

ISSN 2307-5732  
DOI 10.31891/2307-5732

**Науковий журнал**

---



# ВІСНИК

**Хмельницького національного  
університету**

---

***Технічні науки***

---

ISSN 2307-5732

DOI 10.31891/2307-5732

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

3.2023

---

# ВІСНИК

**Хмельницького  
національного  
університету**

**Технічні науки**

---

**Technical sciences**

SCIENTIFIC JOURNAL

HERALD OF KHMELNYTSKYI NATIONAL UNIVERSITY

2023, Issue 3, Volume 321

Хмельницький

**ВІСНИК  
ХМЕЛЬНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
серія: Технічні науки**

Затверджений як фахове видання категорії «Б»,  
РІШЕННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ № 1643 ВІД 28.12.2019 та №409 від 17.03.2020

*Засновано в липні 1997 р.*

*Виходить 6 разів на рік*

**Хмельницький, 2023, № 3(321)**

**Засновник і видавець: Хмельницький національний університет  
(до 2005 р. – Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)**

Наукова бібліотека України ім. В.І. Вернадського [http://nbuv.gov.ua/j-tit/Vchnu\\_tekh](http://nbuv.gov.ua/j-tit/Vchnu_tekh)

Включено до науково-метричних баз:

<b>Google Scholar</b>	<a href="http://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&amp;user=aIUP9OYAAAAAJ">http://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&amp;user=aIUP9OYAAAAAJ</a>
<b>Index Copernicus</b>	<a href="http://jml2012.indexcopernicus.com/passport.php?id=4538&amp;id_lang=3">http://jml2012.indexcopernicus.com/passport.php?id=4538&amp;id_lang=3</a>
<b>Polish Scholarly Bibliography</b>	<a href="https://pbn.nauka.gov.pl/journals/46221">https://pbn.nauka.gov.pl/journals/46221</a>
<b>CrossRef</b>	<a href="http://doi.org/10.31891/2307-5732">http://doi.org/10.31891/2307-5732</a>

<b>Головний редактор</b>	<b>Скиба М. Є.</b> , д.т.н., професор, заслужений працівник народної освіти України, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, професор кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету
<b>Заступник головного редактора</b>	<b>Синюк О. М.</b> , д.т.н., професор кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету
<b>Відповідальний секретар</b>	<b>Горященко С. Л.</b> , к.т.н., доцент кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету

**Ч л е н и р е д к о л е г і ї**  
*Технічні науки*

Березненко С.М., д.т.н., Бойко Ю.М., д.т.н., Говорущенко Т.О., д.т.н., Гордєєв А.І., д.т.н., Горященко С. Л., к.т.н., Грабко В.В., д.т.н., Диха О.В., д.т.н., Защепкіна Н.М., д.т.н., Рубаненко О. О., д.с.н., Захаркевич О.В., д.т.н., Злотенко Б.М., д.т.н., Зубков А.М., д.т.н., Каплун П.В., д.т.н., Карташов В.М., д.т.н., Кичак В.М., д.т.н., Любош Хес, д.т.н., (Чехія), Мазур М.П., д.т.н., Мандзюк І.А., д.т.н., Мартинюк В.В., д.т.н., Мельничук П.П., д.т.н., Місяць В.П., д.т.н., Мясіщев О.А., д.т.н., Нелін Є.А., д.т.н., Павлов С.В., д.т.н., Параска О.А., д.т.н., Рогатинський Р.М., д.т.н., Горошко А.В., д.т.н., Сарібекова Ю.Г., д.т.н., Семенко А.І., д.т.н., Славінська А.Л., д.т.н., Харжевський В.О., д.т.н., Шинкарук О.М., д.т.н., Шклярський В.І., д.т.н., Щербань Ю.Ю., д.т.н., Бубулєс Альгімантас, доктор наук (Литва), Елсаєд Ахмед Ельнашар, доктор наук (Єгипет), Кальчиньскі Томаш, доктор наук (Польща), Лунтовський Андрій, д.т.н. (Німеччина), Матушевський Мацей, доктор наук (Польща), Мушлевський Лукаш, доктор наук (Польща), Мушял Януш, доктор наук (Польща), Натріашвілі Тамаз Мамієвич, д.т.н., (Грузія), Попов Валентин, доктор природничих наук (Німеччина)

<i>Технічний редактор</i>	Горященко К. Л., к.т.н.
<i>Редактор-коректор</i>	Броженко В. О.

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,  
протокол № 14 від 29.06.2023 р.**

**Адреса редакції:** редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету"  
Хмельницький національний університет  
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, Україна, 29016

<b>☎</b>	(038-2) 67-51-08	<b>web:</b>	<a href="http://journals.khnu.km.ua/vestnik">http://journals.khnu.km.ua/vestnik</a>
<b>e-mail:</b>	<a href="mailto:visnyk.khnu@khmnu.edu.ua">visnyk.khnu@khmnu.edu.ua</a> <a href="mailto:visnyk.khnu@gmail.com">visnyk.khnu@gmail.com</a>		<a href="http://lib.khnu.km.ua/visnyk_tup.htm">http://lib.khnu.km.ua/visnyk_tup.htm</a>

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.  
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
**Серія КВ № 24922-14862ПР від 12 липня 2021 року**

© Хмельницький національний університет, 2023  
© Редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету", 2023

## ЗМІСТ

<b>КАЗІОНОВ МАКСИМ, СКРИПНИК ТЕТЯНА, БАРМАК ОЛЕКСАНДР</b> КВАНТОВИЙ МЕТОД ОПОРНИХ ВЕКТОРІВ: РОЗРОБКА ВАРІАЦІЙНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ДАНИХ У ТЕХНІЧНИХ, ПРИРОДНИЧИХ І СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМАХ .....	11
<b>МАРЧУК ДМОТРО</b> АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АЛГОРИТМІВ ВИЯВЛЕННЯ І РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ З ВІДЕОПОТОКУ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПАРКУВАННЯМ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ .....	17
<b>ЩЕРБАНЬ ВОЛОДИМИР, КОЛИСКО О ОКСАНА, МЕЛЬНИК ГЕННАДІЙ, КОЛИСКО МАР'ЯНА, ЩЕРБАНЬ ЮРІЙ</b> КОМП'ЮТЕРНИЙ МОДУЛЬ ПРОГРАМИ КДАМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШАТУННО-ПОВЗУНКОВОЇ ГРУПИ .....	24
<b>КОТЕЛЕНЕЦЬ ЮЛІЯ, БОНДАРЕНКО НАТАЛІЯ, БОНДАРЕНКО ВІКТОР</b> СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЧАСУ З ДОДАТКОВИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ .....	29
<b>МАНУКОВ ІГОР, БОНДАРЕНКО НАТАЛІЯ, БОНДАРЕНКО ВІКТОР</b> РОБОТИЗОВАНА ТЕСТОВА ПЛАТФОРМА .....	33
<b>БЕЛОУС РОМАН, КРИЛОВ ЄВГЕН</b> ОПТИМІЗАЦІЯ ЧАСУ ПРОЦЕСУ УЗГОДЖЕНОСТІ ДАНИХ В NOSQL .....	37
<b>МИЛЬКО ВОЛОДИМИР, СОКОЛАН ЮЛІЯ, САВИЦЬКИЙ ЮРІЙ, РОМАНШІНА ОЛЬГА</b> МОДЕЛЮВАННЯ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ДЛЯ ІНСТРУМЕНТУ В УМОВАХ НАРОСТОУТВОРЕННЯ .....	43
<b>ЗАЛЮБОВСЬКИЙ МАРК, ПАНАСЮК ІГОР, БЛАЖЕНКО МАРІЯ</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГАЛТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ НА РЕАЛІЗАЦІЮ РЕЖИМІВ РУХУ МАСИВУ В СЕРЕДИНІ РОБОЧОЇ ЄМКОСТІ ЗІ СКЛАДНИМ ПРОСТОРОВИМ РУХОМ .....	48
<b>КУПЧУК ІГОР, БИСТРИЦЬКИЙ ОЛЕКСАНДР</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА .....	55
<b>КЮРЧЕВ ВОЛОДИМИР</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ЗАЛЕЖНО ВІД РІЗНИХ ТИПІВ ҐРУНТУ .....	60
<b>ЛЕМЕШКО АРТЕМ, АНТОНЕНКО АНДРІЙ, ЦВИК ОЛЕКСАНДР</b> АНАЛІЗ І ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТРАФІКУ .....	64
<b>МЕЛЬНИК ВІТАЛІЙ, БАГРІЙ РУСЛАН, ПЕТРОВСЬКИЙ СЕРГІЙ, КИРИЧЕНКО ОЛЕКСАНДР</b> ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ КОМУНІКАЦІЇ ЛЮДЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ПОТРЕБАМИ .....	69
<b>НЕСКОРОДСВА ТЕТЯНА, ФЕДОРОВ ЄВГЕН, АНТОНОВ ЮРІЙ, НЕСКОРОДСВА АНАСТАСІЯ</b> МЕТАЕВРИСТИЧНІ МЕТОДИ НА ОСНОВІ ПОВЕДІНКИ СОЦІАЛЬНИХ ПАВУКІВ ДЛЯ ЗАДАЧ ВНУТРІШНЬОГО АУДИТУ .....	74
<b>ПАВЛІЧКО ВЛАДІСЛАВ, МЕЛЬНИКОВА НАТАЛІЯ</b> ПЕРЕДБАЧЕННЯ ЦІНИ АВТОМОБІЛЯ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ .....	83
<b>РОМАНЕЦЬ ТАРАС, НЕЙМАК ВІТАЛІЙ, МАЙДАН ПАВЛО, СМУТКО СВІТЛАНА</b> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВАКУУМНИХ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ У ЛЕГКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ .....	87

## ЗМІСТ

<b>КАЗІОНОВ МАКСИМ, СКРИПНИК ТЕТЯНА, БАРМАК ОЛЕКСАНДР</b> КВАНТОВИЙ МЕТОД ОПОРНИХ ВЕКТОРІВ: РОЗРОБКА ВАРІАЦІЙНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ДАНИХ У ТЕХНІЧНИХ, ПРИРОДНИЧИХ І СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМАХ .....	11
<b>МАРЧУК ДМОТРО</b> АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АЛГОРИТМІВ ВИЯВЛЕННЯ І РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ З ВІДЕОПОТОКУ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПАРКУВАННЯМ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ .....	17
<b>ЩЕРБАНЬ ВОЛОДИМИР, КОЛИСКО О ОКСАНА, МЕЛЬНИК ГЕННАДІЙ, КОЛИСКО МАР'ЯНА, ЩЕРБАНЬ ЮРІЙ</b> КОМП'ЮТЕРНИЙ МОДУЛЬ ПРОГРАМИ КДАМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШАТУННО-ПОВЗУНКОВОЇ ГРУПИ .....	24
<b>КОТЕЛЕНЕЦЬ ЮЛІЯ, БОНДАРЕНКО НАТАЛІЯ, БОНДАРЕНКО ВІКТОР</b> СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЧАСУ З ДОДАТКОВИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ .....	29
<b>МАНУКОВ ІГОР, БОНДАРЕНКО НАТАЛІЯ, БОНДАРЕНКО ВІКТОР</b> РОБОТИЗОВАНА ТЕСТОВА ПЛАТФОРМА .....	33
<b>БЕЛОУС РОМАН, КРИЛОВ ЄВГЕН</b> ОПТИМІЗАЦІЯ ЧАСУ ПРОЦЕСУ УЗГОДЖЕНОСТІ ДАНИХ В NOSQL .....	37
<b>МИЛЬКО ВОЛОДИМИР, СОКОЛАН ЮЛІЯ, САВИЦЬКИЙ ЮРІЙ, РОМАНШІНА ОЛЬГА</b> МОДЕЛЮВАННЯ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ДЛЯ ІНСТРУМЕНТУ В УМОВАХ НАРОСТОУТВОРЕННЯ .....	43
<b>ЗАЛЮБОВСЬКИЙ МАРК, ПАНАСЮК ІГОР, БЛАЖЕНКО МАРІЯ</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГАЛТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ НА РЕАЛІЗАЦІЮ РЕЖИМІВ РУХУ МАСИВУ В СЕРЕДИНІ РОБОЧОЇ ЄМКОСТІ ЗІ СКЛАДНИМ ПРОСТОРОВИМ РУХОМ .....	48
<b>КУПЧУК ІГОР, БИСТРИЦЬКИЙ ОЛЕКСАНДР</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА .....	55
<b>КЮРЧЕВ ВОЛОДИМИР</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ЗАЛЕЖНО ВІД РІЗНИХ ТИПІВ ҐРУНТУ .....	60
<b>ЛЕМЕШКО АРТЕМ, АНТОНЕНКО АНДРІЙ, ЦВИК ОЛЕКСАНДР</b> АНАЛІЗ І ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТРАФІКУ .....	64
<b>МЕЛЬНИК ВІТАЛІЙ, БАГРІЙ РУСЛАН, ПЕТРОВСЬКИЙ СЕРГІЙ, КИРИЧЕНКО ОЛЕКСАНДР</b> ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ КОМУНІКАЦІЇ ЛЮДЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ПОТРЕБАМИ .....	69
<b>НЕСКОРОДСВА ТЕТЯНА, ФЕДОРОВ ЄВГЕН, АНТОНОВ ЮРІЙ, НЕСКОРОДСВА АНАСТАСІЯ</b> МЕТАЕВРИСТИЧНІ МЕТОДИ НА ОСНОВІ ПОВЕДІНКИ СОЦІАЛЬНИХ ПАВУКІВ ДЛЯ ЗАДАЧ ВНУТРІШНЬОГО АУДИТУ .....	74
<b>ПАВЛІЧКО ВЛАДІСЛАВ, МЕЛЬНИКОВА НАТАЛІЯ</b> ПЕРЕДБАЧЕННЯ ЦІНИ АВТОМОБІЛЯ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ .....	83
<b>РОМАНЕЦЬ ТАРАС, НЕЙМАК ВІТАЛІЙ, МАЙДАН ПАВЛО, СМУТКО СВІТЛАНА</b> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВАКУУМНИХ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ У ЛЕГКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ .....	87

<b>САПОЖНИК ДМИТРО</b> СУЧАСНІ АСПЕКТИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОНТРАФАКТНОЇ ПРОДУКЦІЇ .....	91
<b>СМАЧИЛО ОКСАНА, ЛЯШОК ІРИНА</b> УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВОЛОКНИСТИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	95
<b>МАТВІЙЧУК ЯРОСЛАВ, ЯЦИШИН ВОЛОДИМИР</b> РОЗРОБЛЕННЯ АРХІТЕКТУРИ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ НА ОБМЕЖЕНОМУ НАБОРІ ДАНИХ .....	100
<b>ГОМЕЛЯ МИКОЛА, ТРУС ІННА, ВАКУЛЕНКО АННА, ФАТЄЄВ ДАНИЛО</b> ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД НІТРАТІВ МЕТОДОМ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ .....	104
<b>КРИЛИК ЛЮДМИЛА</b> ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА ЧУТЛИВІСТЬ ЄМНІСНОГО СЕНСОРА ВОЛОГОСТІ ДВОШАРОВОЇ СТРУКТУРИ .....	109
<b>ДУМИН АНДРІЙ</b> СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ОЗВУЧУВАННЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ...	115
<b>ЛЕМЕСЬКО АНДРІЙ, АНТОНЕНКО АРТЕМ, КУВІК НАЗАР, ГНЯДИЙ ВЛАДИСЛАВ</b> ДОСЛІДЖЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ ЗАГРОЗ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ДАНИХ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ .....	120
<b>МЕТЕЛИЦЯ АРТЕМ, КОВАЛЕНКО ВІКТОР, ТРОМСЮК ВОЛОДИМИР, ФОРМАНЧУК МИКОЛА</b> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИМЕТРИЧНОГО ВІБРАТОРА .....	128
<b>ОСАДЧУК ЯРОСЛАВ</b> МІКРОЕЛЕКТРОННІ АВТОГЕНЕРАТОРНІ ОПТИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ .....	135
<b>ОДЕГОВ МИКОЛА , ГАДЖИСЬВ МАТІН , ГЛАЗУНОВА ЛЮДМИЛА , БУКАТА ЛЮДМИЛА , КОЧЕТКОВА МАРИНА</b> МЕТОДИКА СТРУКТУРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МОДЕЛЕЙ НЕСТАЦІОНАРНИХ КВАЗІПЕРІОДИЧНИХ ПРОЦЕСІВ .....	145
<b>ПОЛЩУК АНДРІЙ, ПОЛЩУК ОЛЕГ, ЛІСЕВИЧ СВІТЛАНА, ГОРЯЩЕНКО СЕРГІЙ, УРБАНОК ЄВГЕН</b> ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ШВЕЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ У ВИТРАТНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ 3D-ДРУКУ .....	158
<b>ПІЦУН ОЛЕГ, ПРИШЛЯК КАТЕРИНА, КАЛІНОВСЬКИЙ РОМАН, ПОВОРОЗНИК ВІТАЛІЙ</b> МІКРОСЕРВІСНА АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ОПРАЦЮВАННЯ ІМУНОГІСТОХІМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ .....	166
<b>РОМАНЕНКО АНТОН, КОРОТКИЙ ЄВГЕН</b> КОНТРОЛЕР ВУЗЛА APRS МЕРЕЖІ .....	175
<b>ТОМУСЯК АНДРІЙ</b> МЕТОД ТА ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИЙ ЗАСІБ ГЕНЕРУВАННЯ КЛЮЧІВ АУТЕНТИФІКАЦІЇ .....	183
<b>ТОРОШАНКО ОЛЕКСАНДР, АФАНАСЬЄВ ПАВЛО, ПЩУК ІГОР, ТОРОШАНКО ЯРОСЛАВ</b> БЕЗПЕКА ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МОДЕЛІ КОНТРОЛЮ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ .....	188
<b>ХРУЛЬОВ МИКОЛА, КРИВОУС ГЕННАДІЙ</b> СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНОЇ ШВИДКОСТІ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗАГОТОВКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ТИПУ ІНДУКТОСИН .....	195

<b>РУТКЕВИЧ ВОЛОДИМИР, ШАПОВАЛЮК СЕРГІЙ</b> АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В АДАПТИВНОМУ ГІДРАВЛІЧНОМУ ПРИВОДІ ВИВАНТАЖУВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ .....	199
<b>ФЕДУШКО СОЛОМІЯ</b> СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА КІБЕРГІГІЄНИ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СУСПІЛЬСТВА .....	210
<b>ЛЕЖНЮК ПЕТРО, КОЗАЧУК ОЛЕГ, ГАЛУЗІНСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР</b> ВИКОРИСТАННЯ АКТИВНИХ СПОЖИВАЧІВ ДЛЯ БАЛАНСУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ .....	214
<b>ПАСІЧНЮК АНТОН, ТИХОХОД ВОЛОДИМИР</b> МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПРЕДМЕТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ СКЛАДНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ НА ПЛАТФОРМІ .NET CORE .....	222
<b>ХРОКАЛО ЛЮДМИЛА</b> ВИПРОБОВУВАННЯ БАКТЕРІАЛЬНИХ ФІЛЬТРІВ ТА КОНСЕРВАНТІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ЛІОФІЛІЗОВАНОГО СЛИЗУ РАВЛИКА КОСМЕТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ .....	229
<b>КРАВЧЕНКО ІГОР, МАМУТА МАРИНА</b> КОЕФІЦІЄНТ ВИПРОМІНЕННЯ ЛАМП РОЗЖАРЮВАННЯ .....	234
<b>СУББОТА ІРИНА</b> ЗАСТОСУВАННЯ КРЕМНЕЗЕМИСТИХ ПОРІД ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ ВИРОБІВ БУДІВЕЛЬНОЇ КЕРАМІКИ .....	240
<b>БАГРІЙ ОЛЕНА</b> ВИКОРИСТАННЯ СКІНЧЕНО-ЕЛЕМЕНТНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ БОКОВОГО ТИСНЕННЯ МАСИВУ СИПКОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПІДПІРНУ СТІНКУ ПРИ ЇЇ ЗМІЩЕННІ .....	245
<b>БОБРОВНИКОВА КІРА, ГУРМАН ІВАН, ПОПОВ ЮРІЙ, БОЙЧУК ЯРОСЛАВ, КАЧУР ВОЛОДИМИР</b> ВИЯВЛЕННЯ КІБЕРАТАК В ІНФРАСТРУКТУРІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ .....	251
<b>ВАЩИШАК СЕРГІЙ, СТИСЛО ТАРАС, СТИСЛО ОКСАНА, ДЕМЧИНА МИКОЛА, ШКАТУЛЯК ВАСИЛЬ</b> АДАПТИВНА МОДЕЛЬ ГЕЙМІФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ У ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ .....	258
<b>КЛИМЕНКО АНЖЕЛКА, СОКОЛЬСЬКИЙ ГЕОГРІЙ, КАМЕНЬСЬКА ТЕТЯНА</b> ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ВИПКАННЯ ХЛІБОБУЛОЧНОГО ВИРОБУ З ЕКСТРАКТОМ ШИПШИНИ .....	265
<b>КОСТИРКО ВАСИЛЬ, АНІЛОВСЬКА ГАННА, ПЛЕША ВАСИЛЬ</b> ПРОЄКТУВАННЯ БІБЛІОТЕКИ ДЛЯ СПРОЩЕННЯ УМОВ ВЕРИФІКАЦІЇ ПРОГРАМ .....	273
<b>ЗУБКО ОЛЬГА, ШВЕЦЬ ГАЛИНА, КУЛЕШОВА СВІТЛАНА., СЕЛЕЗНЕВА АННА</b> DIGITAL ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ ІМІДЖУ СПОЖИВАЧА .....	280
<b>МОЛЧАНОВА КАТЕРИНА, АНДРЕЄВА ОЛЬГА, ПЕРВАЯ НАТАЛІЯ</b> ЗАСТОСУВАННЯ ПЕПТИДІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОСМЕТИЧНИХ КРЕМІВ .....	288
<b>НІЧЕПОРУК АНДРІЙ, НІЧЕПОРУК АНАСТАСІЯ, ДАНЧУК СЕРГІЙ, КОРОТКОВ ЮРІЙ, ЦАВОЛИК ТАРАС</b> СИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ ТА ВИЯВЛЕННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ АТАК ВІДМОВА В ОБСЛУГОВУВАННІ У МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ ПРОТОКОЛУ RPL .....	296

<b>ПРАВОРСЬКА НАТАЛІЯ, ЯШИНА ОКСАНА, НЕТРЕБА ІГОР, ДОМІНА АНАСТАСІЯ КИРИЧЕНКО ОЛЕКСАНДР</b> МЕТОД КОНСТРУЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗГІДНО АНАЛІЗУ ПОМИЛОК SQL-ЗАПИТІВ .....	302
<b>РОЗЛОМІЙ ІННА, НАУМЕНКО СЕРГІЙ</b> ШИФРУВАННЯ ТА СТИСНЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОРСЬКИХ ШАБЛОНІВ, КЕРОВАНИХ МАТРИЦЕЮ .....	308
<b>ФАНТ МИКОЛА</b> АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ДВОМОВНИХ КОРПУСІВ ТЕКСТІВ .....	314
<b>ЗАХАРКЕВИЧ ОКСАНА, КОШЕВКО ЮЛІЯ, ЕЛЬНАШАР ЕЛЬСАЄД, ШВЕЦЬ ГАЛИНА, СЕЛЕЗНЬОВА АННА</b> ВПРОВАДЖЕННЯ ВІЗУАЛЬНОГО СЛОВНИКА З ТЕКСТИЛЮ ТА МОДИ У МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК .....	320
<b>БОРТНИК ГЕННАДІЙ, КИРИЛОК СЕРГІЙ, БРИЛЬ МИХАЙЛО</b> ШВИДКОДІЙНИЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ З КОРИГУВАННЯМ ЧАСОВИХ ЗСУВІВ ІМПУЛЬСІВ ДИСКРЕТИЗАЦІЇ .....	329
<b>ГОРЯЩЕНКО СЕРГІЙ, СИНЮК ОЛЕГ, ДРАПАК ГЕОРГІЙ, ГОРЯЩЕНКО КОСТЯНТИН, РОМАНЕЦЬ ТАРАС</b> АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ПОЛІМЕРНОГО ПОКРИТТЯ НА ДЕТАЛІ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	334
<b>КРАСИЛЕНКО ВОЛОДИМИР, ПІДЛУБНИЙ ВЛАДИСЛАВ, НІКІТОВИЧ ДІАНА</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДУ ГЕНЕРУВАННЯ ПОТОКУ МАТРИЧНИХ КЛЮЧІВ ПЕРЕСТАНОВОК ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ЗАШИФРУВАННЯ-МАСКУВАННЯ ВІДЕОКАДРІВ.....	339
<b>МИХАЙЛОВСЬКА ОКСАНА, НАДОПТА ТЕТЯНА</b> ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ДЛЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ВЗУТТЯ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ .....	348
<b>ПАВЛОВСЬКИЙ ПАВЛО, ПРИСЯЖНИЙ ДМИТРО, АБРАМЧУК ІГОР, САВРАЦЬКИЙ В., БІЛОУС В.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИСТУ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ ПІД ЧАС ГОЛОСУВАННЯ В ОРГАНАХ ДЕРЖАВНОЇ ВЛАДИ НА ОСНОВІ АПАРАТНОЇ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ГОЛОСУЮЧОГО .....	355
<b>ОЛІЙНИК ГАЛИНА, КОРНИЦЬКА ЛАРИСА, ДАНЧЕНКО ЮЛІЯ, РАСТОРГУЄВА МАРІЯ, ЄВТУШЕНКО ВАЛЕНТИНА</b> КЛАСИФІКАЦІЯ МЕБЛЕВО-ДЕКОРАТИВНИХ ТКАНИН .....	360
<b>МАКАРЕНКО ВАЛЕРІЙ, МЄШКОВ ЮРІЙ, СЕЛІВЕРСТОВ ІГОР, ЛАЗОРИК ВЛАДИСЛАВ</b> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ СТАЛЕВИХ ТРУБОПРОВОДІВ .....	367



# CONTENT

<b>KAZIONOV MAKSYM, SKRYPNYK TETYANA, BARMAK OLEXSANDER</b> QUANTUM SUPPORT VECTOR MACHINES: DEVELOPING VARIATIONAL ALGORITHMS FOR DATA CLASSIFICATION IN TECHNICAL, NATURAL, AND SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS .....	11
<b>DMYTRO MARCHUK</b> ANALYSIS OF MODERN ALGORITHMS FOR DETECTING AND RECOGNIZING OBJECTS FROM A VIDEO STREAM FOR REAL-TIME PARKING MANAGEMENT SYSTEMS .....	17
<b>SHCHERBAN VOLODYMYR, KOLISKO OKSANA, MELNIK GENADIJ, KOLISKO MARJANA, SHCHERBAN YURYJ</b> COMPUTER MODULE OF THE K DAM PROGRAM FOR DETERMINATION OF KINEMATIC AND DYNAMIC PARAMETERS OF THE CONNECTING ROD GROUP .....	24
<b>KOTELENETS YULIIA, BONDARENKO VIKTOR, BONDARENKO NATALIIA</b> TIME CONTROL SYSTEM WITH ADDITIONAL FEATURES .....	29
<b>MANUKOV IHOR, BONDARENKO NATALIIA, BONDARENKO VIKTOR</b> ROBOTIC TEST PLATFORM .....	33
<b>BELOUS ROMAN</b> TIME OPTIMIZATION OF PROCESS OF DATA CONSISTENCY IN NOSQL .....	37
<b>MYLKO VOLODYMYR, SOKOLAN IULIIA, SAVYTSKYI YURIY, ROMANISHINA OLGA</b> MODELLING OF CONTACT INTERACTION FOR A TOOL IN THE CONDITIONS OF OUTGROWTH .....	43
<b>ZALYUBOVSKYI MARK, PANASYUK IGOR, BLAZHENKO MARIIA</b> INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE DESIGN FEATURES OF THE TURNING MACHINE ON THE IMPLEMENTATION OF THE MOVEMENT MODES OF THE ARRAY IN THE MIDDLE OF THE WORKING CAPACITY WITH COMPLEX SPATIAL MOVEMENT .....	48
<b>KUPCHUK IHOR, BYSTRYTSKYI OLEXANDER</b> RESEARCH OF SOLID BIOFUEL PRODUCTION TECHNOLOGY .....	55
<b>KYURCHEV VOLODYMYR</b> EFFICIENCY OF USING THE COMBINED SOIL PROCESSING UNIT DEPENDING ON DIFFERENT TYPES SOIL .....	60
<b>ANTONENKO ARTEM, LEMESHKO ANDRII, TSVIK OLEKSANDR</b> ANALYSIS AND FEATURES OF TRAFFIC MONITORING SOFTWARE .....	64
<b>MELNYK VITALII, BAHRII RUSLAN, PETROVSKYI SERHII, KYRYCHENKO OLEXANDER</b> USING AUGMENTED REALITY TO IMPROVE COMMUNICATION FOR PEOPLE WITH SPECIAL NEEDS .....	69
<b>NESKORODIEVA TETIANA, FEDOROV EUGENE, ANTONOV YURIY, NESKORODIEVA ANASTASIIA</b> METAHEURISTIC METHODS BASED ON THE BEHAVIOUR OF SOCIAL SPIDERS FOR INTERNAL AUDIT TASKS .....	74
<b>PAVLICHKO VLADYSLAV, MELNYKOVA NATALIIA</b> CAR PRICE PREDICTION USING ML METHODS .....	83
<b>ROMANETS TARAS, NEIMAK VITALII, MAIDAN PAVLO, SMUTKO SVITLANA</b> PROSPECTS FOR THE USE OF VACUUM CAPTURE DEVICES IN LIGHT INDUSTRY .....	87
<b>SAPOZHNYK DMYTRO</b> MODERN ASPECTS OF IDENTIFICATION OF COUNTERFEIT PRODUCTS .....	91

<b>SMACHYLO OKSANA, LIASHOK IRINA</b> IMPROVEMENT OF THE MANUFACTURING TECHNOLOGY OF FIBROUS COMPOSITE MATERIALS .....	95
<b>MATVIYTCHUK YAROSLAV, YACISHYN VOLODYMYR</b> DEVELOPMENT OF A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK ARCHITECTURE FOR MILITARY EQUIPMENT IMAGE CLASSIFICATION ON A LIMITED DATASET .....	100
<b>GOMELYA MUKOLA, TRUS INNA, VAKULENKO ANNA, FATIEIEV DANYLO</b> DEFINITION OF THE EFFICIENCY OF NITRATE REMOVAL FROM WATER USING THE REVERSE OSMOSIS METHOD .....	104
<b>KRYLIK LYUDMILA</b> PRACTICAL APPLICATION OF REGRESSION ANALYSIS FOR INFLUENCE ASSESSMENT OF FACTORS ON THE SENSITIVITY OF THE CAPACITIVE HUMIDITY SENSOR OF THE TWO-LAYER STRUCTURE .....	109
<b>DUMYN ANDRII</b> THE AUTOMATED VOICING SYSTEM WITH ELEMENTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE .....	115
<b>LEMESHKO ANDRIY, ANTONENKO ARTEM, KUVIK NAZAR, HNIADYI VLADYSLAV</b> INVESTIGATING NETWORK THREATS TO ENSURE MAXIMUM PROTECTION OF DATA AND INFRASTRUCTURE .....	120
<b>METELYTSYA ARTEM, KOVALENKO VIKTOR, TROMSIUK VOLODYMYR, FORMANCHUK MYKOLA</b> MATHEMATICAL MODEL OF SYMMETRIC VIBRATOR .....	128
<b>OSADCHUK IAROSLAV</b> MICROELECTRONIC SELF-OSCILLATING OPTICAL POWER TRANSDUCERS .....	135
<b>ODEGOV NICK, HADZHYIEV MATIN, GLAZUNOVA LYUDMILA, BUKATA LYUDMILA, KOCHETKOVA MARINA</b> STRUCTURAL IDENTIFICATION METHODS OF NON-STATIONARY QUASI-PERIODIC PROCESSES MODELS .....	145
<b>POLISHCHUK ANDRII, POLISHCHUK OLEH, LISEVICH SVITLANA, HORIASHCHENKO SERHIY, URBANIUK YEVHEN</b> TECHNOLOGY OF WASTE PROCESSING OF THE CLOTHING INDUSTRY INTO CONSUMABLE MATERIALS FOR 3D PRINTING .....	158
<b>PITSUN OLEH, PRYSHLIAK KATERYNA, KALINOVSKYI ROMAN, POVOROZNYK VITALIY</b> MICROSERVICE ARCHITECTURE OF THE IMMUNOHISTOCHEMICAL IMAGE PROCESSING SYSTEM .....	166
<b>ROMANENKO ANTON, KOROTKYI IEVGEN</b> TERMINAL NODE CONTROLLER FOR APRS NETWORK .....	175
<b>TOMUSYAK ANDRII</b> METHOD AND SOFTWARE TOOLS FOR AUTHENTICATION KEY GENERATION .....	183
<b>TOROSHANKO OLEKSANDR, AFANASIEV PAVLO, ISHCHUK IHOR, TOROSHANKO YAROSLAV</b> SECURITY OF COMPUTER NETWORK FUNCTIONING BASED ON A NEURON MODEL OF OVERLOAD CONTROL .....	188
<b>KHRULOV MYKOLA, KRYVOUS HENNADII</b> THE LINEAR SPEED OF THE WORKPIECE MOVEMENT MEASURING METHOD THAT AN INDUCTOSYN-TYPE MEASURING TRANSDUCER USING .....	195

<b>RUTKEVYCH VOLODYMYR, SHAPOVALUK SERHIY</b> ANALYSIS OF TRANSIENT PROCESSES IN THE ADAPTIVE HYDRAULIC DRIVE OF THE STEM FORAGE UNLOADER .....	199
<b>FEDUSHKO SOLOMIIA</b> MODERN APPROACHES TO THE STUDY OF CYBERSECURITY AND CYBER HYGIENE IN THE FRAMEWORK OF DIGITAL TRANSFORMATION OF SOCIETY .....	210
<b>LEZHNIUK PETRO, KOZACHUK OLEG, GALUZINSKIY OLEKSANDER</b> USE OF ACTIVE CONSUMERS FOR BALANCE OF ELECTRICITY IN THE ELECTRIC GRID .....	214
<b>PASICHNIUK ANTON, TYKHOKHOD VOLODYMYR</b> METHODS AND TOOLS OF DOMAIN-DRIVEN DESIGN OF COMPLEX SOFTWARE SYSTEMS ON THE .NET CORE PLATFORM .....	222
<b>KHROKALO LIUDMYLA</b> TESTING OF BACTERIAL FILTERS AND PRESERVATIVES FOR QUALITY ASSURANCE OF LYOPHILIZED SNAIL MUCUS AS A COSMETIC COMPONENT .....	229
<b>KRAVCHENKO IGOR, MAMUTA MARYNA</b> EMISSIVITY OF FILAMENT LAMPS .....	234
<b>SUBBOTA IRYNA</b> THE USE OF SILICEOUS ROCKS TO INCREASE THE STRENGTH OF CONSTRUCTION CERAMICS .....	240
<b>BAHRII OLENA</b> USING A FINITE ELEMENT MODEL TO DETERMINE LATERAL PRESSURE OF A GRANULAR MEDIUM ON A RETAINING WALL UNDER DISPLACEMENT .....	245
<b>HURMAN IVAN, BOBROVNIKOVA KIRA, POPOV YURY, BOYCHUK YAROSLAV, KACHUR VOLODYMYR</b> MACHINE LEARNING BASED METHODS FOR CYBERATACS DETECTION IN THE INTERNET OF THINGS INFRASTRUCTURE .....	251
<b>VAHSCHYSHAK SERHII , STYSLO TARAS, STYSLO OKSANA, DEMCHYNA MYKOLA, SHKATULIAK VASYL</b> ADAPTIVE MODEL OF GAMIFICATION FOR HIGHER EDUCATION LEARNING PROCESS .....	258
<b>KLIMENKO ANZHELIKA, SOKOLSKY GEORGII, KAMENSKA TETIANA</b> THERMOGRAVIMETRIC ANALYSIS OF BAKING BREAD PRODUCTS WITH ROSE HIP EXTRACT .....	265
<b>KOSTYRKO VASYL, ANILOVSKA HANNA, PLESHA VASYL</b> DESIGNING A LIBRARY TO SIMPLIFY PROGRAM VERIFICATION CONDITIONS .....	273
<b>ZUBKO OLGA, SHVETS GALINA, SVITLANA KULESHOVA, SELEZNEVA ANNA</b> DIGITAL TECHNOLOGIES OF CONSUMER IMAGE DEVELOPMENT .....	280
<b>MOLCHANOVA KATERINA , ANDREYEVA OLGA, PERVAIA NATALIYA</b> APPLICATION OF PEPTIDES FOR THE MANUFACTURE OF COSMETIC CREAMS .....	288
<b>NICHEPORUK ANDRII, NICHEPORUK ANASTASIIA, DANCHUK SERHII, KOROTKOV YURII, TSAVOLYK TARAS</b> SYSTEM FOR DATA COLLECTION AND DETECTION OF DISTRIBUTED DENIAL OF SERVICE ATTACKS IN THE RPL-BASED NETWORKS .....	296
<b>PRAVORSKA NATALIYA, YASHYNA OKSANA, NETREBA IHOR, DOMINA ANASTASIYA KYRYCHENKO OLEXANDER</b> A METHOD OF SOFTWARE DESIGN ACCORDING TO THE ANALYSIS OF SQL QUERY ERRORS .....	302

---

<b>ROZLOMII INNA, NAUMENKO SERHII</b> METHOD OF BUILDING PROPRIETARY TEMPLATES FOR INFORMATION ENCRYPTION AND COMPRESSION TASKS .....	308
<b>FANT MYKOLA</b> ARCHITECTURE OF A MACHINE LEARNING SYSTEM FOR TEXT ALIGNMENT .....	314
<b>ZAKHARKEVICH OKSANA, KOSHEVKO JULIA, ELSAYED ELNASHAR, SHVETS GALINA, SELEZNEVA ANNA</b> IMPLEMENTATION OF THE VISUAL DICTIONARY ON TEXTILE AND FASHION INTO THE MOBILE APPLICATION .....	320
<b>BORTNYK GENNADIY, KYRYLYUK SERGIY, BRYL MYKHAILO</b> HIGH-SPEED ANALOG-DIGITAL CONVERTER WITH ADJUSTMENT OF TIME SHIFT OF SAMPLING PULSE .....	329
<b>HORIASHCHENKO SERHIY, SYNUYK OLEH, HORIASHCHENKO KOSTYANTIN, DRAPAK GEORGIY, ROMANETS TARAS</b> AUTOMATING THE PROCESS OF APPLYING POLYMER COATING ON PARTS OF THE LIGHT INDUSTRY .....	334
<b>KRASILENKO VLADIMIR, PIDLUBNYI VLADISLAV, NIKITOVICH DIANA</b> RESEARCH AND SIMULATION OF THE METHOD OF GENERATION OF THE FLOW OF MATRIX KEYS OF PERMUTATIONS AND THEIR CHARACTERISTICS FOR ENCRYPTION-MASKING OF VIDEO FRAMES .....	339
<b>MYKHAILOVSKA OKSANA, NADOPTA TETYANA</b> QUALITY INDICATORS FOR SPECIAL MILITARY SHOES.....	348
<b>PAVLOVSKIY PAVLO, PRUSIAZHNYI DMITRO, ABRAMCHYK IGOR, SAVRATSKIY V., BILOUS V.</b> INCREASING PROTECTION AGAINST UNAUTHORIZED ACCESS DURING VOTING IN STATE AUTHORITIES BASED ON HARDWARE BIOMETRIC IDENTIFICATION OF THE VOTER .....	355
<b>OLIJNYK HALINA, KORNYTSKA LARYSA, DANCHENKO YULIYA, RASTORHUIEVA MARIIA, YEVTUSHENKO VALENTYNA</b> CLASSIFICATION OF FURNITURE AND DECORATIVE FABRICS .....	360
<b>MAKARENKO VALERIY, MESSHKOV YURII, SELIVERSTOV IGOR, LAZORIK VLADISLAV</b> EXPERIMENTAL STUDIES OF THE WAYS OF INCREASING THE CORROSION RESISTANCE OF STEEL PIPELINES .....	367

КУПЧУК ІГОР

Вінницький національний аграрний університет

ORCID ID: [0000-0002-2973-6914](https://orcid.org/0000-0002-2973-6914)e-mail: [kupchuk.igor@i.ua](mailto:kupchuk.igor@i.ua)

БИСТРИЦЬКИЙ ОЛЕКСАНД

Вінницький національний аграрний університет

ORCID ID: [0000-0002-6597-9112](https://orcid.org/0000-0002-6597-9112)e-mail: [ipserhiy@gmail.com](mailto:ipserhiy@gmail.com)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

*Стаття присвячена огляду та аналізу процесу виробництва твердого біопалива з використанням різних видів сировини. Описано процес подрібнення сировини за допомогою різних типів дробарок та висвітлено особливості кожного з них. Також було проаналізовано ефективність різних методів подрібнення сировини та визначено їх вплив на якість та властивості гранул твердого біопалива. Було зазначено, що оптимальна довжина частинок для гранулювання залежить від типу сировини та може бути різною для різних видів біомаси.*

*Ключові слова: подрібнення, органічні відходи, біопаливо, пелети, брикети, пресування.*

KUPCHUK IHOR

Vinnytsia National Agrarian University

BYSTRYTSKYI OLEXANDER

Vinnytsia National Agrarian University

## RESEARCH OF SOLID BIOFUEL PRODUCTION TECHNOLOGY

*The article is devoted to the review and analysis of the solid biofuel production process using various types of raw materials. The article describes the process of crushing raw materials using different types of crushers and highlights the features of each of them. The effectiveness of various raw material grinding methods was also analyzed and their impact on the quality and properties of solid biofuel granules was determined. It was noted that the optimal particle length for granulation depends on the type of raw material and may be different for different types of biomass.*

*In addition, the influence of various impurities on the quality and properties of solid biofuel pellets, such as dust, metal pieces, plastic impurities, etc., was investigated. It was found that the presence of impurities in raw materials can significantly worsen the quality and properties of solid biofuel granules, so it is necessary to carry out quality control at each stage of production. The process of biofuel production using thermochemical methods, such as pyrolysis and gasification, has also been investigated. Data on the effectiveness of using each of the methods and their impact on the quality and properties of biofuel are presented. The process of solid biofuel compression and granulation is considered, and data on the influence of various factors on the quality and properties of granules are given.*

*Key words: grinding, organic waste, biofuel, pellets, briquettes, pressing.*

### Постановка проблеми

У зв'язку зі зростанням екологічних проблем та залежності від нестабільних цін на нафту, пошук альтернативних джерел енергії стає актуальним завданням [1]. Тверде біопаливо є одним із джерел, що може бути виготовлене з різних видів, таких як деревина, солома, буряки, сировина з вирощування енергетичних культур тощо. Проте, на даний момент, технології виробництва твердого біопалива не досконалі, існують проблеми з якістю та властивостями гранул, що знижує їх конкурентоспроможність на ринку [2]. Отже, проблема полягає в тому, щоб розробити ефективну технологію виробництва з високоякісними гранулами, які будуть відповідати вимогам ринку та забезпечувати стабільний прибуток виробників [3].

Враховуючи стратегічну важливість формування матеріально-технічної бази для забезпечення високоефективної переробки сільськогосподарських відходів рослинного походження, а також високі енерговитрати, якими відзначається традиційна підготовка біомаси до брикетування, виникає потреба в проведенні досліджень спрямованих на вирішення проблеми енергоефективного подрібнення структурно-неоднорідних матеріалів, у тому числі з високими показниками вологовмісту, що і обумовлює актуальність теми [4].

### Аналіз останніх джерел

Останні дослідження в галузі технології виробництва твердого біопалива показують активний розвиток і пошук нових підходів до вирішення проблем в цій галузі. Дослідники з усього світу працюють над поліпшенням технологій та збільшенням ефективності виробництва твердого біопалива. Наприклад, у своїй статті "Recent advances in biomass pretreatment – Torrefaction fundamentals and technology" (2022) Margio та співавтори аналізували принципи торрефікації біомаси, яка є одним з ключових етапів виробництва твердого біопалива. Дослідження дозволило встановити оптимальні параметри торрефікації для різних видів біомаси, що знизило вартість виробництва твердого біопалива.

У роботі "Investigation of biochar as a binder material for biomass pellet production" (2021) автори Кукульська-Журавська та Дума досліджували використання біовугілля як зв'язуючого матеріалу для виробництва гранул твердого біопалива. Вони показали, що додавання біокомпонента зменшує кількість використаного зв'язуючого матеріалу та збільшує якість і ефективність гранул.

У дослідженнях "Optimization of Process Parameters for Biomass Pellets Production Using Response Surface Methodology" (2021) Янг та Юнг використовували методологію реагування поверхні для встановлення оптимальних параметрів процесу виробництва гранул твердого біопалива з використанням

різних видів біомаси. Вони виявили, що вплив температури та часу на якість гранул залежить від типу використаної біомаси.

**Метою роботи** є дослідження процесу виробництва твердого біопалива з різних видів сировини, визначення оптимальних параметрів процесу та оцінка впливу різних факторів на якість та властивості гранул твердого біопалива. Також метою є порівняння ефективності різних типів дробарок та визначення їх впливу на якість та властивості гранул твердого біопалива.

#### Виклад основного матеріалу

Тверде біопаливо може бути виготовлене з різних рослинних матеріалів, таких як дерево, солома, торф, сміття та інше [4]. Найбільш поширеним матеріалом для виробництва твердого біопалива є деревина.

Технологія виробництва твердого біопалива може включати наступні етапи:

1. Збір сировини: сировина збирається та транспортується до заводу для подальшої обробки.
2. Дроблення: сировина проходить через дробарку, де вона розтинається на менші шматки. Це зменшує розмір сировини та полегшує подальшу обробку.
3. Сушіння: вологість сировини може бути високою, тому перед подальшою обробкою її необхідно підсушити. Це можна зробити природним шляхом, розкладаючи сировину на відкритому повітрі, або шляхом сушіння в спеціальних сушильних камерах.
4. Пресування: суха сировина подрібнюється ще дрібніше та пресується за допомогою спеціального обладнання у форму брикетів або пелет.
5. Охолодження: після пресування брикети або пелети охолоджуються, щоб зберігатися транспортуватися.
6. Упакування: готові брикети або пелети упаковуються у спеціальні мішки або контейнери для транспортування та зберігання.

Зазвичай технологія виробництва твердого біопалива є досить ефективною та екологічно чистою, оскільки вона використовує відновлювальну сировину та не викидає в атмосферу багато вуглекислого газу [5]. Крім того, тверде біопаливо може бути використовується в різних типах котлів, які використовуються для опалення приміщень або виробничих потреб.

Наприклад, брикети можуть бути використані в спеціальних котлах з прямим спалюванням, а пелети в автоматичних. Паливні гранули та брикети мають значні переваги порівняно з традиційними видами палива: для їх виробництва витрачається близько 3% енергії, при цьому під час виробництва нафти ці енерговитрати становлять близько 10%, електроенергії – 60%, а їх теплотворна здатність знаходиться у межах від 4,5 до 5,0 кВт/кг, що у 1,5 рази більше, ніж у звичайної деревини та вугілля [6]. Також паливні гранули та брикети мають високу конкурентоспроможність, порівняно з іншими видами традиційного палива. Ціни на біопалива не залежать від стрибків цін на вичопні види палива та на екологічні податки, що постійно збільшуються [7]. Завдяки вказаним перевагам твердих біопалив, постає необхідність нарощування темпів їх споживання регіонами України зі зменшенням використання вугілля у структурі енергоспоживання країни.

Ринок паливних брикетів та гранул України, на відміну від ринку біодизеля, вже став самостійним і експортоорієнтованим. Вироблені в Україні гранули, пелети, брикети реалізують як на внутрішньому ринку, так і за межами держави. Експорт твердих біопалив зумовлений вдвічі більшою ціною продажу на цей вид продукції у країнах ЄС, ніж на вітчизняному ринку, а також збільшенням попиту на тверді біопалива з боку європейських ринків.

Тверде біопаливо є екологічно чистим та ефективним вибором, особливо для тих, хто прагне зменшити свою залежність від нафти та інших видів енергії. Крім того, воно може бути виготовлене з відходів виробництва та використання деревини, що знижує витрати на сировину та вплив на навколишнє середовище.

Виробництво твердого біопалива може бути організовано як на великому промисловому рівні, так і на домашньому рівні за допомогою спеціального обладнання. Важливо забезпечити якісну сировину та дотримуватися вимог до якості твердого біопалива, щоб забезпечити ефективне його використання та мінімізувати вплив на довкілля.

Невід'ємними складовими частинами технологічного циклу виробництва такого твердого палива є підготовка біомаси до брикетування з метою забезпечення потрібних розмірів та вологовмісту вихідного продукту [8]. Оскільки відходи рослинного походження відносяться до структурно-неоднорідних матеріалів з різними фізико-механічними характеристиками окремих анатомічних частин (вологовміст, твердість, крихкість тощо), це знижує енергоефективність застосування того чи іншого відомого способу руйнування (наприклад, ударом, стиранням, різанням, розколюванням тощо) та зумовлює потребу в застосуванні кількох стадій подрібнення із використанням відповідного обладнання.

Існує кілька основних методів виробництва твердого біопалива, таких як механічний брикетування, термічна обробка та хімічна обробка.

Механічний брикетування полягає у виготовленні брикетів з сировини шляхом її здавлювання під високим тиском без використання хімічних реагентів [9]. Під час процесу механічного брикетування сировину змішують зі сполучувачем (наприклад, крохмалем або меласою), який допомагає зв'язати частки сировини разом, утворюючи брикет. Зазвичай брикети виготовляють з відходів деревообробки або зі сміття, що містить біомасу, наприклад, з міських зелених зон.

Термічна обробка включає в себе піроліз, торфопіроліз, газифікацію та карбонізацію. Під час термічної обробки сировину піддають впливу високої температури та відсутності повітря [10]. Це допомагає видалити з сировини вологу та легкозаймисті речовини, зменшити вміст димових газів та збільшити

енергетичну цінність біопалива.

Хімічна обробка включає в себе гідроліз, естерифікацію та трансестерифікацію. Під час гідролізу високомолекулярні біомаси розкладаються на менші молекули за допомогою води та кислоти або лужної обробки. Естерифікація використовується для перетворення жирів та олій на біопаливо. Трансестерифікація використовується для перетворення жирів та олій на біодизель.

Одна з переваг механічного брикетування полягає в тому, що цей процес не вимагає великих інвестицій та може використовуватись для переробки різних видів сировини. Недоліком механічного брикетування є те, що витрати на енергію для здавлювання сировини під високим тиском можуть бути значними, а також можуть виникнути проблеми зі зносом обладнання.

Термічна обробка є ефективним методом для виробництва твердого біопалива, особливо зі сировини, яка містить великі кількості вологи та легкозаймистих речовин [11]. Однак термічна обробка може бути дорогим та складним процесом, що вимагає великих інвестицій в обладнання та інженерні рішення.

Хімічна обробка є ефективним методом для перетворення біомаси на тверде біопаливо, але вона може бути дорогим та складним процесом, що вимагає великих інвестицій в обладнання та хімічні реагенти. Крім того, хімічна обробка може створювати проблеми зі видаленням залишків хімічних реагентів та інших відходів.

У кінцевому підсумку, технологія виробництва твердого біопалива залежить від доступної сировини, технічних можливостей та ринкових умов.

Залежно від технології виробництва, сировина для виробництва твердого біопалива може відрізнятися за складом та показниками (табл. 1). Однак, нижче наведено загальні показники для декількох видів біомаси, які можуть використовуватися для виробництва твердого біопалива:

Таблиця 1

Загальні показники різних видів біомаси

Сировина	Вологість, %	Зольність, %	Калорійність, МДж/т
Деревина хвойних	40-60	0,4-1,5	16-19
Деревина листяних	30-50	0,5-2,5	18-21
Деревопродукти	20-30	0,5-2,0	18-21
Солома	12-20	3,0-8,0	14-17
Сіно	15-20	3,0-8,0	14-17
Сухі листя та гілки	10-15	3,0-8,0	15-18
Сировина кукурудзи	12-18	2,0-6,0	15-17
Сировина пшениці	12-18	2,0-6,0	15-17
Органічні відходи	50-70	20-30	8-15
Просо	10-15	3,0-8,0	18-21

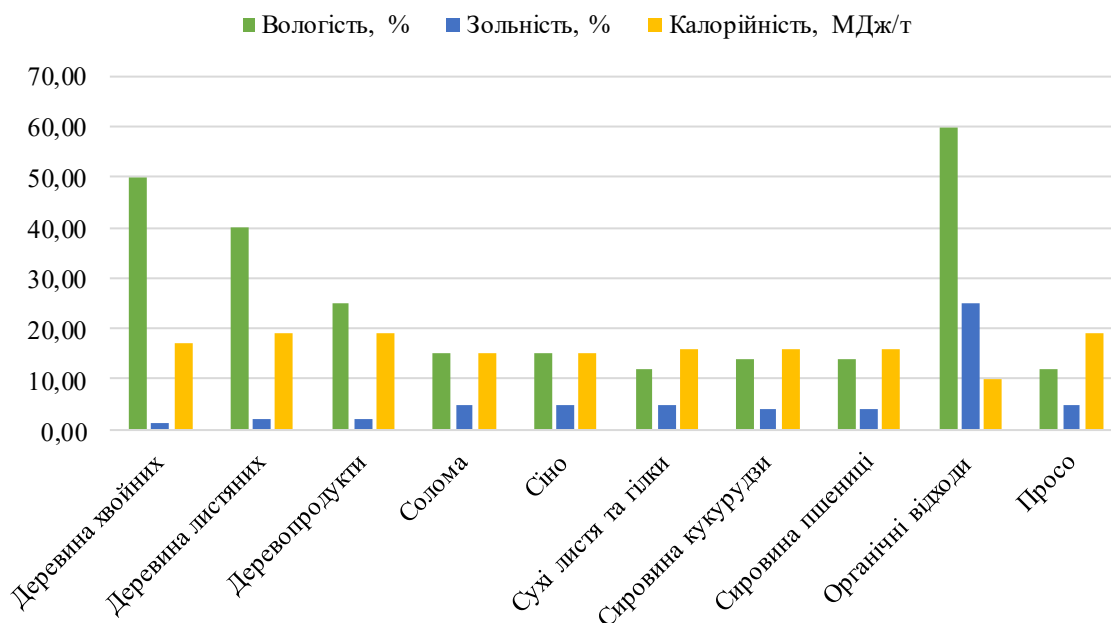


Рис. 1. Енергетичні показники сировини для виготовлення твердого палива

Наприклад, біомасу проса можна використовувати в процесі спалювання як окреме паливо або спалювати разом з вугіллями. Однак використання проса як єдиного джерела палива або в суміші на електростанціях великої потужності не є поширеним або економічно вигідним [12]. Це відбувається внаслідок зашлакування та забруднення систем згоряння. Причиною цього несприятливого явища є наявність у біомасі калію, кальцію, магнію, хлору та кремнію у більших кількостях, ніж у вугіллі. Чим вищий вміст калію та натрію, тим нижча температура плавлення золи біомаси і, як наслідок, більше шлаку та корозії котла. Газоподібний хлор і хлористий водень є основними факторами корозії енергетичних котлів, але дія HCl на

метал котла менш небезпечна, ніж  $Cl_2$ . Хлориди, особливо калію та натрію, що виділяються під час спалювання біомаси, конденсуються на поверхні котлів і труб пароперегрівачів. Потім у реакції хлоридів з оксидами заліза, присутніми в відкладеннях, або  $SO_2$ , яка виникає у відпрацьованих газах, утворюються хлор і хлористий водень відповідно. Тверді продукти цих реакцій, з іншого боку, розплавляються у склоподібний в'язкий шар, який захоплює нелеткі елементи (Ca, Si та Mg), з яких утворюються силікати з нижчою температурою плавлення, ніж у випадку хлоридів, що збільшує ризик корозії.

Ефективність спалювання біомаси проса також залежить від вмісту золи та вологи. Складу і калорійності проса наведені в таблиці 3. Відносно високий вміст золи пояснюється більшою часткою листя, яке може містити в 3 рази більше золи, ніж стебла, в біомасі цієї рослини (табл. 2). Зола знижує теплотворну здатність біомаси. Високий вміст вологи в біомасі також призводить до зниження калорійності, і цей вміст не повинен перевищувати 23%. У процесі спалювання біомаси вміст азоту також важливий, оскільки він впливає на викиди  $NO_x$ .

Процес подрібнення є однією з основних стадій при виробництві твердого біопалива з біомаси. Метою цього процесу є зменшення розміру сировини та збільшення її поверхні для подальшої обробки. Подрібнення може здійснюватися за допомогою різноманітних видів обладнання, залежно від виду біомаси та вимог до фракцій результуючої продукції.

Найпоширенішим типом обладнання для подрібнення є дробарки. Для деревини використовуються дискові та барабанні дробарки. При цьому деревина подрібнюється на фракції різної величини – від дрібної стружки до кусочків деревини довжиною до 10 см (табл. 3).

Для подрібнення соломи застосовуються різні типи обладнання, наприклад, молоткові дробарки та прес-підбирачі. Молоткові дробарки дозволяють подрібнювати соломку на фракції різного розміру, а прес-підбирачі додатково стискають соломку для отримання щільнішого матеріалу.

Для подрібнення використовуються різні типи дробарок, наприклад, валкові, дискові, молоткові та кулачкові. Даний процес відбувається з метою зменшення розміру та збільшення поверхні буряку для подальшої обробки.

Для органічних відходів зазвичай використовуються різноманітні типи дробарок, такі як молоткові дробарки, валкові дробарки, дискові дробарки, а також гранулятори.

Таблиця 2

**Класифікація дробарок для виробництва твердого біопалива за технічними показниками**

Тип дробарки	Призначення	Продуктивність, т/год	Потужність, кВт	Розмір подрібненої фракції, мм
Молоткова	Солома, деревина, органічні відходи	1-20	15-400	1-50
Дискова	Деревина	5-25	30-350	3-60
Барабанна	Деревина	10-50	60-600	10-100
Валкова	Буряк цукровий	5-30	10-150	2-20

Таблиця 3

**Класифікація дробарок для виробництва твердого біопалива за ефективністю подрібнення**

Тип дробарки	Сировина	Розмір початкової сировини, мм	Розмір подрібненої фракції, мм	Ефективність подрібнення, %
Молоткова	Солома	до 100	1-10	70-90
	Деревина	до 200	10-50	60-80
	Органічні відходи	до 200	5-20	80-90
Дискова	Деревина	до 300	10-60	70-90
Барабанна	Деревина	до 500	20-100	80-95
Валкова	Буряк цукровий	до 50	2-10	85-95

Як бачимо з таблиці, ефективність подрібнення залежить не тільки від типу дробарки, але й від типу та розміру сировини, що піддається подрібненню. Ці дані можуть бути корисними для вибору оптимального типу та моделі дробарки для конкретного виробництва.

Дослідження показали, що подрібнення сировини для виробництва твердого біопалива має значний вплив на якість та властивості гранул. Нижче наведені деякі фактори, що впливають на якість та властивості гранул після подрібнення:

1. Розмір часток сировини: більш дрібна сировина забезпечує кращу якість та однорідність гранул.
2. Вологість сировини: волога сировина може привести до погіршення якості та розсіпання гранул.
3. Тип обладнання для подрібнення: різні типи дробарок мають різну ефективність та якість подрібнення, що може вплинути на якість гранул.
4. Тиск та температура під час формування гранул: високий тиск та температура можуть забезпечити кращу якість та міцність гранул.
5. Вміст липких речовин: високий вміст липких речовин може привести до склеювання гранул та



погіршення їх якості.

6. Склад сировини: різні види сировини мають різний склад та властивості, що може вплинути на якість та властивості гранул.

### Висновки

Дослідження показали, що оптимальні умови подрібнення для досягнення кращої якості та властивостей гранул залежать від конкретної сировини та умов виробництва. Тому важливо проводити індивідуальні дослідження для кожного типу сировини та встановлювати оптимальні умови подрібнення для досягнення найкращих результатів.

### Література

1. Бабенко О. В., Бурдейний О. В., Безгубенко, О. М. Перспективи використання біомаси для виробництва електроенергії в Україні. Економіка та держава. 2016. № 12. С. 39–42.
2. Ковальов О. В. Аналіз сучасних технологій виробництва твердого біопалива. Енергетика та електрифікація. 2015. № 4. С. 25–31.
3. Медведєв В. П., Іванов, А. Ю. Оптимізація процесу виробництва твердого біопалива. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. 2018). № 17. С. 46–54.
4. Rutkevych V., Kupchuk I., Yaropud V., Hraniak V., Burlaka S. Numerical simulation of the liquid distribution problem by an adaptive flow distributor. *Przeład Elektrotechniczny*. 2022. Vol. 98 (2). P. 64–69.
5. Гуменюк О. О., Соколовський, О. І. Дослідження впливу вмісту вологи на властивості біопаливних гранул. Технологія і техніка друкарства. 2019. № 3(63). С. 55–61.
6. Бандурко В. І., Міщенко, О. Ю. Виробництво біопаливних гранул з побутових відходів. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія. (2016). № 36. С. 70–73.
7. Михайленко В. А. Оцінка економічної ефективності виробництва біопалива в Україні. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Економіка та менеджмент підприємства. 2017. № 871. Р. 146–153.
8. Карпенко В. С., Кудрицький, О. В. Дослідження впливу каталізатора на процес газифікації біомаси. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2016. № 4. Р. 17–24.
9. Бурлака С.А. Алгоритм функціонування машинно-тракторного агрегату з використанням системи живлення зі змішувачем палив. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. 2022. № 1 (305). С. 140–144.
10. Кучерявий В. В., Кононова, О. В. Аналіз технологічних схем виробництва твердого біопалива з використанням методів математичного моделювання. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Технічні науки. 2017. № 23. С. 58–61.
11. Бурдейний О. В., Бабенко О. В. Технології виробництва біопалива: світовий та український досвід. Енергетика та електрифікація. 2015. № 4. С. 5–10.
12. Микитюк Ю. В., Піддубний Ю. В. Аналіз ринку твердого біопалива в Україні. Економіка та прогнозування. 2019. № 1. С. 87–98.

### References

1. Babenko, O. V., Burdeiniy, O. V., & Bezgubenko, O. M. Prospects for the use of biomass for electricity production in Ukraine. *Economy and the state*. 2016. No. 12. P. 39-42.
2. Kovalev, O. V. Analysis of modern technologies of solid biofuel production. *Energy and electrification*. 2015. No. 4. P. 25-31.
3. Medvedev, V. P., & Ivanov, A. Yu. Optimization of solid biofuel production process. *Bulletin of the National Technical University "KhPI"*. Series: Energy and heat engineering processes and equipment. 2018). No. 17. P. 46-54.
4. Rutkevych V., Kupchuk I., Yaropud V., Hraniak V., Burlaka S. Numerical simulation of the liquid distribution problem by an adaptive flow distributor. *Przeład Elektrotechniczny*. 2022. Vol. 98 (2). P. 64-69.
5. Humenyuk, O. O., & Sokolovskyi, O. I. Study of the influence of moisture content on the properties of biofuel granules. *Printing technology and technique*. 2019. No. 3(63). P. 55-61.
6. Bandurko, V. I., & Mishchenko, O. Yu. Production of biofuel pellets from household waste. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University*. Series: Chemistry. (2016). No. 36. P. 70-73.
7. Mykhaylenko, V. A. Assessment of the economic efficiency of biofuel production in Ukraine. *Bulletin of the Lviv Polytechnic National University*. Series: Economics and enterprise management. 2017. No. 871. R. 146-153.
8. Karpenko, V. S., & Kudrytskyi, O. V. Study of the influence of the catalyst on the biomass gasification process. *Energy: economy, technologies, ecology*. 2016. No. 4. R. 17-24.
9. Burlaka S.A. Algorithm of operation of a machine-tractor unit using a power supply system with a fuel mixer. *Bulletin of the Khmelnytskyi National University*. Series: Technical sciences. 2022. No. 1 (305). P. 140-144.
10. Kucheryavy, V.V., & Kononova, O.V. Analysis of solid biofuel production technological schemes using mathematical modeling methods. *Scientific Bulletin of the International Humanitarian University*. Series: Technical sciences. 2017. No. 23. P. 58-61.
11. Burdeiniy, O. V., & Babenko, O. V. Biofuel production technologies: world and Ukrainian experience. *Energy and electrification*. 2015. No. 4. P. 5-10.
12. Mykytyuk, Yu. V., & Piddubny, Yu. V. Analysis of the solid biofuel market in Ukraine. *Economics and forecasting*. 2019. No. 1. P. 87-98.