
ЕНЕРГІЇ
3. **Я.О. Мольчак, І.Я. Мисковець** 160  
ВИТРАТИ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ДРІБНОЗЕМУ З УРОЖАЄМ  
КОРЕНЕПЛОДІВ
4. **Ю.Я. Вовк, А.Й. Матвіїшин, І.П. Вовк, Вовк Я.Ю.** 161  
ПАРАТРАНЗИТНІ ТА МІКРОПЕРЕВЕЗЕННЯ В СИСТЕМІ НАДАННЯ  
ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ У ВІЙСЬКОВИЙ ПЕРІОД
5. **Ю.Я. Вовк, А.Р. Якубішин, Р.В. Худобей** 163  
ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ  
ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН: МОЖЛИВОСТІ ТА  
ПРОБЛЕМИ
6. **Н.Я. Рожко** 164  
ДЕЯКІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙ В УПРАВЛІННІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ  
ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ
7. **Є.Й. Ріпецький, Р.Й. Ріпецький, О.Ю. Коробков** 166  
РОЗКРИТТЯ СТАТИЧНОЇ-НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИСЯЧИХ  
ГАЗОПРОВІДІВ ЗА ДОСВІДОМ РОЗРАХУНКУ НЕСУЧИХ РАМНИХ  
КОНСТРУКЦІЙ

8. **О.Л. Ляшук, Ів.Б. Гевко, О.П. Цьонь, А.Й. Матвішин, О.Б. Романюк, Ю.Д. Бодоряк** 168  
СЕНСОРНИЙ НЕРЕГУЛЬОВАНИЙ ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД
9. **Д.В. Голуб, В.В. Аулін, А.С. Замуренко** 169  
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА  
ОПТИМІЗАЦІЄЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПАРКУ МОБІЛЬНИХ МАШИН
10. **Ів.Б. Гевко, Р.М. Рогатинський, О.Л. Левкович, В.О. Тесля** 171  
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КУЗОВА НАПІВПРИЧЕПА ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ
11. **О.Л. Ляшук, Ів.Б. Гевко, Р.В. Хорошун, Б.Р. Гевко** 173  
СТЕНДИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ
12. **Ів.Б. Гевко, В.З. Гудь, Л.М. Слободян, М.Д. Сіправська** 175  
СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЛЬМІВНИХ ДИСКІВ АВТОМОБІЛЯ
13. **О.П. Цьонь, О.Л. Ляшук, Н.Я. Рожко, У.М. Плекан** 176  
МОДЕЛЮВАННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ
14. **А.І. Станько, А.Є. Дячун, І.В. Головатий** 177  
ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ЕЛАСТИЧНИХ ЩІТКОПОДІБНИХ ГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ
15. **Д.З. Шматко, О.О. Сасов, М.Д. Сподинець** 178  
РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ВИБОРУ КІЛЬКОСТІ ТА ТИПАЖУ АВТОМОБІЛІВ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
16. **У.М. Плекан** 180  
ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ УКРАЇНИ
17. **М.В. Бабій, В.А. Бабій, В.А. Олійник** 181  
ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ
18. **М. С. Оліскевич, А. О. Шарibuра, В. І. Рис, Р. І. Барабаш** 182  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНОГО РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ОПТИМАЛЬНИМ ОБС'ЯГОМ ІНФОРМАЦІЇ



# **ПРОЦЕСИ, МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА: ПРОБЛЕМИ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ**

## **Збірник тез доповідей**

Міжнародної науково-практичної конференції  
присвяченої

**90-річчю від дня народження професора  
Рибака Тимофія Івановича та 60-річчю кафедри  
технічної механіки та сільськогосподарських машин  
29-30 вересня 2022 року**

Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики: зб. тез доповідей міжнар. наук.-практ. конф. присвяченої 90-річчю від дня народження професора Рибака Тимофія Івановича та 60-річчю кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин, (Тернопіль, 29–30 вересня 2022.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. – 193 с.

**ISBN 978-617-7875-40-5**

Підписано до друку 23.09.2022. Формат 60×90, 1/16.  
Друк лазерний. Папір офсетний. Гарнітура TimesNewRoman.  
Умовно–друк. арк. 12,7. Наклад – 100 прим.  
Замовлення № 23092022

\*\*\*\*\*

Друк ФОП Паляниця В. А.  
Свідоцтво ДК №4870 від 20.03.2015 р.  
м. Тернопіль, вул. Б. Хмельницького, 9а, оф.38.  
тел. (0352) 528–777.



**09.03.1932 – 15.01.2019**

**«ЗАВЖДИ З ТОБОЮ, УКРАЇНО»**

**Я, живу Україною,  
Я, працюю для України,  
Я вдячний усім, хто пригорне  
до рук мої надбання:  
доброзичливо;  
безкорисливо,  
віддано,  
творчо –  
в наукових та ідейних  
прагненнях!  
Наберіться наснаги!  
Примножте!  
Віддану і жертовну боротьбу  
«За Святі Ідеали України!»**

*Тимофій-Теофан Рибак*

Основні етапи науково-педагогічної діяльності:

- 1958-1964 – навчання у Львівському державному університеті імені Івана Франка на механіко-математичному факультеті, спеціальність «Механіка»;
- 1963-1988 – працював у Головному спеціальному конструкторсько-технологічному бюро Львівхімсітьгоспмашу: інженер з розрахунків на міцність, керівник бригади; начальник конструкторського відділу;
- 1970 – захист кандидатської дисертації, спеціальність: «Опір матеріалів»;
- 1986 – захист докторської дисертації, спеціальність: «Сільськогосподарські та гідромеліоративні машини»;
- 1988-1990 р. – завідувач кафедри технології машинобудування Львівського ордена Леніна політехнічного інституту (тепер – Національний університет «Львівська політехніка»);
- 1990-2019 – завідувач кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.