

## РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КАВІТАЦІЙНОГО ДИСПЕРГАТОРА-ГОМОГЕНІЗАТОРА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

*Е. Б. Алієв, канд. техн. наук, старший дослідник, доцент*

*О. Ю. Алієва, науковий співробітник*

*Р. Д. Малєгін, магістрант*

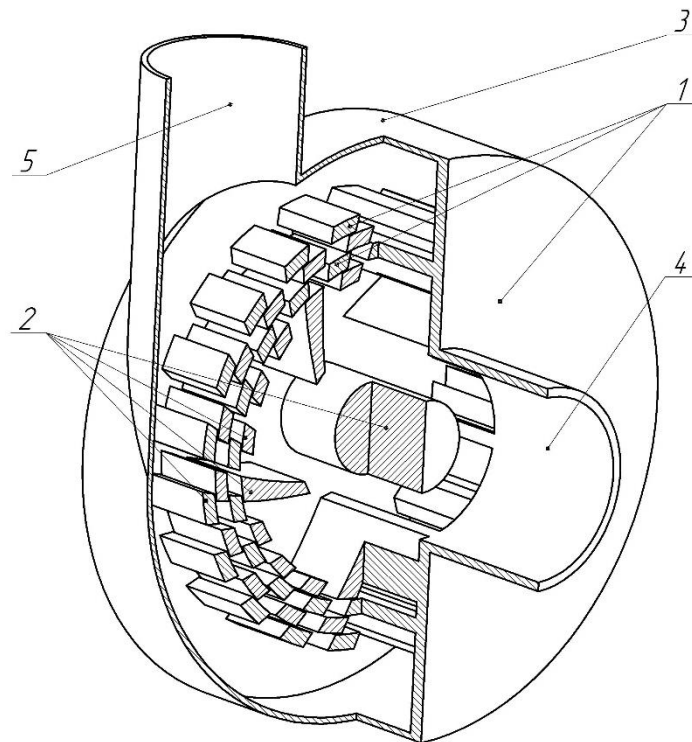
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Метою досліджень є обґрунтування конструктивно-технологічної схеми кавітаційного диспергатора-гомогенізатора сільськогосподарської сировини рослинного походження на кормові цілі шляхом чисельного моделювання.

Для досягнення поставленої мети запропоновано наступну конструкцію робочих органів кавітаційного диспергатора-гомогенізатора, яка представлена на рис. 1. Конструктивно резонатори статора і конфузори ротора в момент їх співставлення утворюють лопаті, кривизна яких повторює кривизну робочого колеса відцентрового насоса. Це дає можливість забезпечити необхідний потік рідини за рахунок утворення різниці тисків на вхідному і вихідному патрубках.

Запропонований кавітаційний диспергатор-гомогенізатор працює наступним чином. Вхідний і вихідний патрубки підключені до ємності із компонентами кормової суміші. Ротор кавітаційного диспергатора-гомогенізатора виконує обертання навколо власної вісі. В результаті чого створюється різниця тисків між вхідним та вихідним патрубками і рідина із компонентами кормової суміші починає проходити через отвори, які періодично утворюються між статором і ротором. При перекритті отворів статора і ротора відбувається різке підвищення тиску – прямий гідравлічний удар. Таким чином суміш послідовно обробляється гідроударами. У момент суміщення отворів статора і ротора суміш отримує велику кінетичну енергію в отворах. При цьому відбувається різке падіння тиску з одночасним падінням швидкості руху суміші. На вході в отвір утворюються кільцеві зони, в яких відбувається схлопування бульбашок рідини суміші, що призводить до додаткового руйнування від знакоперемінних навантажень. Окрім цього потік суміші насичений кавітаційними бульбашками, з великою швидкістю врізається в стаціонарний шар суміші. Напроти кожного отвору утворюються коловоротні зони схлопуваних кавітаційних бульбашок. Велика сумарна

кількість утворення кавітаційних бульбашок забезпечує інтенсивний дифузійний обмін між рідкою та газовою фазами, в результаті чого відбувається гомогенізація, розігрівання та знезараження оброблюваного середовища й прискореного активуючих реакцій.



1 – статор; 2 – ротор; 3 – корпус; 4 – вхідний патрубок; 5 – вихідний патрубок

*Рисунок 1 – Розроблена конструкція робочих органів кавітаційного диспергатора-гомогенізатора*

Для перевірки роботи пропонуваніх робочих органів кавітаційного диспергатора-гомогенізатора проведемо чисельне моделювання з використанням програмного пакету Star CCM+ [1-2]. Для проведення моделювання була побудована сітка 3D моделі області між ротором і статором кавітаційного диспергатора-гомогенізатора із базовим розміром комірки – 0,001 м. Моделювання проводилися з використанням моделі багатофазної взаємодії, Ейлеревої багатофазності, метода об'ємної рідини (VOF). Рух фаз підпорядковується к-ε моделі турбулентності. При першому наближенні суміш представлялася як двофазне середовище рідина-газ, при цьому газом є газоподібна фаза рідини. Термодинамічний стан суміші припускався як роздільна багатофазна температура. Було прийнято, що рідина в процесі руху мала постійну щільність, а газ був ідеальним. Взаємодія між фазами рідина-газ підпорядковувалася моделі об'ємної рідини VOF-VOF і кавітації Schnerr-Sauer.

Для даного попереднього чисельного моделювання частота обертання ротора була прийнятою 3000 об/хв. При цьому період ітерацій складав 0,01 мс.

В результаті чисельного моделювання отримано розподіл тиску по області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора, який приведено на рис. 2, а.

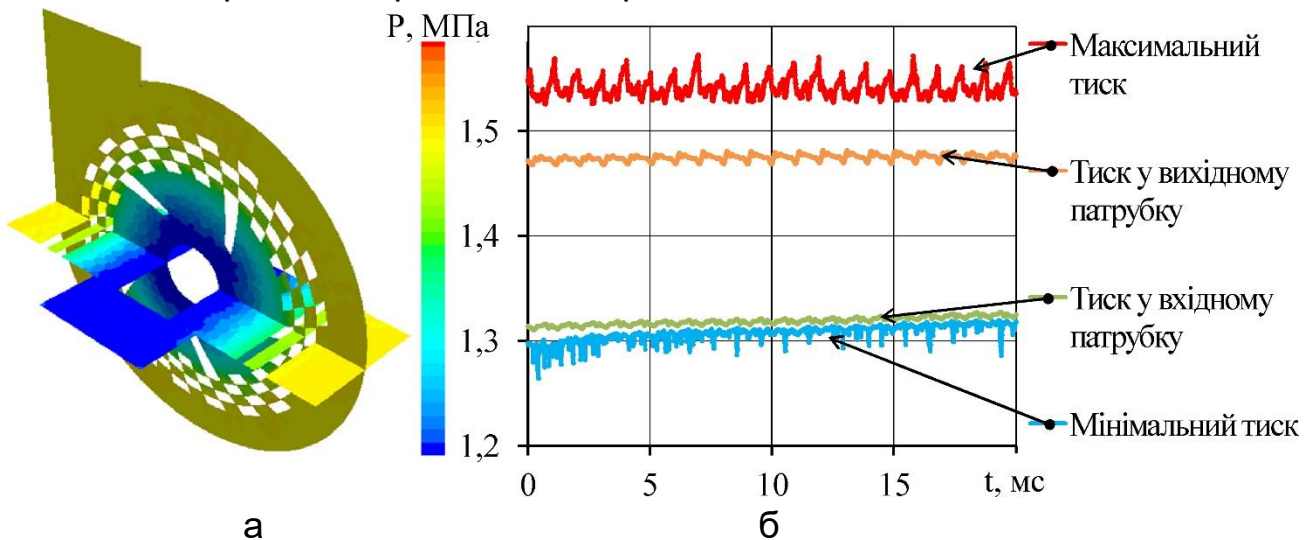


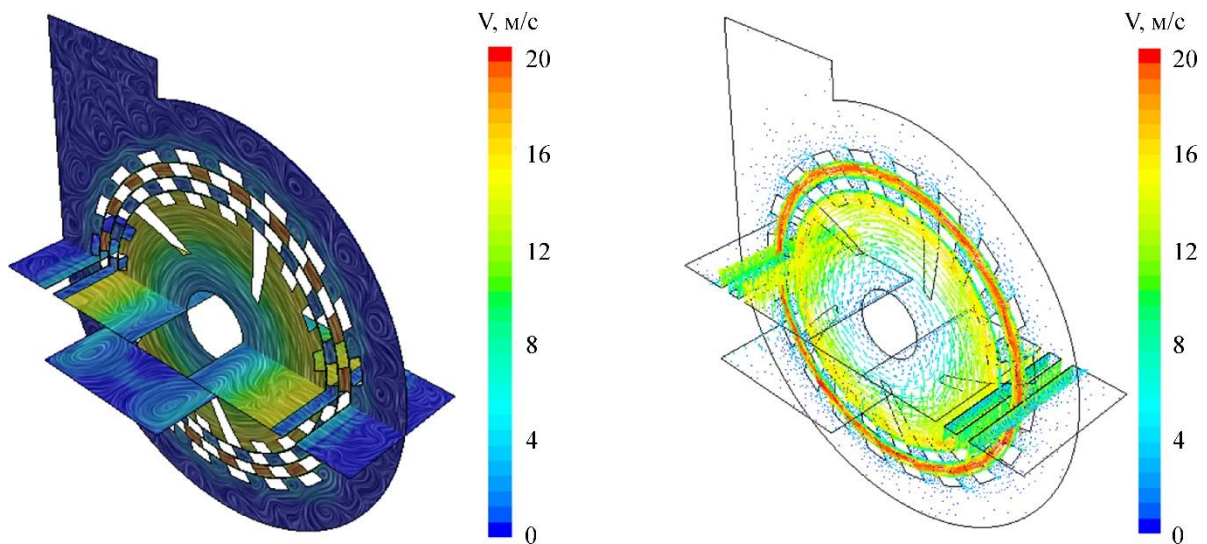
Рисунок 2 – Розподіл (а) і динаміка (б) тиску по області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора

На рис. 2 видно різницю тиску між вхідним і вихідним патрубками кавітаційного диспергатора-гомогенізатора (0,15 МПа), що свідчить про створення відповідного напору і руху рідини, що підтверджується рис. 3.

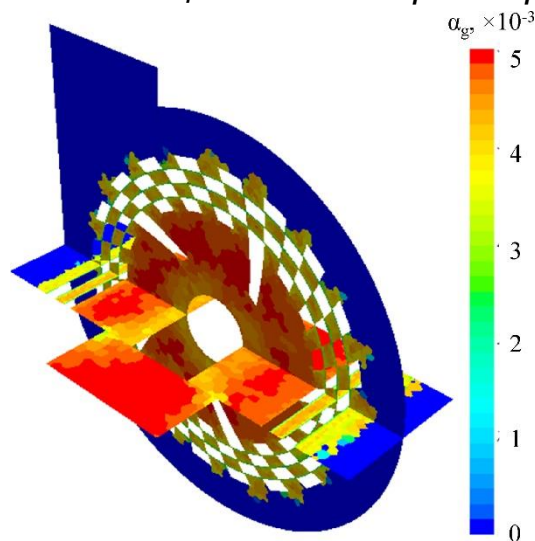
Динаміка зміни тиску представлена на рис. 2, б в діапазоні часу 20 мс, що відповідає одному оберту ротора. З рисунку видно коливання максимального тиску в межах від 1,52 МПа до 1,57 МПа, що обумовлено періодичністю перекриття резонаторів та конфузурів і перетіканню рідини крізь отвори, які утворюються.

Також на рис. 2 зазначені області мінімального і максимального тиску між резонаторами і конфузорами, що призводить до утворення і схлопування бульбашок газоподібної фази рідини. Це явище видно на рис. 4, що ілюструють розподіл концентрації газоподібної фази рідини по області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора відповідно.

Накладаючи розподіл і динаміку зміни (рис. 5) температури в області між робочими органами і корпусом із областями утворення газоподібної фази рідини можна стверджувати про виникнення явища кавітації, що може бути позитивно використана при подрібненні компонентів кормової суміші.



*Рисунок 3 – Розподіл швидкості руху рідини по області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора*



*Рисунок 4 – Розподіл концентрації газоподібної фази рідини по області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора відповідно*

Окрім зазначеного векторне поле швидкостей по всій області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора (рис. 5) доводить факт виникнення сильного турбулентного потоку рідини і газоподібної фази, що позитивно вплине на якість перемішування компонентів кормової суміші.

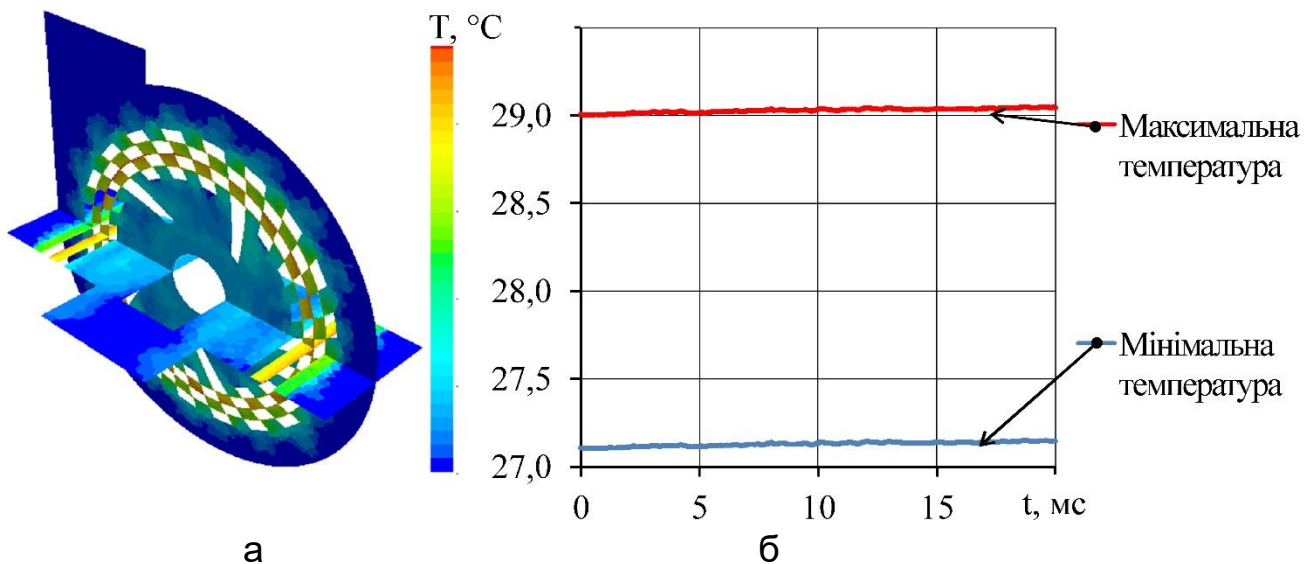


Рисунок 5 – Розподіл (а) і динаміка (б) температури рідини в області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора

В результаті досліджень запропонована і обґрунтована конструкцію робочих органів (ротор і статор) кавітаційного диспергатора-гомогенізатора сільськогосподарської сировини рослинного походження. Конструктивно резонатори статора і конфузори ротора в момент їх співставлення утворюють лопаті, кривизна яких повторює кривизну робочого колеса відцентрового насоса.

В результаті чисельного моделювання процесу кавітаційної диспергації на розробленій конструкції доведено її ефективність в якості насоса для прокачування рідини із компонентами кормової суміші, а також в якості подрібнювача використовуючи гідравлічний удар, який утворюється в наслідок явища кавітації в резонаторах статора і конфузорах ротора.

#### Список літератури

1. Aliev, E. B., Vandura, V. M., Pryshliak, V. M., Yaropud, V. M., Trukhanska, O. O.. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. *INMATEH – CUPRINS. Vol. 54, Nr. 1. 2018. P. 95-104.*
2. Алієв Е. Б., Лабатюк Ю. М. Чисельне моделювання механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва. Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві: *Вісник Харківського Національного технічного університету сільськогосподарства імені Петра Василенка. Харків, 2017. Вип. 180. С. 67-71.*

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, УКРАЇНА  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ШТАТУ ПЕНСІЛЬВАНІЯ, США  
УНІВЕРСИТЕТ ВІТОВТА ВЕЛИКОГО, ЛИТВА  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ ДОСЛІДНИЦЬКО-ІННОВАЦІЙНИЙ ЦЕНТР  
ІНСТИТУТУ АГРОІНЖЕНЕРІЇ, УГОРЩИНА  
ДОСЛІДНИЦЬКИЙ ІНСТИТУТ АГРОІНЖЕНЕРІЇ, ЧЕСЬКА РЕСПУБЛІКА  
ІНСТИТУТ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НАН УКРАЇНИ  
БІОЕНЕРГЕИЧНА АСОЦІАЦІЯ УКРАЇНИ  
НАУКОВО-ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ ІНЖЕНЕРІЇ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА  
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

IV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ  
«Біоенергетичні системи»  
МАТЕРІАЛИ



29 травня 2020  
Житомир, Україна

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
POLISSIA NATIONAL UNIVERSITY, UKRAINE  
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL  
SCIENCES OF UKRAINE  
THE PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY DEPARTMENT, USA  
VYTAUTAS MAGNUS UNIVERSITY, LITHUANIA  
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH AND INNOVATION CENTER  
INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, HUNGARY  
RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING,  
CZECH REPUBLIC  
INSTITUTE OF RENEWABLE ENERGY OF THE NAS OF UKRAINE  
BIOENERGY ASSOCIATION OF UKRAINE

IV INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL  
CONFERENCE  
“Bio-energy Systems”  
PROCEEDINGS



May 29, 2020  
Zhytomyr, Ukraine

УДК 620.91:338.439.02

Б63

Рекомендовано до друку Вченою радою Житомирського національного агроекологічного університету, протокол № 10 від 27 травня 2020 р.

ISBN 978-617-7684-36-6

Б63. *Біоенергетичні системи*: Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи», 29 травня 2020 р. – Житомир: Поліський національний університет, 2020. – 242 с.

*Bio-energy Systems: Proceedings IV International Scientific and Practical Conference, May 29, 2020.* – Zhytomyr (Ukraine): Polissia National University, 2020. – 242 p.

До збірника увійшли матеріали доповідей учасників IV Міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи». Висвітлено результати наукових досліджень та практичний досвід щодо вирішення актуальних програм розвитку біоенергетичних систем та комплексів.

Матеріали рекомендовано для науковців, викладачів, фахівців підприємств, аспірантів та студентів.

Відповідальність за зміст поданих матеріалів, точність наведених даних та відповідність принципам академічної доброчесності несуть автори. Зміст даної книги є виключно відповідальністю авторів.

Передрук, тиражування, розповсюдження інформації без дозволу Поліського національного університету забороняється.

Відповідальні за випуск:

*Савелій Кухарець* – директор НІІ інженерії агропромислового виробництва та енергоефективності Поліського національного університету, д.т.н., професор;

*Олександр Медведський* – секретар НІІ інженерії агропромислового виробництва та енергоефективності Поліського національного університету, к.т.н., ст. викл.

ISBN 978-617-7684-36-6

© Колектив авторів, 2020

© Вид-во «Поліського університету», 2020



## ЗМІСТ

<b>Автори/Authors</b>	<b>Назва/Title</b>	<b>С./P.</b>
<i>Daniel Ciolkosz, Savelii Kukharets, Jaya Tripathi</i>	Torrefied Biomass in a Ukrainian Biofuel Production System	9
<i>Georgii Geletukha, Semen Drahniev, Tetiana Zheliezna, Anatolii Bashtovyi</i>	Analysis of Corn Residues Harvesting Technologies for Energy Facilities	14
<i>Petr Jevič, Gennadii Golub, Antonín Machálek Jiří Souček</i>	Development of the Process of Plant Biomass Pyrolysis in Agroecosystems	18
<i>Скидан О.В., Кухарець С.М., Ярош Я.Д., Ковальчук О.Д.</i>	Космічні системи в аграрному виробництві	21
<i>Кваша С.М., Мельник Н.В.</i>	Дослідження ланцюгу виробництва та поставок біоетанолу з сільсько-господарських енергетичних культур в Україні	24
<i>Georgii Geletukha, Tetiana Zheliezna, Semen Drahniev, Anatolii Bashtovyi</i>	Long-Term Strategy of Bioenergy Development in Ukraine	29
<i>Bratishko V. V., Rebenko V. I., Shulga S. M., Tigunova O. A.</i>	Perspective Ways to Increase the Feed and Energy Value of Plant Raw Materials	33
<i>Romasevych Yu. O., Loveikin V. S., Liashko A. P.</i>	Converting a Matrix Transfer Function Into the System of Differential Equations (Illustrated By Wood-Berry Column)	37
<i>Romasevych Yu. O., Loveikin V. S., Mushtyn D. I.</i>	Experimental Data Processing Technique	39
<i>Andrii Zabrodskiyi, Egidijus Šarauskis, Antanas Juostas, Sidona Buragienė, Savelii Kukharets</i>	Ущільнення ґрунту – актуальна проблема аграріїв всього світу	41
<i>Г.А. Голуб, О.А. Марус</i>	Розробка біогазового реактора обертового типу для твердофазної ферментації	46
<i>Теслюк В.В.,</i>	Індуктори резистентності на основі хітинових похідних в органічному вирощуванні рослинницької продукції	48
<i>Теслюк В.В.</i>	Передпосівний обробіток важких ґрунтів для сівби цукрових буряків	51
<i>Журавель Д.П.</i>	Концепція енергетичного та кормового забезпечення виробництва продукції тваринництва	53

<i>Абдулін М.З., Кільницька К.О.</i>	Проблеми та тенденції розвитку енергоспоживання на основі відновлюваних джерел енергії в Україні	56
<i>Климчук О.В.</i>	Управлінські засади формування сучасної політики енергетичної безпеки держави	61
<i>Грабар І.Г., Грабар О.І., Крилов А.В., Кіриєнко М.О.,</i>	Сучасні ІТ-інструменти в моделюванні процесів живої і неживої природи	67
<i>Грабар І.Г., Солом'яний О.С., Павлишин О.О.</i>	Система альтернативного постачання електроенергії родової садиби (САПЕРС)	70
<i>Е.Б. Алієв, О.Ю. Алієва, Р.Д. Малєгін</i>	Результати чисельного моделювання кавітаційного диспергатора-гомогенізатора сільськогосподарської сировини рослинного походження	76
<i>Теслюк В.В., Ікальчик М.І., Мироненко І.Г.</i>	Мікобіопреарати в технологіях захисту культурних рослин від хвороб	81
<i>Барановський В.М., Теслюк В.В., Вечера О.М., Долюк В.М.</i>	Аналіз та удосконалення копіра апарата водіння коренезбиральної машини	83
<i>Лімонт А.С.</i>	Про відродження льонарства в Україні та попередники як фактор і складова технології виробництва льону-довгунця	85
<i>Ярош Я.Д., Самчик Р.В.</i>	Структура автономного аграрного виробництва	89
<i>Грабар І.Г., Андросович І.С., Казанцев М.С.</i>	Шляхи підвищення надійності модернізованих машин	92
<i>Ємець Б.В., Мандра В.В.</i>	Оптимізація параметрів та обґрунтування конструкцій пристроїв фільтрування гідравлічної системи коробки передач трактора	95
<i>Краснолуцький П.П., Романишин О.Ю.</i>	До обґрунтування орієнтації лопаті низькооборотної мішалки метантенка	99
<i>Яненко Є.О., Савченко В.М.</i>	Визначення показників надійності відцентрового насоса	104
<i>Волоха М.П.</i>	Напрями розробки і удосконалення сучасної збиральної техніки щодо покращення якості бурякоцукрової сировини	108
<i>Морговський С.М., Савченко Л.Г.</i>	Порівняльна характеристика впливу різних джерел асиміляційного освітлення на вегетацію рослин в захищеного ґрунту	112
<i>Полевода Ю.А.</i>	Гліцериномісткі поверхнево-активні речовини в харчовому виробництві	114

<i>Савченко О.В., Савченко Л.Г.</i>	Гігієнічна оцінка впливу мікроклімату в теплиці на виробничий персонал	117
<i>Скляр Р.В.</i>	Особливості анаеробної ферментації різних видів тваринницьких відходів	120
<i>Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю.</i>	Перспективи використання дигістату для підвищення ефективності біогазових комплексів	124
<i>Шелудченко Б.А., Кухарець С.М., Білецький В.Р., Плужников О.Б.</i>	Перспективи використання вітрогенераторних електростанцій в умовах природно-техногенних геоекосистем України	129
<i>Скляр О.Г., Скляр Р.В.</i>	Біогазові станції як екологічно безпечний засіб переробки відходів	132
<i>Бевз О.С.</i>	Показники моніторингу посух в сільському господарстві за допомогою космічних технологій	136
<i>Ярош Я.Д., Кухарець М.М., Ліщук А.В.</i>	Методика виконання досліджень параметрів газогенераторів	139
<i>Тетерук О.Р., Тетерук О.О.</i>	Доцільність вирощування біоенергетичних сортів верби на радіоактивно забруднених територіях	140
<i>Ярош Я.Д., Марчук І.В.</i>	Схема виробництва біодизеля із аграрного вороху	147
<i>Кухарець Савелій, Гнатюк Микола, Шуляк Ольга, Ніколайчук Володимир</i>	Моніторинг стану сонячних панелей за допомогою тепловізора	149
<i>Рассадакіна М.В.</i>	Про рівномірно узагальнено напівнеперервні функціонали	152
<i>Т.Л. Коваль,</i>	Про точність нормальної апроксимації оцінки найменших квадратів для слабо асоційованих випадкових полів	155
<i>Соколовський О.Ф., Поліщук П.А.</i>	Моніторинг фотоелектричних систем	158
<i>Соколовський О.Ф. Бондарчук В.В.</i>	Засоби проектування сонячних електростанцій	162
<i>Нікуленкова Т.В., Азаров М.В.</i>	Встановлення сучасних електрофільтрів на тес для зменшення викидів шкідливих речовин у повітря	166
<i>Вовк В.Ю.</i>	Використання безвідходних технологій як фактор забезпечення екологізації сільського господарства	169
<i>Овдіюк В.М.</i>	Сучасні технологічні проблеми функціонування рас	173
<i>Сукманюк О.М., Венгер П.В.</i>	Ресурсозберігаюча технологія виробництва крупи із зернових культур	177
<i>Сукманюк О.М., Ковальчук Ю.М.</i>	Математична модель руху зернівки по нахиленій площині сепарувальної машини	181
<i>Сукманюк О.М., Мальцев Д.О.</i>	Обґрунтування системи автонапування великої рогатої худоби	184
<i>Лаврищев О.О., Сукманюк О.М., Тарасюк О.В.</i>	Вплив конструкції електрофільтра на ефективність очищення повітря у тваринницькому приміщенні	186

<i>Дерев'янко Д.А., Кирилюк О.В.</i>	Встановлення фракційного складу компонентів вихідної зернової суміші для аеродинамічного сепаратора сад-4	189
<i>Медведський О.В., Коваль В.В.</i>	Покращення транспортувальних характеристик колекторів доїльних апаратів	191
<i>Коваль В.В.</i>	Оцінка конструкційно-технологічних рішень колекторів доїльних апаратів	193
<i>Єременко О.І., Войналович О.В.</i>	Технічні засоби безпеки на пелетному виробництві	196
<i>Купчук І.М., Андронік В.П.</i>	Перспективи підвищення ефективності функціонування систем акумулювання енергії в галузі вітроенергетики	199
<i>Поліщук В.М., Білецький В.Р.</i>	Оцінка виходу біогазу при сумісному зброджуванні гною великої рогатої худоби з фузом	204
<i>Задорожний І.С., Кравчук Д.О.</i>	Аналіз шляхів підвищення надійності збиральних машин	206
<i>Домінський В.О.</i>	Особливості використання дизельного біопалива в системах живлення common-rail	208
<i>Смолінський С.В.</i>	Аналіз стратегій роботи зернозбирального комбайна в процесі збирання зернових культур	211
<i>Забродський П.М., Шелудченко Б.А.</i>	Дослідження факторів впливу на траєкторію руху частинок ґрунту при обробітку дисковими робочими органами	214
<i>Єременко О.І., Войналович О.В., Лись О.М.</i>	Аналіз небезпек і шкідливостей на виробництві паливних брикетів з біомаси	217
<i>Tryboi O. V.</i>	Prospects of Growing Energy Crops on Marginal Lands for the Production of Heat in Ukraine	220
<i>Erdei A.</i>	The Future of the Railways in Hungary: More Green Electrification, Less Diesel	223
<i>А.В.Новицький, С.З.Хмельовська, А.М.Хмельовський</i>	Напрями забезпечення працездатності машин та обладнання лісового комплексу	228
<i>В.І.Мельник, Ю.Ю.Бабіюк</i>	Світовий досвід формування системи захисту та покращення ґрунтів аграрного призначення	230
<i>Токarchuk D.</i>	Systems Based on Organic Waste of the Agricultural Sector Bioenergy	233
<i>Ярош Я.Д., Кондратюк А.М.</i>	Особливості використання компактних ґрунтообробних знарядь	236