

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. ЧАСТИНА 2



29 травня 2020  
Житомир, Україна

---

**Організаційний комітет**

**Іван Грабар** – зав. кафедри процесів, машин та обладнання в агроінженерії, д.т.н., професор;

**Валерій Журавльов** – зав. кафедри вищої та прикладної математики, д.ф.-м.н., професор;

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

**Богдан Шелудченко** – професор кафедри механіки та інженерії агроєкосистем, к.т.н., професор.

**Ярослав Ярош** – декан факультету інженерії та енергетики Поліського національного університету, д.т.н, доцент;

**Олена Сукманюк** – заступник декана факультету інженерії та енергетики, к.і.н., доцент;

**Наталія Цивенкова** – заступник декана з наукової роботи, к.т.н., доцент;

**Василь Савченко** – зав. кафедри машиновикористання та сервісу технологічних систем, к.т.н., доцент;

**Юрій Гончаренко** – зав. кафедри електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології, к.т.н., доцент;

**Олег Плужніков** – інженер кафедри механіки та інженерії агроєкосистем;

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

**Віктор Білецький** – доцент кафедри машиновикористання та сервісу технологічних систем, к.т.н., доцент

УДК 620.91:338.439.02

Рекомендовано до друку науково-технічною радою науково-інноваційного інституту інженерії агропромислового виробництва та енергоефективності Поліського національного університету (протокол № 10 від 20 травня 2020 р.)

Біоенергетичні системи: Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи». Частина 2, 29 травня 2020 р. Житомир: Поліський національний університет, 2020. – 128 с.

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.

Відповідальність та 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.

© Колектив авторів, 2020

© Вид-во «Поліського університету», 2020

## ЗМІСТ

Автори	Назва	Стор.
Комар А.С., Болтянська Н.І.	АНАЛІЗ СПОСОБІВ УЩІЛЬНЕННЯ ДРІБНИХ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ	6
Болтянська Н.І. Комар А.С.	ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ	11
Болтянський О.В., Болтянська Н.І.	НАПРЯМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО РОЗВИТКУ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ	15
Прядко В.А., Данилівський В.В.	ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ	20
Прядко В.А., Гаврилук А.В.	ДІАГНОСТУВАННЯ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ	23
Прядко В.А., Алексеєнко А.О.	ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ	26
Прядко В.А., Боклан О.О.	ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАЛЬНИХ СИСТЕМ	31
Прядко В.А., Поєжан М.А.	ОПТИМІЗАЦІЯ РІЗНОТИПНИХ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ЖИВЛЕННЯ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ СИСТЕМІ	36
Прядко В.А., Лось Р.В.	ЗАЗЕМЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ	40
Прядко В.А., Крамарев А.В.	ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ 10-0,4 КВ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕМОНТНО – ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ	45
Прядко В.А., Костриця М.В.	ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	50
Деревянко Д.А., Боровець Р.Г.	ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДОЇЛЬНОГО СТАКАНА	55
Медведський О.В., Дячук О.В.	ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ НА СУКУПНІ ВТРАТИ ТИСКУ	57
Медведський О.В., Климчук А.А.	ПОКРАЩЕННЯ ТРАНСПОРТУВАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЕКТОРІВ ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ	59
Медведський О. В., Нестеренко М. М.	ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕЖЕКТОРА ВАКУУМНОЇ УСТАНОВКИ	61
Медведський О. В., Черниш Ю. М.	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН СУХОГО ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕБУЛЬБПЛОДІВ	63
Менчинський Ю. Б.	ОЦІНКА ВТРАТ ТИСКУ ДВОСЕКЦІЙНОГО РОТАЦІЙНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА	65
Войцицький А.П., Кізюк М.В.	КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	67
Войцицький А.П., Метельський А.С.	ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ КТП-0,4/10 КВ с.м.т. РОМАНІВ	70
Войцицький А.П., Осипов Н.О.	ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ВІЙСЬКОВОГО МЕДИЧНОГО ЗАКЛАДУ м. ЖИТОМИРА	74

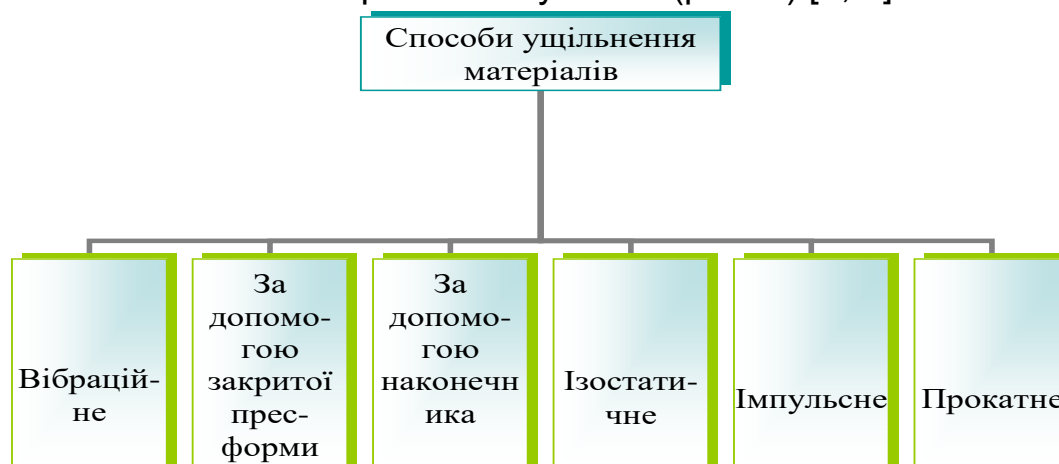
<b>Войцицький А.П., Папірник А.В.</b>	ШЛЯХИ ПОШУКУ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ДЖЕРЕЛА ОСВІТЛЕННЯ РОБОЧИХ МІСЦЬ НАУКОВИХ ЗАКЛАДІВ	77
<b>Войцицький А.П., Сеньків І.І.</b>	ПОШУК РАЦІОНАЛЬНИХ ШЛЯХІВ ФОРМУВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ В УМОВАХ ФЕРМ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ	81
<b>Войцицький А.П., Сікорський С.В.</b>	ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПЛОСКОШЛІФУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ	83
<b>Войцицький А.П., Шателюк Д.М.</b>	СУЧАСНИЙ НАПРЯМ ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ДЛЯ ВІЙСЬКОВИХ ПОТРЕБ	85
<b>Войцицький А.П., Яцковий С.О.</b>	ПОШУК ІСНУЮЧИХ ЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ	89
<b>Готьє Б.О., Чорнолоз Б.П.</b>	ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН	93
<b>Михайленко А.В.</b>	ПРОБЛЕМАТИКА ВИКОРИСТАННЯ РОТАЦІЙНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ	95
<b>Медведюк М.П.</b>	МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ РЕАКТОРІВ	97
<b>Пя'нікін В.А.</b>	ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА В УМОВАХ АГРАРНИХ ПІДРИЄМСТВ	101
<b>Трохимчук М.В.</b>	ТЕХНІЧНИХ ПРОПОЗИЦІЇ ІЗ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ В МАЛИХ УСТАНОВКАХ	104
<b>Заруцький О. О.</b>	ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИКРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЯ	107
<b>Голуб Г.А., Ярош Я.Д., Кухарець М.М., Філіпов Ю.Є.</b>	ПРОЕКТ ГАЗИФІКАТОРА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ГОРЮЧОГО ГАЗУ ІЗ СОЛОМ'ЯНИХ ГРАНУЛ	109
<b>Ярош Я.Д., Кухарець М.М., Ткачук М.І.</b>	МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ ПРИ ПРОХОДЖЕННІ ПОТОКУ ПОВІТРЯ В ЗОНІ ГОРІННЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРА	111
<b>Порицький Т.В.</b>	ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ	114
<b>А. І. Лісєєва</b>	ПЕРІОДИЧНІСТЬ ЗАМІНИ ФІЛЬТРІВ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТЕХНІЦІ	119
<b>Кухарець М.М., Швець А.С.</b>	СХЕМА ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ	121

## АНАЛІЗ СПОСОБІВ УЩІЛЬНЕННЯ ДРІБНИХ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

**Комар А.С., інженер, Болтянська Н.І., к.т.н.,**  
*Таврійський державний агротехнологічний університет*  
*імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Використання вторинних матеріальних ресурсів і організація безвідходних технологій виробництва дозволяє не лише утилізувати відходи і покращувати екологічну обстановку в регіонах країни, а й економити сировинні ресурси. Важливим елементом розвитку сучасної переробки вторинних матеріалів є вибір найраціональнішого способу ущільнення вихідних матеріалів, а також вдосконалення, впровадження методів для їх найефективнішого гранулювання, що разом зі значним зменшенням об'єму дозволить зберегти високу якість пресування сипких матеріалів [1-4]. Тому актуальним є здійснення огляду способів ущільнення порошкоподібних і дрібних сипких матеріалів та методів механізму утворення гранул.

Дослідженням процесів ущільнення сипких матеріалів займалися такі відомі вчені як: Вілесов М.Г., Скрипко В.Я., Танченко І.М. 76, Вайстіх Г.Я., Дарманьян П.М. 88, Кучінскас З.М., Особов В.І. 88, Классен П.В., Гришаєв І.Г., Шомін І.П., Осокін А.В. та ін. [5, 6]. З огляду на численні роботи науковців можемо виділити шість найпоширеніших способів формування та ущільнення сипких матеріалів та сумішей (рис. 1) [1, 6].



**Рис. 1. Основні способи ущільнення сипких матеріалів**

Суть *вібраційного ущільнення* полягає в тому, що під впливом вібрації руйнуються початкові зв'язки та поліпшується взаємний рух між частками, завдяки чому досягається значна щільність спресованих виробів. Перевагами такого способу є значно зменшений тиск пресування

і підвищена рівномірна щільність спресованих виробів, недоліками: складність конструкції установки; періодичність процесу; відносно невисока продуктивність.

До матеріалу, при *ущільненні за допомогою закритої прес-форми*, додається тиск зі сторони одного або двох пуансонів. Матеріал зменшується в об'ємі і набуває необхідну форму. Можливість отримання спресованих виробів певних розмірів і з заданими фізико-механічними властивостями є перевагами заданого способу ущільнення. До недоліків способу слід віднести нерівномірний розподіл щільності в об'ємі пресування через виникнення сил тертя.

При *ущільненні за допомогою наконечника* пресування матеріалу відбувається за рахунок його продавлювання через формуючий канал (отвір, філь'єру), що визначає форму і розміри поперечного перерізу. Перевагами способу є можливість отримання спресованих виробів заданих геометричних форм та розмірів, недоліками – дефектність структури отриманих заготовок за рахунок «розшарування» матеріалу при продавлюванні; періодичність дії; складність видалення повітря з матеріалу; низька продуктивність.

Формування з використанням рідини або газу під дуже високим тиском і, при необхідності, високих температурах в умовах всебічного стиснення називається *ізостатичним ущільненням*. Спосіб використовують для отримання великогабаритних заготовок, що у всіх напрямках мають однаковою щільністю. Прикладання тиску по всім зовнішнім поверхням спресованого матеріалу і практично повна відсутність втрат на зовнішнє тертя є перевагами цього способу ущільнення. Недоліки: складність конструкції установок; великі габарити; періодичність дії; складність видалення повітря з формованого матеріалу; підвищені енерговитрати.

*Імпульсне ущільнення* проводиться ударними хвилями з інтервалом в 1 с. При високих швидкостях ущільнення порошку теплота, що виділяється в результаті деформації частинок, простору між ними і зовнішнього тертя, призводить до локального нагрівання місць контактів частинок і їх спікання. Переваги способу: високий ступінь стиснення матеріалу і його ущільнення, недоліки: періодична дія; застосування вибухонебезпечних речовин; підвищений знос робочих органів; високий шум установок.

При *прокатному ущільненні* вихідна сировина проходить між двома валками з гладкою поверхнею, що обертаються. Перевагами способу є

висока продуктивність, економічність, простота конструкції і надійність; низькі експлуатаційні витрати, порівняно невеликі габарити. Головним недоліком машин подібного типу є складність формування адгезійно-активних матеріалів і тонко-дисперсних частинок, розміром менше 100 мк.

Найпоширенішим і найпопулярнішим видом ущільнення порошкоподібних та дрібних сипких матеріалів є гранулювання [7]. Розсипна сировина складається з двох фаз: твердої, що містить деяку кількість вологи і газоподібної, що заповнює простір між частинками. Кількісне співвідношення цих фаз до і після пресування на грануляторах змінюється. Ефективність процесу гранулювання залежить від механізму утворення гранул, який, в свою чергу, визначається способом гранулювання. У зв'язку з цим *методи гранулювання* сипких матеріалів доцільно класифікувати таким чином [5]: скочення (формування гранул в процесі їх агрегації або пошарового росту з подальшим ущільненням структури); пресування сухих порошоків (отримання брикетів, плиток тощо з подальшим їх подрібненням на гранули необхідного розміру); формування або екструзія (продавлювання в'язкої або пастоподібної маси через отвори).

Гранулювання *методом скочування* полягає в попередньому утворенні агрегатів з рівномірно змочених частинок або в нашаруванні сухих частинок на змочені ядра – центри утворення гранул. Цей процес обумовлений дією капілярно-адсорбційних сил зчеплення між частинками і подальшим ущільненням структури, викликаним силами взаємодії між частинками в щільному динамічному шарі, наприклад в грануляторах барабанного або тарілчастого типів.

Гранулювання *методом пресування сухих порошоків*, тобто ущільнення під дією зовнішніх сил, засноване на формуванні щільної структури речовини, що обумовлено виникненням міцних когезійних зв'язків між частинками при їх стисненні. Отриманий в результаті ущільнення брикет (плитка, стрічка) подрібнюють і спрямовують на розсівання для відбору кондиційної фракції гранул, що є готовим продуктом.

Гранулювання *методом формування або екструзії* полягає в продавлюванні пастоподібної маси, що являє собою або зволожену шихту, або суміш порошку з легкоплавким компонентом, через перфоровані пристосування з подальшою сушкою гранул або їх охолодженням. З опису вищенаведених особливостей процесів, що здійснюються різними методами, випливає, що гранулювання дрібних сипких матеріалів



відбувається при виникненні фізико-механічних зв'язків, наслідком дії яких є збільшення щільності (зниження пористості) сировини яка гранулюється, що досягається або ущільненням структури капілярно-пористих тіл при їх скочуванні, пресуванні тощо.

На частинки сипких матеріалів при створенні та формуванні гранул можуть здійснювати вплив наступні сили: капілярні і поверхнево-активні сили на межі розділу твердої і рідкої фаз; адгезійні сили, що виникають в адсорбованих шарах; сили тяжіння між твердими частинками (молекулярні сили Ван-дер-Ваальса та сили електростатичного притягання); сили зв'язків, обумовлені утворенням матеріальних містків, що виникають при спіканні, хімічної реакції, затвердінні сполучного компонента, плавленні і кристалізації розчиненої речовини при сушінні. З огляду на це всі відомі види зв'язків при гранулюванні зведені [5] в загальну класифікаційну схему (табл. 1).

Таблиця 1

### Класифікація зв'язків між частинками при зростанні та формуванні гранул

Вид зв'язків	Причини утворення зв'язків
Рідиннофазні містки	Поверхневий натяг плівки рідини; молекулярне притягування в адсорбованих тонких шарах
Твердофазні містки	Дифузія молекул або атомів в точці контакту між частинками; хімічна реакція; плавлення і затвердіння речовини в точках контакту між частинками; кристалізація розчинених речовин при сушінні
Притягування між твердими частинками	Молекулярне притягування (сили Ван-дер-Ваальса); електростатичне притягування
Механічні зв'язки	Зчеплення шорстких поверхонь; заклинювання між частинками різних форм і розмірів

Для формування гранул з вихідних частинок порошкоподібного матеріалу необхідно забезпечити їх зближення на таку відстань, при якій проявляється дія зазначених сил. У тому випадку, коли гранули можуть бути отримані без додавання рідкої фази (сполучних рідин), застосовують «сухе» гранулювання (наприклад, методом пресування). При цьому зчеплення між окремими частинками забезпечується Ван-дер-Ваальсовими, електростатичними та когезійними силами зв'язку.

При гранулювання методом скочування більш результативнішими зв'язки між частинками, зумовлені капілярними силами, що пояснюється використанням рідиннофазного сполучного та утворенням кристалічних містків. Розгляд видів зв'язків і зіставлення їх міцності мають особливе

значення при аналізі механізму і кінетики процесів гранулювання, що здійснюється різними методами.

Огляд способів ущільнення сипких матеріалів дозволяє більш ґрунтовно підійти до питання підвищення ефективності процесу гранулювання порошкоподібних та дрібнодисперсних сумішей, а отриману інформацію в подальшому взяти до уваги при розробці та вдосконаленні конструкторських та технологічних рішень з урахуванням умов ущільнення та фізико-механічних властивостей сипких матеріалів.

### **Список використаних джерел**

1. Болтянська Н.І. Визначення умови економічної доцільності підвищення надійності прес-гранулятора. Вісник ХНТУСГ, «Проблеми надійності машин». 2019. Вип. 205 С. 398-405.
2. Комар А.С. Аналіз технічних засобів для пресування кормів Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. Вип. 8, Т. 2.
3. Комар А.С. Переробка пташиного посліду на добриво шляхом його гранулювання Матеріали V Міжн. наук.-пр. конференції «Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва» (23-24 травня 2019 р.). Умань, 2019. – С. 18-20.
4. Болтянська Н.І. Аналіз конструкцій пресів для приготування кормових гранул та паливних брикетів Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. Вип. 8, Т. 2.
5. Болтянська Н.І., Комар А. С. Визначення умови економічної доцільності підвищення надійності прес-гранулятора. Вісник ХНУСГ, «Проблеми надійності машин». 2019. Вип. 205. С. 398-405.
6. Комар А.С., Болтянська Н.І. Напрями удосконалення робочого процесу вальцово-матричних прес-грануляторів. Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: мат. Міжн. наук.-практ. форуму. ТДАТУ. 2019. Ч. 1. С. 33-36.
7. Комар А.С. Доцільність гранулювання і брикетування кормів для тварин і птиці Матеріали VII-ї Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» (5-28 грудня 2018 року). Глеваха, 2019. С. 47-49.
8. Болтянська Н.І., Комар А.С. Кількісні показники економічного аналізу надійності прес-гранулятора з нерухомою матрицею. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 97–104.