

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня "Магістр"
на тему:

**Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочого органу
причіпного аератора-подрібнювача компостних сумішей**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-2-19
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Махиня Олександр Володимирович

Керівник: _____ Тищенко Сергій Сергійович

Рецензент: _____ Поляков Олександр Іванович

Дніпро, 2020

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

МВІТ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Махиня Олександр Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів
робочого органу причіпного аератора-подрібнювача компостних сумішей

керівник роботи Тищенко Сергій Сергійович, д-р техн. наук, проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« ____ » _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі тваринництва та
існуючих засобів механічної аерації гноє-компостних сумішей. Патентний пошук,
аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) 1. Сучасний стан проблеми і вибір напрямів досліджень.

2. Теоретичні дослідження механізованого процесу компостування органічних
відходів. 3. Програма і методика проведення експериментальних досліджень.

4. Результати експериментальних досліджень. 5. Охорона праці та безпека в
надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність використання причіпного

аератора-подрібнювача гноє-компостних сумішей. Висновки. Список
використаних джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (5 аркушів, А4). 2. Теоретичні дослідження (3 аркуша, А4). 3. Експериментальні дослідження (4 аркуша, А4)
4. Охорона праці (1 аркуш, А4). 5. Економічні показники (1 аркуш, А4).
6. Висновки (2 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Тищенко С.С., професор		
2	Тищенко С.С., професор		
3	Тищенко С.С., професор		
4	Тищенко С.С., професор		
5	Кравець В.В., доцент		
6	Вініченко І.І., професор		

7. Дата видачі завдання: 19 травня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний	13.06.2020 року	
2	Теоретичний	18.07.2020 року	
3	Експериментальний	19.08.2020 року	
4	Охорона праці	10.10. 2020 року	
5	Економічний	14.11.2020 року	
6	Демонстраційна частина	25.11.2020 року	

Студент

_____ (підпис)

Махиня О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Тищенко С.С.

_____ (прізвище та ініціали)

Махия О.В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочого органу причіпного аератора-подрібнювача компостних сумішей. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). ДДАЕУ, Дніпро, 2020.

Вступна частина дипломної роботи містить обґрунтування актуальності теми, сформульовані мета та задачі, приведено методи досліджень. Аналіз стану питання дав змогу обґрунтувати напрямки вирішення поставленої мети та задач. В другому розділі розроблена математична модель процесу роботи фрезерно-барабанного робочого органу функціонально встановила зв'язок між параметрами пристрою (кількістю лопатей, коловою швидкістю, площею стружки) та висотою буртів компосту. У результаті експериментальних досліджень, використовуючи дисперсійний аналіз, визначено раціональний конструкційний варіант розробленого пристрою для подрібнення і змішування коров'ячого гною і посліду. Проведено дослідження розробленої конструкції з точки зору охорони праці. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

Ключові слова: гноє-компостна суміш, змішування, аерація, подрібнення, параметри, дослідження, ефективність

ЗМІСТ

Вступ	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ І ВИБІР НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	10
1.1 Моніторинг органічних відходів тваринництва в Україні	10
1.2 Способи компостування сільськогосподарських відходів	12
1.3 Аналіз стану новітніх технічних рішень мобільних гноє- компостувальних машин відкритих і накритих майданчиків	15
1.4 Типи робочих органів компостоготувальних машин	22
1.5 Висновки з розділу	24
1.8 Мета і завдання досліджень	25
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ	26
2.1 Постановка задачі.....	26
2.2 Визначення маси компостного матеріалу на лопаті робочого органу	27
2.3 Дослідження процесу взаємодії лопаті робочого органу з гноє- компостною сумішшю	34
2.4 Визначення енерговитрат робочих органів гноє-компостувальних машин	38
2.5 Висновки з розділу.....	41
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	42
3.1 Програма досліджень.....	42
3.2 Методика експериментальних досліджень причіпного аератора- подрібнювача компонентів гноє-компостної суміші	42
3.3 Висновки з розділу.....	49
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	50
4.1 Дослідження траєкторії руху частинок компосту під дією робочого органу причіпного аератора-подрібнювача	50
4.2 Результати експериментальних досліджень причіпного аератора-	

подрібнювача	53
4.3 Порівняння результатів досліджень для одного і двох робочих органів	58
4.4 Висновки з розділу.....	59
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	61
5.1 Охорона праці і об'єкти підвищеної небезпеки під час прибирання, видалення, обробки і зберігання гною	61
5.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів	61
5.3 Вимоги безпеки праці під час прибирання, видалення, обробки і зберігання гною	62
5.4 Вимоги безпеки праці при роботі компостувальної машини	68
5.5 Карта безпеки праці по розробленому причіпному аераторі-подрібнювачі	71
5.6 Висновки з розділу.....	73
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРИЧІПНОГО АЕРАТОРА-ПОДРІБНЮВАЧА ГНОЄ-КОМПОСТНИХ СУМІШЕЙ	74
6.1 Вихідні дані	74
6.2 Економічна оцінка впровадження результатів досліджень	75
6.3 Висновки з розділу.....	79
ВИСНОВКИ	80
Список використаних джерел	83
Додатки	89

ВСТУП

Світові тенденції в аграрному виробництві вказують на суттєві зміни у технологічному використанні органічної сировини рослинництва і тваринництва (соломи, гною, посліду) для одержання органічних добрив. Основні виклики: підвищення соціальних вимог до екологічного стану оточуючого середовища (запахи, забруднення водоймищ, ґрунтів), відновлення родючості ґрунтів, виробництво сировини для отримання органічної продукції (овочів, грибів). Події відбуваються в умовах зменшення виходу гною із-за скорочення кількості тварин в Україні і світі. Згідно зі статистичними даними, вихід гною на території України з 1991 року до 2018 року зменшився в 4-4,5 рази, а середній обсяг внесення органічних добрив не перевищує 0,8 т/га при потребі від 10 до 12 т/га для відновлення родючості ґрунтів. Одним із варіантів вирішення проблеми є використання більш якісних органічних добрив – компостів – суміші гною тварин або посліду птиці з рослинною біомасою, які виробляються за скороченими термінами аеробної ферментації.

Метою прискореного компостування є керування процесами ферментації-розкладання органічної речовини, зменшення втрати поживних речовин на основі підтримання раціональних умов життєдіяльності мікроорганізмів, що забезпечує зниження часу готовності продукту. Позитивним результатом заходів є зменшення екологічних ризиків, покращення стану навколишнього середовища, ресурсозбереження за рахунок використання нетоварної сировини рослинництва і переробної галузі, зменшення площ для зберігання і накопичення гною та посліду, покращення якості добрив.

Механізоване компостування, що проводилось у 70-80 роки минулого століття на основі енергонасичених технічних систем, було економічно доцільним за рахунок додаткової продукції рослинництва. У сучасних умовах дефіциту фінансових, матеріальних та сировинних ресурсних використання цих технологій і технічних засобів у багатьох випадках призводить до збільшення собівартості продукції та економічної недоцільності виконання процесу керованого

компостування, оскільки витрати на виробництво не покриваються прибавкою врожайності від їх використання. У результаті виникає проблемна ситуація, що полягає, з однієї сторони, в необхідності збільшення обсягів внесення органічних добрив для відновлення родючості ґрунтів за умови фактичного значного зменшення виходу гною. З іншої, невідповідність існуючих технологій і технічних засобів соціальним вимогам та економічній доцільності. Аналіз світового досвіду показує, що ефективне виробництво компостів, частково, забезпечує вирішення і цієї проблеми. Однак технічні засоби для механізації компостування, що випускаються за кордоном, мають призначення, виконання та конструкцію, адаптація яких до господарських умов в Україні потребує системного техніко-технологічного обґрунтування.

Тому існує актуальна наукова проблема подальшого підвищення ефективності ресурсозберігаючих механізованих технологій для виробництва компостів на базі обґрунтування технологічних систем та конструктивно-режимних параметрів машин та обладнання.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ І ВИБІР НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Моніторинг органічних відходів тваринництва в Україні

Сучасна екологічна ситуація є досить унікальною, оскільки значно зросла інтенсивність виробництва сільськогосподарської продукції і змінилась сама суть впливу людини на природне середовище. На сучасному етапі розвитку тваринництва постають дві взаємопов'язані проблеми:

- перша – зростання кількості відходів і забруднення середовища унаслідок інтенсивного ведення галузі тваринництва;
- друга – необхідність розробки комплексу заходів щодо ліквідації цієї небезпеки для подальшого розвитку цієї галузі. Розв'язання цих проблем можливе шляхом дотримання нормативних вимог [1] та впровадження новітніх технологій перероблення тваринницьких відходів [2, 3, 4].

На сьогоднішній день відходи агропромислового комплексу не завжди піддаються переробці та використанню, хоч і є цінною удобрювальною й енергетичною сировиною [5]. Кризові явища щодо розбіжностей між нормами і фактичним внесенням органічних добрив на поля та стан енергетичного забезпечення потребують деталізованого оцінювання обсягів накопичення тваринницьких відходів для розробки загальної стратегії та обґрунтування основних напрямів системного підходу щодо екологічно-безпечного функціонування систем їхньої підготовки та переробки.

Була зроблена спроба більш реально оцінити кількість утвореного гною (безпідстилкового та підстилкового), особливо тих його обсягів, які доступні й придатні для переробки за станом на сьогоднішній день та у найближчій перспективі з урахуванням розвитку тваринництва за державними програмами. Від загальної кількості екскрементів, яка сягає 167,4 млн. т на рік, частка для скотарських підприємств складає 77,3 % (129,4 млн. т), свинарських – 11,8 % (19,7 млн. т), птахівницьких – 8,9 % (14,8 млн. т), вівчарство та козівництво – 2 %

(3,5 млн. т) [6].

Отже, у відсотковому співвідношенні на великих тваринницьких підприємствах вихід підстилкового і безпідстилкового гною до загальної маси його виходу склало 51,2 % і 18,8 %. Якщо визначити різницю між загальною кількістю отриманого гною і кількістю гною, що вироблено на великих підприємствах, то ми отримаємо кількість гною який виробляється в індивідуальних сільськогосподарських підприємствах, фермерських господарствах, невеличких фермах тощо. А це 58,9 млн.т., як правило підстилкового гною, або ще додатково 35,1 % від загальної кількості, що виробляється за рік.

Таким чином 82,1 % загальної кількості гною – це підстилковий гній. До найбільш перспективних способів переробки підстилкового гною можна віднести технологію прискореного компостування, яка базується на біотермічних процесах переробки сумішей органічних відходів у природних, або в штучно створених керованих умовах з одержанням компостів з бажаними агротехнічними властивостями. Технологія дозволяє нарощувати виробництво компостів завдяки залученню до процесу разом з гноем або послідом рослинної біомаси (переважно соломи).

Отже, актуальними залишаються стратегічні напрями в нормативно-правовій сфері, які стосуються посилення дієвості чинного законодавства щодо поводження із сільськогосподарськими органічними відходами, а також розроблення методичних та науково-практичних рекомендацій щодо впровадження безвідхідних виробництв і екологічно безпечних технологій переробки сільськогосподарських відходів, та технічних засобів на основі різноманітних за властивостями органічних відходів й розроблення на цій основі згармонізованої до світових стандартів нормативної документації.

При цьому слід звернути увагу на декілька обмежень.

1. Агрономічні. Внесення в ґрунт 100 т/га необробленого гною рівнозначно висіву 4,5-15,5 мільйонів насіння бур'янів. Якщо їх не знищити під час обробки гною, то вони винесуть з ґрунту поживних речовин більше, ніж їх міститься у

внесених добривах [7, 8, 9, 10].

2. При підстилковому утриманні худоби живильна цінність гною підвищується за рахунок поживних речовин, що містяться в підстилці, і скорочення їх втрат з екскрементів, особливо при використанні торф'яної підстилки. За результатами масових аналізів агрохіміків встановлено, що в середньому в тонні підстилкового гною перед його внесенням до 1,4 рази більше азоту і в 1,3 більше фосфору, ніж в екскрементах. Вміст калію не змінюється [11].

3. Економічні. Ці обмеження впливають з витрат на прибирання, зберігання, транспортування і внесення гною. Вони не повинні перевищувати вартості, що міститься в гної поживних речовин. Очевидно, що чим більше ферма, тим більше вихід гною, тим далі доводиться його транспортувати і тим вище транспортні витрати. При цьому обсяг транспортних робіт з доставки гною на поля збільшується пропорційно третього ступеня середньої дальності транспортування [12].

1.2 Способи компостування сільськогосподарських відходів

На сьогодні відомо багато систем компостування органічних відходів, які знайшли своє використання в різних галузях господарювання з метою перероблення і подальшого використання їх як органічного добрива.

Екологічні та агротехнічні застереження щодо вивільнення неприємних і парникових газів, фітотоксичності компонентів (наявності шкідливих речовин і токсинів), підвищення вмісту поживних біогенних речовин, знешкодження насіння бур'янів, скорочення тривалості оброблення, зменшення площ під майданчики, вартості споруд і устаткування, впливів факторів навколишнього середовища (температура, опади, вітер тощо) на сьогоднішньому етапі привели до розвитку різноманітних методів компостування, які різняться за формою і розміром, ступенем досконалості, використанням додаткових компонентів і т.п.

Аналіз способів механізованого виробництва компостів представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Аналіз способів механізованого виробництва компостів

№	Спосіб закладання сировини	Переваги	Недоліки
1	Суцільне укладання сировини на відкритому майданчику	Низький рівень фінансових витрат на організацію одержання продукції.	1. Висока екологічна небезпека. 2. Значні втрати біогенних речовин. 3. Значні терміни ферментації - до 6 – 12 місяців і площі під майданчики зберігання.
2	В буртах на відкритих майданчиках	1. Простота організації і технічного забезпечення. 2. Скорочення термінів ферментації. Зменшення екологічних ризиків.	1. Значні втрати біогенних речовин. 2. Суттєвий вплив погодних умов.
3	В тунельних відкритих сховищах	Зменшення тепловтрат і термінів ферментації.	1. Додаткові втрати на організаційні заходи. 2. Вплив погодних умов.
4	В буртах розміщених під наметом, дахом	1. Зменшення впливу природних умов. 2. Спрощення організаційних заходів. 3. Підвищення екологічної безпеки.	Додаткові фінансові втрати.
5	В тунельних сховищах розміщених під наметом або приміщенні	1. Підвищення керованості процесами і зменшення терміну ферментації. 2. Ефективне тепло, водо і енергозбереження. 3. Використання енергозасобів на електричному приводі.	Додаткові фінансові і організаційні втрати.
6	Ферментаційні камери	1. Зменшення термінів ферментації. 2. Високий рівень контролю. 3. Підвищення ефективності і якості компосту.	Значні фінансові втрати.

З огляду на прерогативи, викладені вище, способи компостування сільськогосподарських відходів можуть загалом поділятися на три головні типи, засновані на методах аерації компостних матеріалів, механічного змішування й перелопачування, а також контролю за вивільненням неприємних запахів і шкідливих газів. За розташуванням компостних матеріалів в спорудах їх можна розподілити наступним чином: компостування в купах; компостування в буртах; компостування на механізованих майданчиках; компостування в напівзакритих механізованих спорудах; компостування в закритих механізованих спорудах.

Техніко-технологічне забезпечення компостування органічної суміші наведено на рисунку 1.1.

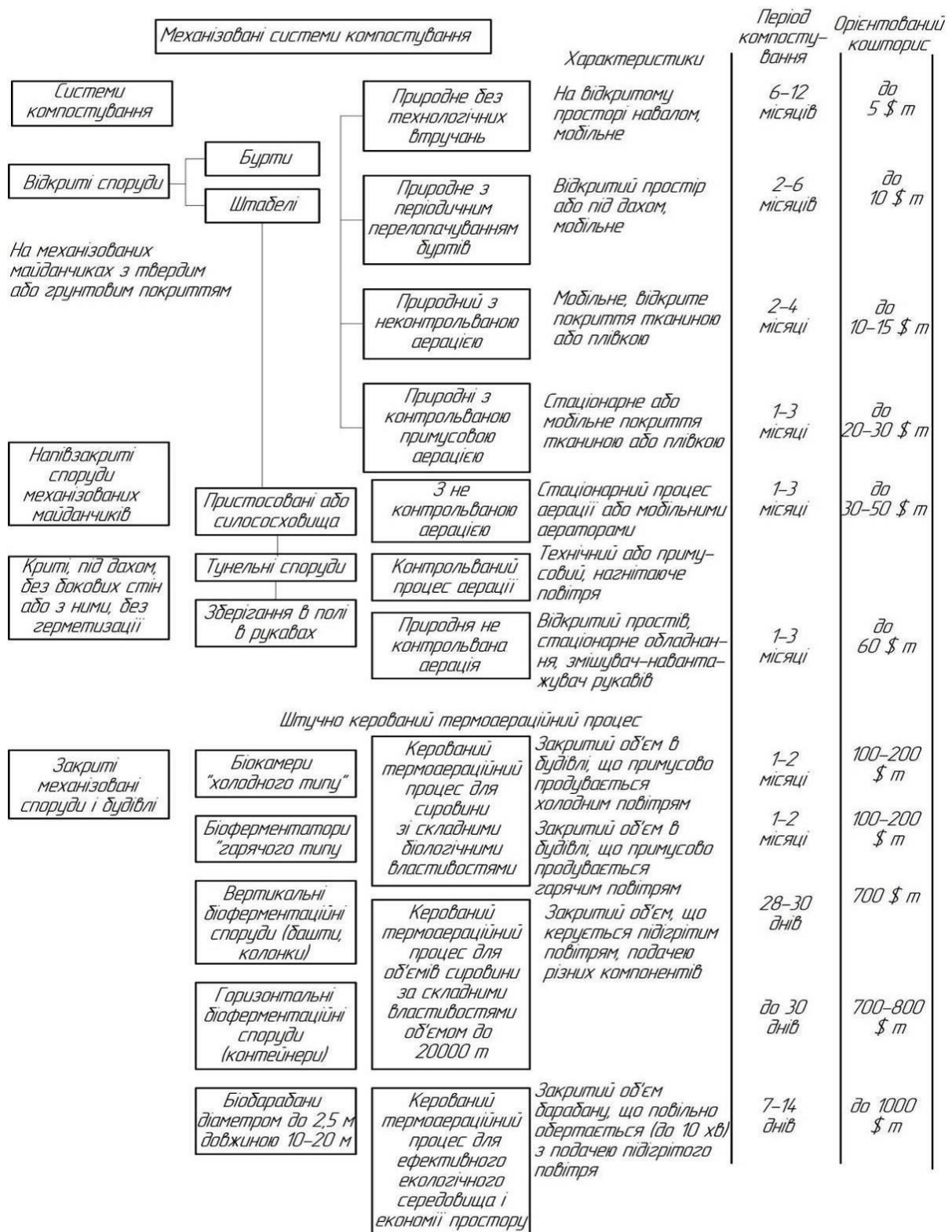


Рисунок 1.1 – Техніко-технологічне забезпечення компостування органічної суміші

1.3 Аналіз стану новітніх технічних рішень мобільних гноє-компостувальних машин відкритих і накритих майданчиків

Тема механізованого компостування відходів тваринництва не нова [13]. Сучасні технологічні засоби для механізованих технологій виробництва компостів на сьогодні можна розділити на три базові групи машин (рисунок 1.2):

- використання модернізованих і пристосованих до господарських умов причепів-розкидачів органічних добрив (рисунок 1.2, а), навантажувачів (рисунок Г.1, б), дорожньо-будівельних машин (рисунок 1.2, в);
- використання змішувачів-аераторів – причіпних (рисунок 1.2, ж), навісних (рисунок 1.2, е), самохідних (рисунок 1.2, д), тунельних (рисунок 1.2, з), змішувачів-аераторів-навантажувачів періодичної дії (рисунок 1.2, г);
- використання змішувачів-аераторів-навантажувачів безперервної дії – самохідних або причіпних (рисунок 1.2, г).

Моніторинг конструктивних рішень моделей аераторів показав, що фірми-виробники пропонують технічні засоби, здатні забезпечувати різні господарські і технологічні умови. Тому різновиди технічних рішень досить широкі. Лідерами за кількістю фірм і моделей, що випускаються, є США, Німеччина, Китай, Австрія. Близько десятка підприємств-розробників пропонують на ринку 30-40 різних моделей аераторів. На долю цих країн доводиться до 70 % відомих моделей і модифікацій. Проте країнами-виробниками аналогічних машин можна вважати до 20 країн. Серед них Італія, Франція, США, Німеччина, Фінляндія, Австрія, Туреччина, Англія та інші. Деякі фірми-підприємства мають трансконтинентальні філії. У цілому, розглянуто близько 150 моделей і їх модифікацій. Таким чином, можна констатувати, що аератори-змішувачі органічних відходів складають самостійну групу технічних засобів, що мають займати певне місце в системі машин для механізації рослинництва та тваринництва. Серед провідних фірм і корпорацій, які розробляють і виготовляють аератори-змішувачі і іншу компостуючу техніку є такі як Sittler MFG, Brown Bear (Австралія), TAGR (Китай), BACKHUS, Menart, Compost systems GMBH, Gujer Landmaschinen

(Німеччина), ALLU Group, Sandberger (Фінляндія), Frontier, HCL Machine, Wildcat, SCARAB (США), ABONO (Туреччина), Caravaggi, PEZZOLATO (Італія), КОМПТЕСН, Morawetz (Австрія) тощо.



а



б



в



г



д



е



ж



з

а – гноєрозкидач РОУ-6 (Україна); б – навантажувач періодичної дії ПЕ-Ф-1А (Україна); в – бульдозер на базі ДТ-75; г – навантажувач безперервної дії ПНД-250 (Україна); д – самохідний змішувач-аератор фірми CARAVAGGI SRL (Італія); е – навісний змішувач-аератор фірми Brown Bear (Австралія); ж – причепний змішувач-аератор фірми Sittler (Австралія); з – тунельний змішувач-аератор фірми ABONO (Туреччина)

Рисунок 1.2 – Технічні засоби для механізованих технологій компостування

На сьогодні географія країн-виробників аераторів-змішувачів органічних відходів досить широка – від Фінляндії до ПАР та Австралії, що зайвий раз підкреслює необхідність в машинах даного типу.

На рисунку 1.2 представлені типові моделі аераторів-змішувачів органічних відходів, а на рисунку 1.3 – класифікація їх конструктивних особливостей. Це відображує різноманіття якостей і вимог, якими повинні володіти ці технічні пристрої, щоб бути конкурентоздатними на ринку продажів під час рішення практичних завдань для покупця і стимулювати виробника в розвитку і створенні нових моделей аераторів.

Фрезерно-барабанні компостоготувальні машини фронтальної дії.

Одним з представникових класичних аераторів є розроблений в Інституті механізації тваринництва Національної академії аграрних наук України (ІМТ НААН, Україна) аератор-змішувач. Аератор-змішувач являє собою, встановлені горизонтально бітерні, лопатеві або зубчасті фрезерні барабани з обмежувальними поверхнями у вигляді рамок трикутної, трапецеїдальної або арочної форми, висотою від 1,5 до 2 м. Перевага представленого аератора: простота конструкції, відносно невелика енергоємність, широкий діапазон пристосованості до господарських умов та виконання технологічного процесу.

У США фірмою Midwest Bio-Systems розроблена серія причіпних пристроїв типу Aeromaster PT Series: PT-120, PT-130 і PT-170 для перелопачування компостних буртів. Всі пристрої мають трапецеївидну раму на колесах і агрегатуються з тракторами потужністю 80 к.с. (к.с. – кінська сила), 110 к.с. та 130-140 к.с. відповідно. Наприклад, робочий орган Aeromaster PT-120: – горизонтальна фреза з приводом від ВВП трактора з частотою обертання від 150 об/хв. до 270 об/хв., що дозволяє за один прохід перелопачувати та формувати бурт висотою 1,4 м і шириною до 3 м. Рама з робочим органом регулюється відносно опорної поверхні гідравлічними пристроями.

Австралійською фірмою Sittler MFG виготовляється три типорозміри причіпних перелопачувачів буртів Sittler 507 (таблиці Д.1–Д.3), Sittler 509 та Sittler 512, які агрегатуються з колісними тракторами потужністю від 60 к.с. до

120 к.с. Довжина ротора складає відповідно: 2,1 м, 2,7 м, 3,6 м.

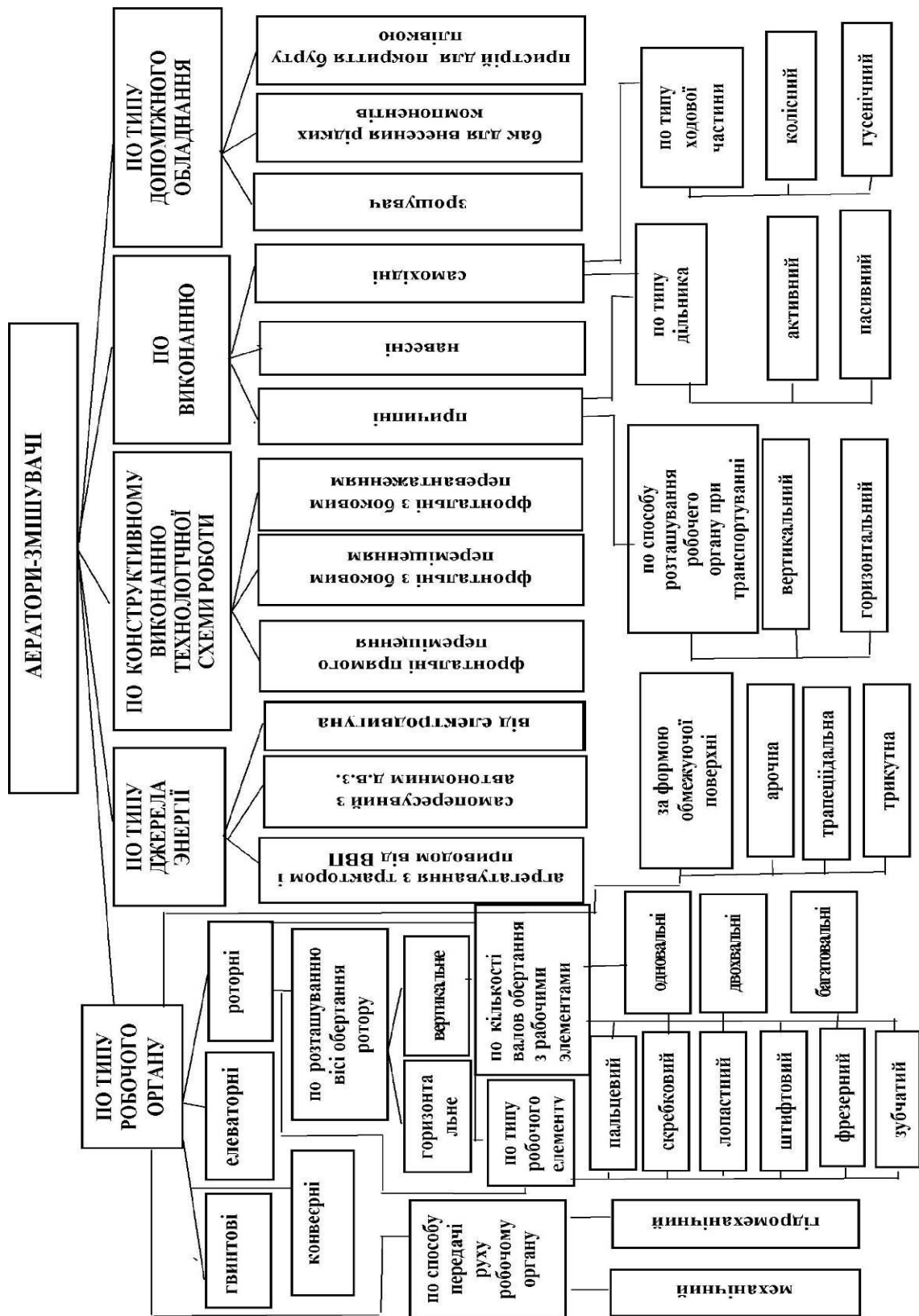


Рисунок 1.3 – Класифікація конструкцій мобільних аераторів-змішувачів органічних відходів

Компостоготувальна машина EYS GK3000 (виробництво Туреччини) призначена для перероблення підсушеного гною у високоякісний компост. Машина може рухатись подовж бурта зі швидкістю до 300 м/год. Додатково вона оснащується навісним баком для зрошувальної рідини місткістю 0,8 м³, яка через форсунки подається в зону роботи фрезерно-барабанного робочого органа.

На сьогодні фірма Backhus Eco Engineers виготовляє ряд самохідних машин для обслуговування процесів компостування органічних відходів в буртах як невеликої потужності типу Windrow Turner Model 14.28, так і високопродуктивних машин наступних моделей: Model 16.50, Model 16.75. Model 14.28 розрахована для обслуговування буртів висотою 1,2 м і шириною до 2,82 м з продуктивністю перелопачування до 400 м³/год. Компактність машин та невеликі габаритні розміри дозволяють використовувати її як на відкритих, так і в закритих компостоготувальних майданчиках. Model 16.75 перелопачує і формує бурти висотою 3,3 м і шириною до 7,5 м з продуктивністю перелопачування до 6500 м³/год.

Аналогічні надпотужні машини Uberfahrumsetzer UM 5000 та UM 5500 з гусеничним ходом для перелопачування компосту з подрібнених деревних відходів та аналогічними робочим органами, створені фірмою JENZ. Вони спроможні перелопачувати та формувати бурти висотою від 2,2 м до 2,5 м з продуктивністю від 3000 м³/год до 4000 м³/год (потужність, відповідно: 147 кВт та 199 кВт).

Для перелопачування компостних буртів і аерації сумішей італійська фірма «Seko» виробляє самохідні аератори серії SCV250, SCV300, SCV400, SCV500 з горизонтальними барабанно-штифтовими робочими органами. Машини працюють з твердими органічними відходами, сформованими в бурти трапецієвидної форми з шириною в основі від 3,2 м до 5,7 м. Продуктивність машин 250-1500 м³/год, потужність приводу 85, 175 і 350 к.с., робоча швидкість – до 2,5 км/год (0,7 м/с). Ця ж фірма виготовляє й більш потужні аератори типу «Panter-UTC 3000», які мають чотири вертикальних шнеки та перевантажувальні конвеєри (продуктивність – 1000-3000 м³/год; потужність приводу – 350 к.с.).

Компостоготувальні машини з фрезерно-барабанними робочими органами бокової дії. Щоб обмежити параметри технічних засобів, стосовно можливості використання їх для перелопачування широких буртів, запропоновано інші конструкційні особливості компостоготувальних машин з деякими відмінними від попередніх технологічними операціями.

Під час застосування, наприклад, машини моделі Wildcat FX700, для повного формування бурта необхідно здійснювати два заходи з кожної його сторони. Машина може також забезпечувати перелопачування компостної суміші з одночасним боковим пересуванням бурта на майданчику, а також формування одного бурта з двох буртів.

Корпорація Brown Bear створила цілий ряд технічних засобів для виконання технологічних операцій компостування відходів в буртах. Основний технологічний прийом – перелопачування буртів барабанно-гвинтовим робочим органом (з модифікаціями) з одночасним паралельним формуванням нового бурта за рахунок пересування компостної суміші.

Останнім часом корпорація виготовляє більш потужні начіпні аератори Model 200 W, Model 300 W, Model 400 W та Model 500 W, що начіпляються на трактори. Основне призначення машин – забезпечення операцій природного сушіння та компостування мулових осадів, побутових відходів та гною тварин. Головна особливість таких машин полягає у тому, що зубцево-лопатеві елементи робочого органа можуть замінятись (посаджені на гвинтових з'єднаннях) і виготовлені зі зносостійкої високо-вуглецевої сталі. Ці робочі органи можуть бути використані і в інших моделях аераторів цієї корпорації.

Компостоготувальні машини зі змішувально-перевантажувальними робочими органами. Принцип роботи цих машин побудований на підбиранні компостної суміші з однієї сторони бурта і перевантаженні маси позаду себе. Робочим органом компостоготувальної машини CT670 (Vermeer Manufacturing Company) є похилий перевантажувальний конвеєр з закріпленими по всій його поверхні зубцями. Зубці не призначені для подрібнення компостного матеріалу, вони тільки його розпушують і завдяки цьому відбувається насичення суміші

киснем. Машини можуть постачатись з додатковими поперечними конвеєрами для перекидання матеріалу, наприклад, на вологопоглинальну основу для формування нового бурта. Висота підймання компостного матеріалу – 1,8 м; ширина захвату – 2,1 м. Швидкість руху машини 7,6 м/хв., що забезпечує її продуктивність за два заходи до 1500 м³/год. Машина має автономний привод робочих органів від двигуна внутрішнього згорання потужністю 48 к.с. (35,8 кВт). Основні недоліки таких технічних засобів – обмежена ширина робочого органу через складності конструкції конвеєра.

Машини з боковим вивантаженням матеріалу. Основна відмінність машин такого типу полягає у додатковому оснащенні фронтальним і боковим конвеєрами для відбирання від роторного робочого органу і подальшого відвантаження компостного матеріалу на сторону.

Самохідні компостоготувальні машини виготовляються компаніями Backhus EcoEngineers, Sandberger та деякими іншими виробниками.

Створено цілий ряд причіпних компостоготувальних машин з боковим відвантаженням матеріалу і різними конструкційно-технологічними підходами та кінематичними схемами.

Компостоготувальні машини з комбінованими робочими органами. Фірмою „Engeler“ (ФРН) розроблено два типи машин для перелопачування компостних буртів висотою до 2,2 м. Мобільна установка „Umsetzmaschine KA 77“ з відхиленням від вертикалі робочим органом у вигляді скребкового конвеєра, який відбирає масу знизу по всьому фронту бурту і подає на барабанно-лопатевий розкидач. Вирівнювання поверхні маси в середині корпусу-буртоутворювача здійснюється горизонтально-шнековим робочим органом. У конструкції установки „Umsetzmaschine TU 84“ запропоновано барабанно-скребковий робочий орган з діаметром, що перевищує ½ висоти бурта. Розподілення поданої компостної маси здійснюється відцентровим лопатевим розкидачем. Російськими розробниками створено самопересувний комбайн КПК-30 з конструктивними рішеннями та принципом роботи робочих органів, аналогічним машині „Umsetzmaschine TU 84“, який призначений для готування ґрунтових сумішей в

буртах висотою до 1,65 м. Діаметр барабана 1,2 м, частота обертання $1,22 \text{ с}^{-1}$; діаметр бітера 0,12 м; частота обертання $9,28 \text{ с}^{-1}$.

Особливістю зазначених машин є те, що їхні робочі органи пристосовані для перероблення компостних сумішей на основі подрібнених деревних відходів, властивості яких суттєво відрізняються від властивостей компостів на основі гною. Для формування буртів додатково залучаються інші технічні засоби: бульдозери, навантажувачі тощо. До того ж, ці комплекси машин економічно виправдані при обсягах перероблення відходів що перевищують, принаймні, 100 тис т/рік.

1.4 Типи робочих органів компостоготувальних машин

Найбільш поширені компостоготувальні машини самопересувного типу оснащені розпушувально-метальними робочими органами, що забезпечують поздовжній рух компостного матеріалу в бурті.

Конструктивно робочі органи такого типу складаються з горизонтального барабана (за іншими визначеннями – ротора) з перпендикулярним розташуванням відносно напрямку руху (поперечно до бурта). Найпростішим варіантом є барабан з двома зустрічно встановленими по гвинтових лініях розпушувальними та метальними елементами.

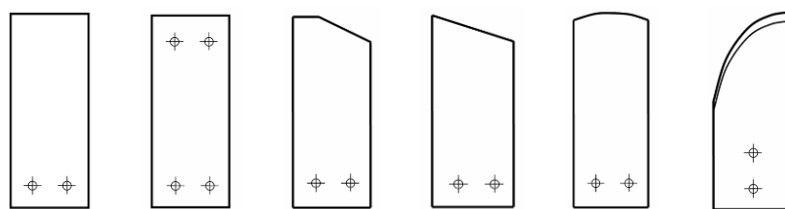
Лопатеві елементи можуть мати прямолінійні, а також зубчасті різальні країки.

Цілий ряд виробників компостоготувальної техніки використовує робочі органи з пластинчастими, штифтовими та прутковими розпушувальними елементами.

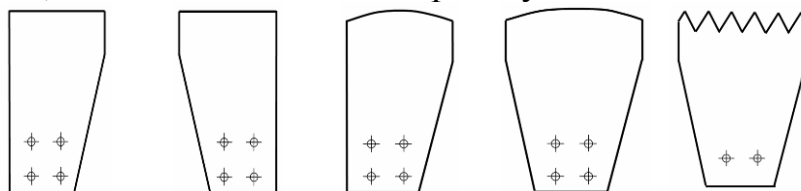
Такий конструкційний підхід забезпечує досягнення наступних цілей:

- пересування компостованого матеріалу з периферії бурта до його центру;
- перелопачування й змішування матеріалу з різних шарів бурта;
- перекидання матеріалу і формування позаду себе нового бурта.

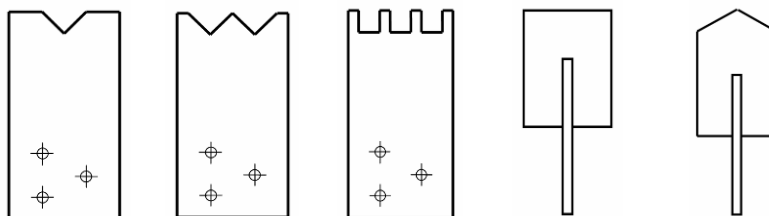
У деяких варіантах потужних компостоготувальних машин між гвинтовими елементами на барабані встановлюються металеві елементи для більш ефективного перекидання матеріалу. Більшість моделей перелопачувачів буртів передбачають можливість регулювання положення барабану у вертикальній площині відносно опорної поверхні за допомогою механічних чи гідравлічно-механічних пристроїв. Узагальнені типи робочих органів змішувачів аераторів компостів представлені на рисунку 1.5.



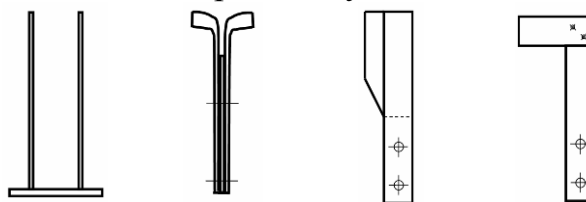
Прямокутні лопаті, встановлювані під гострим кутом до площини обертання



Профільовані лопаті, встановлювані під гострим кутом до площини обертання



Лопаті встановлювані під прямим кутом до площини обертання



Комбіновані робочі органи

Рисунок 1.5 – Узагальнені типи робочих органів змішувачів аераторів компостів

Щоб компостна маса хаотично не розліталась, барабанний робочих орган встановлюють в корпусі, який у переважній більшості виконують у формі бурта. По боках корпуса встановлюються напрямні лопаті, які призначені для

підгортання матеріалу і подавання його у зону роботи шнеків. З іншої точки зору це забезпечує можливість обробляти бурти, які дещо перевищують за параметрами в основі ширину робочої зони (довжину барабану) компостоготувальної машини.

1.5 Висновки з розділу

1. У результаті моніторингу органічних відходів тваринництва в Україні встановлено, що актуальними залишаються стратегічні напрями в методичній та науково-практичній сфері щодо впровадження безвідходних виробництв й екологічно безпечних технологій та відповідних технічних засобів переробки різноманітних за властивостями сільськогосподарських відходів і на цій основі розроблення гармонізованої до світових стандартів нормативної документації.

2. У результаті аналізу біоенергетичного потенціалу процесів компостування органічних відходів тваринництва і рослинництва встановлено, що процес компостування є ефективним методом переробки відходів з отриманням кінцевого продукту, що має стабілізовані властивості, екологічну безпечність та максимальні вигоди від використання компостів у сільському господарстві.

3. На основі аналізу способів компостування сільськогосподарських відходів виявлено, що найбільш поширеним способом є компостування в буртах за природних умов. Цей спосіб, незважаючи на найнижчі ресурсні затрати, є недостатньо технологічним, не завжди забезпечує отримання кінцевого продукту з якісними показниками і викликає цілий ряд екологічних проблем. До технологічно обґрунтованих слід віднести способи компостування в буртах з механічною аерацією завдяки перелопачуванню та з примусовою аерацією в стаціонарних буртах. Ці способи базуються на контролюванні біотермічних процесів та потребують застосування ряду спеціалізованого устаткування. Впровадження потребує спорудження компостних майданчиків з твердим покриттям та додаткових експлуатаційних затрат.

4. Аналіз вітчизняних технічних засобів прискореного компостування показав, що для забезпечення умов біоконверсної переробки і технологічних задач використовуються засоби загального призначення і пристосована сільськогосподарська техніка інших процесів і операцій, що не завжди економічно доцільно через високий кошторис виробництва і низьку якість одержаного товарного продукту.

5. Аналіз закордонних технічних засобів прискореного компостування показав перспективність мобільних аераторів-змішувачів – самохідних, причепних, навісних, як базового обладнання в технології прискореної ферментації в аеробних умовах на основі формування та аерації буртів на розташованих ґрунтових (тимчасових) або з твердим покриттям (стаціонарних) майданчиках.

1.8 Мета і завдання досліджень

Метою роботи є підвищення ефективності технологічного процесу приготування гноє-компостних сумішей шляхом обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочого органу причіпного аератора-подрібнювача.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні завдання:

1. На основі аналізу процесу формування буртів гноє-компостних сумішей за їх агрегатно-біологічним станом запропонувати конструктивно-технологічну схему причіпного аератора-подрібнювача гноє-компостних сумішей;

2. Теоретично дослідити взаємодію барабанно-лопатевого робочого органу причіпного аератора-подрібнювача для приготування гноє-компостних сумішей з буртом компосту.

3. На підставі експериментальних досліджень встановити раціональні конструктивні та режимні параметри причіпного аератора-подрібнювача гноє-компостних сумішей за якісними та енергетичними показниками роботи.

4. Визначити техніко-економічну ефективність використання причіпного аератора-подрібнювача гноє-компостної суміші.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

2.1 Постановка задачі

Під час роботи фрезерно-барабанний робочий орган здійснює одночасно поступальний рух зі швидкістю v та обертальний рух зі швидкістю ω і, за рахунок цього, взаємодіє з забуртованим компостним матеріалом. Похилі лопаті або гвинт, врізаючись в структуру компостного матеріалу, відокремлюють певну частину його й одночасно відділяють порцію (стружку), змішують, розпушують, пересувають і перекидають позаду барабана, формуючи новий бурт. Прямі лопаті, які працюють у зоні найбільшої висоти бурту, виконують відокремлення матеріалу з масиву бурту, перекидають його з одноразовим формуванням нового бурта. Важливим параметром є наявність технологічно вільної зони за робочим органом, що обмежує можливість повторного перекидання компостної маси. Під час роботи як прямих, так і похилих лопатей (гвинта) в зоні польоту відокремлених часток відбувається насичення суміші киснем і звітнення двоокису вуглецю, що утворився внаслідок мікробіологічних процесів. Перелопачування буртів також супроводжується зниженням температури маси, звітненням вологи та інших газоподібних речовин.

Аналіз технологічних операцій забезпечення механізованого процесу компостування органічних відходів дозволив виділити дві функції: змішування компонентів та вирівнювання їх температури і формування бурта органічної суміші заданої геометричної форми (рисунок 2.1).

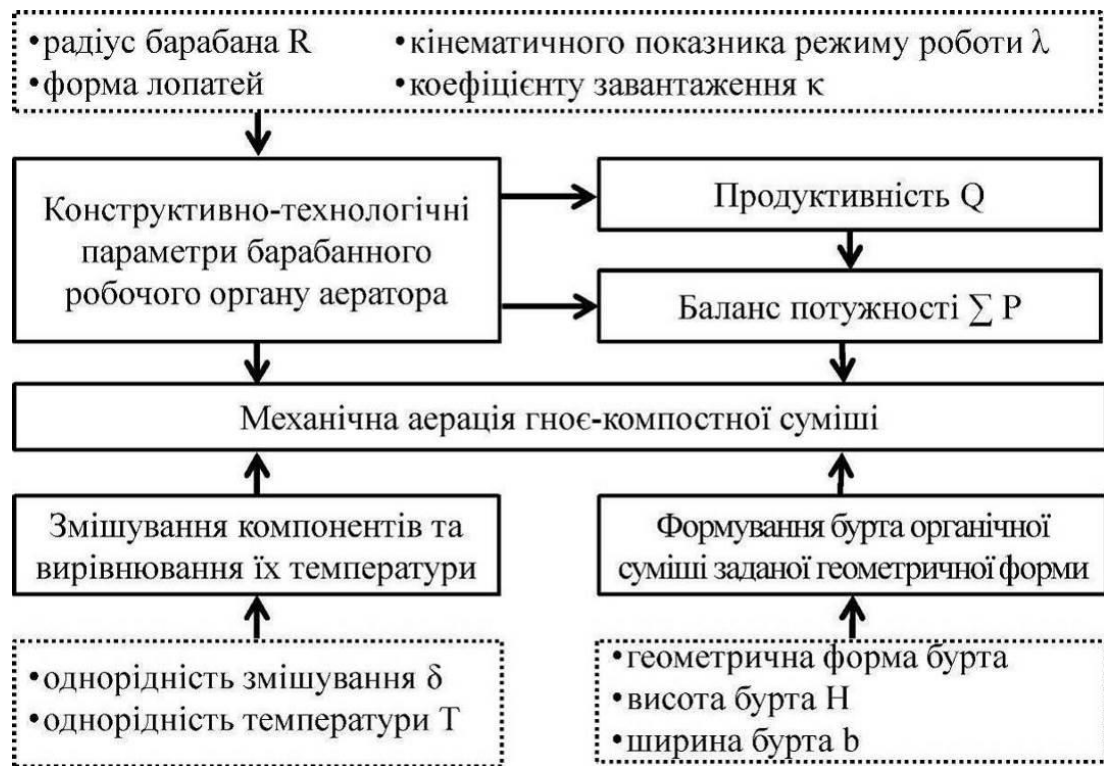


Рисунок 2.1 – Взаємозв’язок техніко-технологічних параметрів механізованого процесу компостування органічних відходів

2.2 Визначення маси компостного матеріалу на лопаті робочого органу

Ефективне виконання технологічного процесу мобільного змішувача-аератора обумовлене необхідністю дотримання наступної умови щодо подачі матеріалу на робочі органи та їхньої продуктивності

$$\Sigma Q_i \geq \Sigma Q_{ni}, \quad (2.1)$$

де Q_i – продуктивність i -го елемента робочих органів, кг/с;

Q_{ni} – подача матеріалу на i -й елемент робочого органу, кг/с.

Розглянемо варіанти узгодження продуктивності стосовно продуктивності як прямих, так і похилих лопатей фрезерно-барабанного робочого органу. Враховуючи те, що найбільші навантаження будуть сприйматись прямими лопатями, які працюють у зоні максимальної висоти бурта, розглянемо варіант для прямих лопатей як основоположний.

Подача матеріалу на розпушувальний барабан залежить від поперечної площі перерізу бурта, швидкості руху барабану (подачі) та щільності оброблюваного матеріалу, а тому в узагальненому вигляді можна записати

$$Q_{\text{ПБ}} = S_{\text{Б}} v \gamma k_{\text{П}}, \quad (2.2)$$

де $Q_{\text{ПБ}}$ – подача матеріалу на розпушувальний барабан, кг/с;

$S_{\text{Б}}$ – поперечна площа перерізу бурта, м²;

v – поступальна швидкість змішувача-аератора, м/с;

γ – щільність матеріалу, кг/м³;

$k_{\text{П}}$ – коефіцієнт просіювання компосту через розпушувальний барабан.

Коефіцієнт просіювання компосту через розпушувальний барабан характеризує просіювальну здатність барабана і визначається як співвідношення маси компосту, яка не підпала під дію лопаток розпушувального барабана, до загальної маси компосту, що пройшла через змішувач-аератор. У першому наближенні цей коефіцієнт можна визначати як співвідношення сумарної діаметральної площі повздовжнього перерізу барабана, яка не перекривається лопатками до діаметральної площі повздовжнього перерізу розпушувального барабану за виразом

$$k_{\text{П}} = \frac{S_{\text{ПР}}}{S_{\text{ПРБ}}}, \quad (2.3)$$

де $S_{\text{ПР}}$ – сумарної діаметральної площі повздовжнього перерізу барабана, яка не перекривається лопатками, м²;

$S_{\text{ПРБ}}$ – діаметральна площа повздовжнього перерізу розпушувального барабана, м².

Середня маса матеріалу на лопаті при цьому становитиме

$$m_{\text{ЛСР}} = \frac{2\pi S_{\text{Б}} v \gamma}{n_{\text{Л}} \omega} k_{\text{П}}, \quad (2.4)$$

де $m_{\text{ЛСР}}$ – середня маса матеріалу на розпушувальній лопаті, кг;

$n_{\text{Л}}$ – кількість розпушувальних розташованих лопатей на барабані, шт.;

ω – кутова швидкість розпушувального барабана, с⁻¹.

Масу матеріалу на i -ій лопаті можна визначити наступним чином

$$m_{лi} = m_{лср} k_{\phi i} = \frac{2\pi S_b v \gamma}{n_l \omega} k_{\pi} k_{\phi i}, \quad (2.5)$$

де $m_{лi}$ – маса матеріалу на i -ій розпушувальній лопаті, кг;

$k_{\phi i}$ – коефіцієнт форми бурта.

Коефіцієнт форми бурта характеризує кількість компосту, яка знаходиться в зоні дії i -ої лопаті розпушувального барабана і визначається як співвідношення поперечного перерізу шару компосту, який знаходиться в зоні дії i -ої лопаті розпушувального барабана до загального поперечного перерізу шару компосту. У першому наближенні цей коефіцієнт можна визначати як співвідношення середньої висоти шару компосту у зоні дії i -ої лопаті розпушувального барабана до середньої висоти шару компосту за виразом

$$k_{\phi i} = \frac{h_i}{h_{ср}}, \quad (2.6)$$

де h_i – середня висота шару компосту у зоні дії i -ої лопаті розпушувального барабана, м;

$h_{ср}$ – середня висота шару компосту, м.

Гранична швидкість руху змішувача-аератора становить

$$v \leq \frac{m_{лср} n_l \omega}{2\pi S_b \gamma k_{\pi}}. \quad (2.7)$$

Таким чином, поступальна швидкість змішувача-аератора знаходиться у прямо пропорційній залежності від кутової швидкості його обертання. Підвищення швидкості руху змішувача-аератора можна також досягти за рахунок збільшення кількості лопатей на барабані або зменшення висоти поперечної площі перерізу бурта. Важливий вплив на технологічні параметри агрегату відіграє також завантаження барабана змішувача-аератора матеріалом, який може бути виражений через коефіцієнт завантаження наступним чином

$$k_3 = \frac{V_M}{V_{БГ}} = \frac{m_{лср} n_l}{\gamma S_{млп} L_{БГ}} = \frac{4m_{лср} n_l}{\gamma \pi (D_B^2 - d_B^2) L_{БГ}}, \quad (2.8)$$

де k_3 – коефіцієнт завантаження барабана змішувача-аератора;

V_M – об'єм матеріалу захоплений лопатками барабана змішувача-аератора за один оберт, m^3 ;

V_{BG} – геометричний об'єм міжлопатевого простору барабана, m^3 ;

$S_{MЛП}$ – площа поперечного перерізу міжлопатевого простору барабана, m^2 ;

L_{BG} – геометрична довжина барабана змішувача-аератора, m ;

D_B – діаметр барабана, m ;

d_B – діаметр вала барабана, m .

Із урахуванням коефіцієнта завантаження гранична швидкість руху змішувача-аератора становитиме

$$v \leq \frac{\omega S_{MЛП} L_{BG}}{2\pi S_B k_{II} k_3}, \quad (2.9)$$

Із урахуванням вищенаведеного, можна ввести таке поняття як співвідношення геометричного об'єму міжлопатевого простору барабана до площі поперечного перерізу бурта

$$k_{\Gamma} = \frac{S_{MЛП} L_{BG}}{S_B}. \quad (2.10)$$

де k_{Γ} – коефіцієнт співвідношення геометричного об'єму міжлопатевого простору барабана до площі поперечного перерізу бурта, m .

Тоді можемо записати

$$v \leq \frac{\omega k_{\Gamma}}{2\pi k_{II} k_3} \text{ або } \lambda = \frac{\omega D_B}{2v} \geq \pi \frac{k_{II} k_3}{k_{\Gamma}} D_B \quad (2.11)$$

де λ – кінематичний показник роботи барабана змішувача-аератора.

Отримані залежності описують взаємозв'язок швидкості руху агрегату, кутової швидкості та режиму роботи робочих органів із їхніми конструкційними, кінематичними і технологічними параметрами.

Підвищення швидкості руху змішувача-аератора можна досягти за рахунок збільшення колової швидкості (частоти обертання), коефіцієнта співвідношення геометричного об'єму міжлопатевого простору барабана до площі поперечного перерізу бурта а також шляхом поліпшення технологічних умов, які пов'язані з

величиною коефіцієнта просіювання компосту через розпушувальний барабан та коефіцієнта завантаження барабана змішувача-аератора.

Для випадку, коли висота барабана дорівнює або менша висоти бурта, можна визначити площу стружки, відокремлюваної лопаттю за один прохід (рисунок 2.2) та масу компосту на ній.

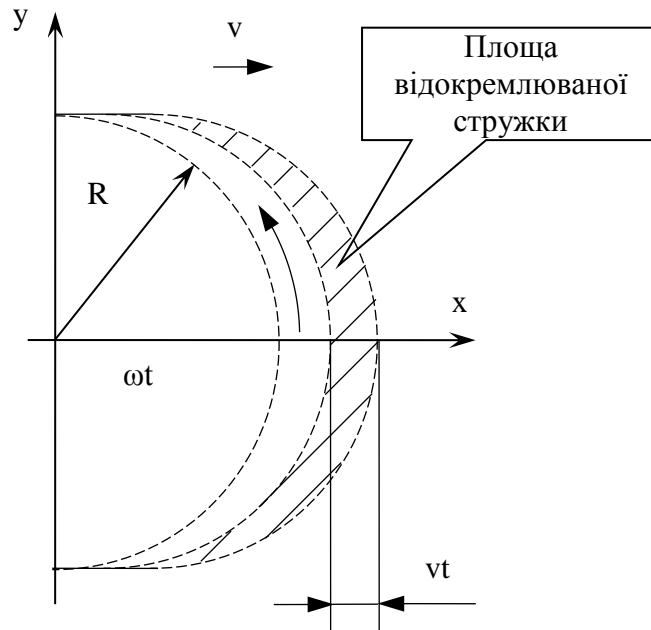


Рисунок 2.2 – Траєкторія руху двох сусідніх різальних кромek лопатей (схема ідеальної форми стружки утвореної прямою лопаттю)

Загальновідомо, що рівняння руху різальної кромки лопаті відносно матеріалу в системі координат XOY описується системою параметричних рівнянь

$$\begin{cases} x = R \sin \omega t + vt, \\ y = R (-\cos \omega t) \end{cases} \quad (2.12)$$

де R – радіус кола, який описує різальна кромка лопаті, м;

t – час, с.

Площа стружки A , відокремлюваної однією лопаттю робочого органу, визначиться як площа між проекціями (на площину XOY) траєкторій різальних кромek суміжних лопатей. Загальновідомо, що в узагальненому вигляді площа стружки визначається за формулою

$$A = \int_0^t x_2(t) y_2'(t) dt - \int_0^t x_1(t) y_1'(t) dt. \quad (2.13)$$

Враховуючи, що траєкторія другої лопатки $x_2(t)$ зміщена відносно траєкторії першої лопатки $x_1(t)$ на величину подачі лопатевого робочого органу, яка становить

$$\delta = \frac{2\pi v}{n_{\text{л}} \omega}, \quad (2.14)$$

можна записати

$$x_1(t) = vt + R \sin \omega t; \quad x_2(t) = vt + R \sin \omega t + \frac{2\pi v}{n_{\text{л}} \omega}. \quad (2.15)$$

У свою чергу параметричні рівняння, що описують ординату руху різальної кромки залишаються незмінними, а саме: $y_1(t) = y_2(t) = -R \cos \omega t$.

Із урахуванням приведених вище залежностей отримаємо вираз для визначення площі відокремлюваної стружки, аналогічний наведеному в роботі:

$$A = \frac{2\pi v R}{n_{\text{л}}} \int_0^t \sin \omega t dt = - \left(\frac{2\pi v R}{n_{\text{л}}} \cos \omega t - \frac{2\pi v R}{n_{\text{л}}} \right) = \frac{\pi v D_{\text{б}}}{n_{\text{л}} \omega} \left(- \cos \omega t \right) \quad (2.16)$$

Маса відокремлюваної стружки лопаттю з урахуванням її ширини $b_{\text{л}}$ та щільності матеріалу становить

$$m = \frac{\pi v D_{\text{б}}}{n_{\text{л}} \omega} b_{\text{л}} \gamma \left(- \cos \omega t \right). \quad (2.17)$$

де $b_{\text{л}}$ – ширина лопаті робочого органу, м.

Для узагальнення залежності з визначення маси матеріалу на лопаті робочого органу скористаємося кінематичним показником режиму роботи барабана (відношення колової швидкості лопаті до її поступальної швидкості $\lambda = \omega R/v$). У цьому випадку рівняння для визначення маси відокремлюваної стружки на лопаті набуде вигляду

$$m = \frac{2\pi R^2}{n_{\text{л}} \lambda} b_{\text{л}} \gamma \left(- \cos \omega t \right). \quad (2.18)$$

На рисунку 2.3 представлено результат графічного опрацювання зміни маси на лопаті у часі в залежності від кінематичного параметра λ , що реалізовано в програмному продукті MathCAD.

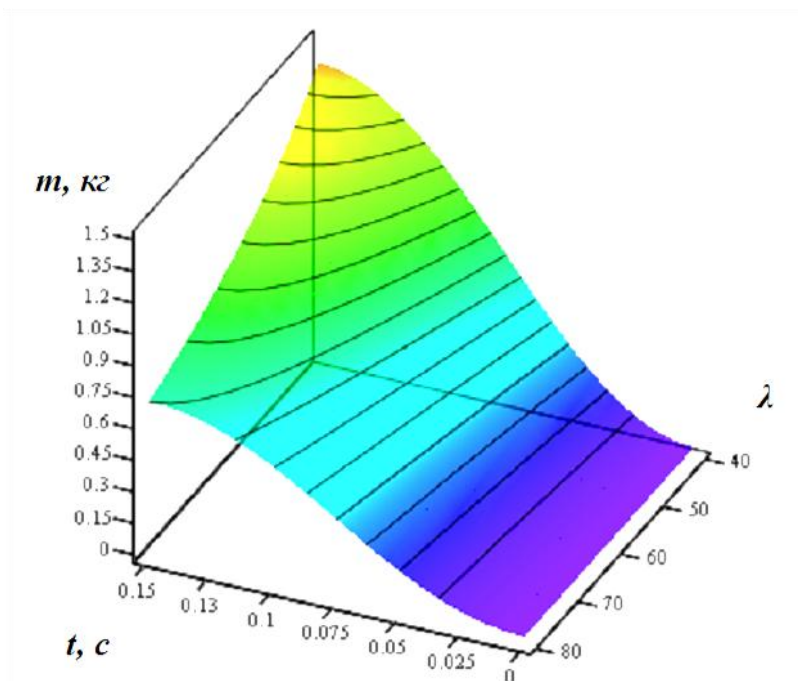


Рисунок 2.3 – Зміна маси відокремлюваної стружки у часі в залежності від кінематичного параметра λ

Таким чином, у випадку, коли висота барабана дорівнює або менша висоти бурта і не враховується обвалювання компосту на барабан, маса компосту на лопаті барабана аератора-змішувача визначається конструкційними параметрами, а саме діаметром барабана та шириною лопатей, технологічними параметрами – щільністю компосту та кінематичним показником режиму роботи барабана, а також кутом повороту лопатей барабана в компості. При діаметрі барабана 0,3 м, 6-ти лопатях у поперечному перерізі барабана, ширині лопаті 0,07 м, щільності компосту 500 кг/м^3 та швидкості руху аератора-змішувача 0,1 м/с, збільшення величини кінематичного показника режиму роботи барабана аератора-змішувача від 60 до 120 за рахунок зміни кутової швидкості барабана призводить до зменшення маси компосту на лопатях барабана при їх повороті на 180° практично у два рази.

2.3 Дослідження процесу взаємодії лопаті робочого органу з гноє-компостною сумішшю

Фізико-математичний опис процесу стиснення об'єму гноє-компостної суміші із подальшим його руйнуванням є достатньо складним, тому що він охоплює математичний апарат дискретного середовища із неоднорідними та анізотропними фізико-механічними і реологічними властивостями. Проведені дослідження [14, 15, 16, 17] напруженого стану об'єму гноє-компостної суміші під дією робочих органів не призвели до отримання практичних результатів. На жаль, у всьому світі мало приділяється уваги дослідженням зміни властивостей гноє-компостної суміші при механічній обробці.

При роботі робочого органу (лопатевого, гвинтового) аератора виконується процес відділення часток гноє-компостної суміші від основного масиву і переміщення їх у задану область. У відповідності з цим на лопаті можна виділити дві робочі зони (рисунок 2.4): відділення і переміщення.

Сумарне зусилля, яке необхідне для переміщення лопаті є суперпозицією зусиль, які витрачаються на переміщення і відділення часток гноє-компостної суміші:

$$\sum F = F_U + F_S, \quad (2.19)$$

де F_U – зусилля відділення, Н;

F_S – зусилля переміщення, Н.

Розглянемо взаємодію лопаті із частками гноє-компостної суміші в зонах відділення і переміщення. Відділення лопать виконує передньою кромкою. Розглянемо елементарний об'єм гноє-компостної суміші dV , який знаходиться в момент відділення на передній кромці (рисунок 2.4). У загальному випадку елемент об'єму dV знаходиться у складнонапруженому стані. Елементарний об'єм dV стискається силами тиску маси верхніх елементів dF_σ^u і релаксації нижніх елементів dF_σ^d , а також утримується силами бокового зчеплення з масивом dF_σ^s . З боку кромки лопаті на елемент гноє-компостної суміші діє на

площу $dh \cdot db$ сила dF_U . Їй перешкоджає сила опору відділення dF_r . Таким чином, сила опору відділення, що залежить від фізико-механічних властивостей гноє-компостної суміші, є основним силовим фактором, що перешкоджає відділенню гною від основного масиву.

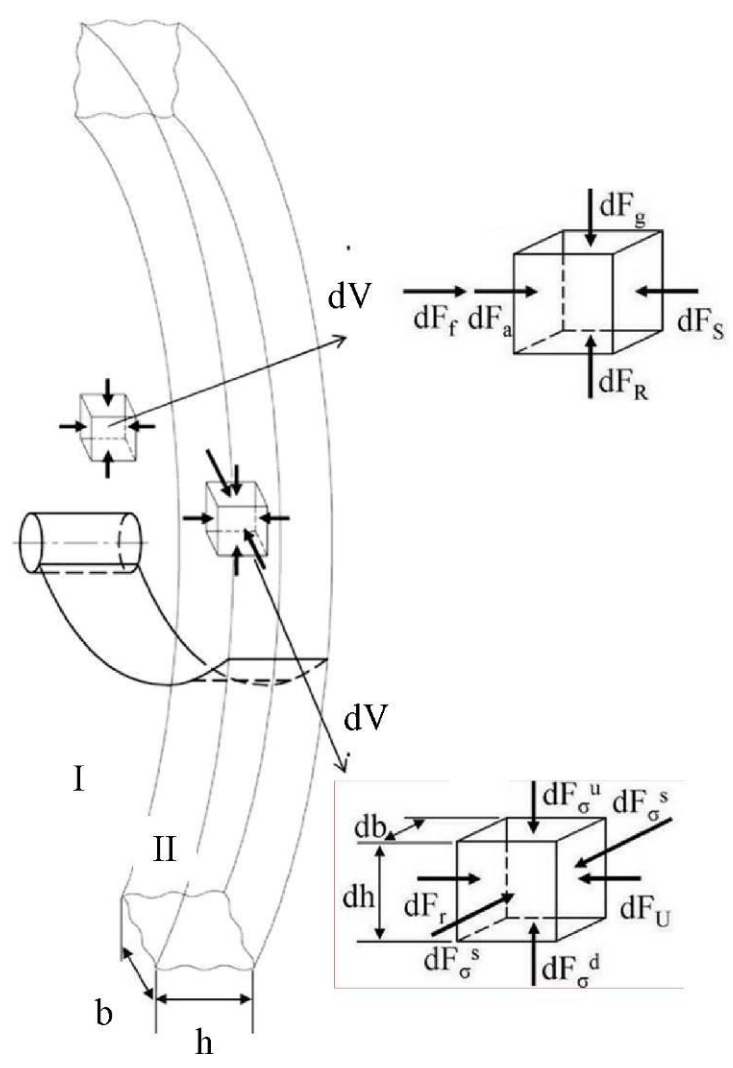


Рисунок 2.4 – Схема сил, що діють на частки гноє-компостної суміші

Елементарна сила опору визначається виразом

$$dF_r = \tau_r \cdot dh \cdot db, \tag{2.20}$$

де τ_r – опір зсуву різання гною, Па;

dh, db – ширина і висота елементарної частки гноє-компостної суміші, м.

Відповідно до рівняння Кулона-Мора, опір зсуву по визначеній поверхні руйнування лінійно залежить від нормального напруження гноє-компостної суміші [18]

$$\tau_r = C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \psi, \quad (2.21)$$

де σ_n – нормальне миттєве напруження опору гное-компостної суміші, Па;

C_0 – коефіцієнт зчеплення гное-компостної суміші, Па;

ψ – кут внутрішнього тертя гное-компостної суміші, рад.

Нормальне миттєве напруження опору гное-компостної суміші визначається з наступного рівняння [**Ошибка! Закладка не определена.**]

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_n = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y) \cos \varphi \sqrt{\frac{1}{4} (\sigma_x - \sigma_y)^2 + \tau_{xy}^2}, \\ \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = \gamma, \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} - \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} = 0, \\ \frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}{(\sigma_x + \sigma_y + 2C_0 \operatorname{ctg} \varphi)^2} = \sin^2 \varphi, \end{array} \right. \quad (2.22)$$

де τ_{xy} – дотичне напруження, Па;

σ_x, σ_y – нормальне напруження вздовж осей Ox і Oy відповідно, Па;

γ – об'ємна вага гное-компостної суміші, Н/м^3 ;

$$\gamma = \rho \cdot g; \quad (2.23)$$

ρ – густина гное-компостної суміші, кг/м^3 ;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 .

Згідно з третім законом Ньютона:

$$\left\{ \begin{array}{l} dF_U = dF_r, \\ dF_\sigma^u = dF_\sigma^d, \\ dF_\sigma^{s1} = dF_\sigma^{s2}. \end{array} \right. \quad (2.24)$$

Об'єднуючи рівняння (2.20)-(2.24) отримуємо вираз для визначення зусилля відділення:

$$F_U = \iint_{b \ h} (C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \psi) dh \cdot db = (C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \psi) hb. \quad (2.25)$$

Для визначення зусилля переміщення розглянемо елементарний об'єм dV (рисунок 2.4). У зоні переміщення об'єм гное-компостної суміші переміщається

лопаттю по кривій з миттєвим радіусом $\rho(t)$.

Об'єм dV знаходиться під дією наступних сил: верхня і нижня грань під дією відповідно сили тяжіння dF_g з боку верхніх часток гное-компостної суміші і реакції dF_R з боку нижніх; бічні грані – під дією нормальної складової сили інерції dF_a^s і сили тертя частки по лопаті dF_f^s ; на передню грань діють дві основні сили тертя dF_f і сила інерції dF_a (тангенціальна складова), сила Коріоліса dF_k , а також складова сили тяжіння dF_g пов'язана з кутом нахилу α плити до горизонтальної площини. На задню грань діє сила з боку лопаті. Крім зазначених, діють і інші сили: підпору наступних відокремлених частин гное-компостної суміші на попередні; внутрішнього тертя при зміщенні частин одна відносно одної та ін., проте їх величиною можна знехтувати з урахуванням їх скомпенсованості.

Оскільки всі сили, що діють на передню і задню грані, направлені уздовж однієї осі, то використовуючи принцип Д'Аламбера і переводячи в алгебраїчну форму можна записати

$$dF_s = dF_a + dF_f + dF_g \sin \alpha. \quad (2.26)$$

Сила інерції в даному випадку є відцентрова сила, яка визначається

$$dF_a = \omega^2 \rho(t) \cdot dm, \quad (2.27)$$

де m – маса частки компосту, кг;

$\rho(t)$ – радіус переміщення частки компосту, м;

ω – кутова швидкість обертання лопаті робочого органу, s^{-1} .

Сила тертя визначається за виразом

$$dF_f = f \cdot dN, \quad (2.28)$$

де dN – нормальна реакція поверхні лопаті, Н

$$dN = dF_g + dF_k, \quad (2.29)$$

dF_k – сила Коріоліса, Н

$$dF_k = 2\omega \dot{\rho} dm, \quad (2.30)$$

dF_g – сила тяжіння, Н

$$dF_g = g \cdot dm, \quad (2.31)$$

Враховуючи (2.30) і (2.31), перетворимо (2.29) у вигляді

$$dN = dF_g + dF_k = g \cdot dm + 2\omega \dot{\rho} \cdot dm. \quad (2.32)$$

Підставивши (2.27)-(2.32) у (2.26) отримуємо

$$dF_s = \left(\rho(t) + fg + 2\omega \dot{\rho}(t)f + g \sin \alpha \right) dm. \quad (2.33)$$

Проінтегрувавши вираз (2.26) по всьому об'єму зони переміщення, отримуємо

$$F_s = m \left(\rho(t) + fg + 2\omega \dot{\rho}(t)f + g \sin \alpha \right). \quad (2.34)$$

Підставляючи (2.25) і (2.34) в (2.19), маємо

$$\sum F = C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \psi \cdot hb + m \left(\rho(t) + fg + 2\omega \dot{\rho}(t)f + g \sin \alpha \right), \quad (3.35)$$

Загальна потужність, що витрачається робочим органом аератора в процесі перелопачування гноє-компостною суміші, визначається наступним чином

$$P = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (3.36)$$

де P_i – потужність, що витрачається на переміщення лопаті, Вт;

n – кількість лопатей.

Потужність, яка витрачається на переміщення і відділення часток гноє-компостної суміші під дією однієї лопаті, можна представити у вигляді

$$\begin{aligned} P_i &= \omega R \sum F = \\ &= \left(C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \psi \cdot hb \right) \omega R + m \omega R \left(\rho(t) + fg + 2\omega \dot{\rho}(t)f + g \sin \alpha \right) \end{aligned} \quad (2.37)$$

За умови однакових геометричних розмірів лопатей і, використовуючи отриманий вираз для маси відокремленої частки гноє-компостної суміші, вираз (2.37) набуває вигляду

$$\begin{aligned} P &= n_{\text{л}} \cdot P_i = \left(C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \psi \cdot hb \right) \omega R n_{\text{л}} + \\ &+ \frac{2\pi R^2}{\lambda} b_{\text{л}} \gamma \left(-\cos \omega t \right) \omega R \left(\rho(t) + fg + 2\omega \dot{\rho}(t)f + g \sin \alpha \right) \end{aligned} \quad (2.38)$$

2.4 Визначення енерговитрат робочих органів гноє-компостувальних машин

Для відображення фізичного стану технологічного процесу механічної аерації гноє-компостної суміші можна допустити, що фізичний зміст полягає в послідовних операціях: відокремлення частки, порції, стружки, долі; переміщення сировини, при якому відбуваються деформації; розвантаження маси.

Таким чином, в спрощеному варіанті технологічний процес механічної аерації гноє-компостної суміші можливо представити у вигляді схеми (рисунок 2.5).

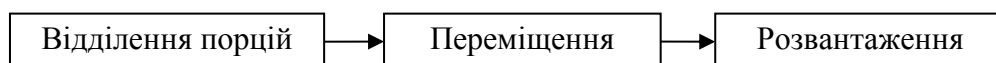


Рисунок 2.5 – Схема технологічного процесу механічної аерації гноє-компостної суміші

Відділення порції або стружки – це відомі процеси різання, стискання та інші процеси, що базуються на принципах фізичної дії. Найбільш розповсюджені схеми відділення: переміщення робочого органу або знаряддя – на «сировину, матеріал», а також «сировини, матеріалу» на «робочий орган, знаряддя».

Переміщення матеріалу характеризує деформацію або шлях порції, частки, стружки, при якому змінюється її положення у внутрішньому стані сировини, геометричні розміри, і, як слідство, фізико-механічні властивості. Ці зміни необхідні за агрозоотехнологічними, біологічними або організаційними вимогами.

Процес розвантаження має принципове значення для досягнення показників якості виконання операції, підготовки сировини для наступного обробітку і створення умов по підвищенню процесів в цілому.

Загальна робота по виконанню технологічного процесу механічної аерації гноє-компостної суміші може бути розрахована, як суперпозиції робіт зазначених процесів

$$\sum A = A_b + A_n + A_p, \quad (2.39)$$

де A_B – робота по відокремленню, Дж;
 A_n – робота по переміщенню або деформації, Дж;
 A_p – робота по розвантаженню, Дж.

Складова загальної роботи може бути чітко виражена і визначати вплив на роботу в цілому. Кожна складова роботи може бути визначена, як скалярна кількісна міра дії сили

$$A_i = \int_{r_1}^{r_2} \vec{F} \cdot d\vec{r}, \quad (2.40)$$

де \vec{F} – вектор сили, Н;
 \vec{r} – радіус-вектор, м.

Підставляючи (2.39) в (2.40) отримуємо

$$\sum A = \int_{r_{B1}}^{r_{B2}} \vec{F}_B \cdot d\vec{r}_B + \int_{r_{n1}}^{r_{n2}} \vec{F}_n \cdot d\vec{r}_n + \int_{r_{p1}}^{r_{p2}} \vec{F}_p \cdot d\vec{r}_p. \quad (2.41)$$

Тобто для визначення роботи технологічного процесу механічної аерації гное-компостної суміші визначеним робочим органом необхідно дослідити сили, що діють на частку маси.

Згідно проведених теоретичних досліджень процесу взаємодії лопаті фрезо-барабанного робочого органу аератора з гное-компостною сумішшю була отримана суперпозиція зусиль, які витрачаються на переміщення і відділення часток гное-компостної суміші

$$\sum F = C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \psi \cdot h b + m \rho(t) + fg + 2\omega \dot{\rho}(t) f + g \sin \alpha, \quad (2.42)$$

де C_0 – коефіцієнт зчеплення гное-компостної суміші, Па;
 ψ – кут внутрішнього тертя гное-компостної суміші, рад;
 σ_n – нормальне миттєве напруження опору гное-компостної суміші, Па;
 h, b – ширина і висота елементарної частки гное-компостної суміші, м;
 m – маса частки компосту, кг;
 ω – кутова швидкість обертання лопаті робочого органу, c^{-1} ;
 $\rho(t)$ – радіус переміщення частки компосту, м;
 $\dot{\rho}(t)$ – швидкість переміщення частки компосту, м;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

f – коефіцієнт тертя;

α – кут нахилу лопаті.

Підставляючи (2.42) в (2.41), маємо вираз для розрахунку роботи технологічного процесу механічної аерації гноє-компостної суміші фрезо-барабанним робочим органом:

$$\Sigma A = \left[C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \psi \right] \dot{h} b + m \omega^2 \rho(t) + fg + 2\omega \dot{\rho}(t) f + g \sin \alpha \dot{\rho}(t). \quad (2.43)$$

Викладено основні принципи визначення енерговитрат робочих органів гноє-компостувальних машин. Приведено вираз для розрахунку роботи технологічного процесу механічної аерації гноє-компостної суміші фрезо-барабанним робочим органом.

2.5 Висновки з розділу

1. Розроблена математична модель процесу роботи фрезерно-барабанного робочого органу функціонально встановила зв'язок між параметрами пристрою (кількістю лопатей, коловою швидкістю, площею стружки) та висотою бортів компосту. Одержані залежності по визначенню маси відокремлюваної стружки можуть бути прийняті до уваги і використані при визначенні конструктивних і кінематичних параметрів фрезерно-барабанних робочих органів.

2. У результаті теоретичних досліджень процесу взаємодії лопаті робочого органу аератора із гноє-компостною сумішшю встановлено розрахункову формулу для визначення загальної потужності, що витрачається робочим органом аератора в процесі його роботи.

3. Викладено основні принципи визначення енерговитрат робочих органів гноє-компостувальних машин. Приведено вираз для розрахунку роботи технологічного процесу механічної аерації гноє-компостної суміші фрезо-барабанним робочим органом.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма досліджень

Метою експериментальних досліджень є перевірка зроблених теоретичних висновків щодо процесів змішування, перелопачування і аерації компонентів гноє-компостної суміші причіпним аератором-подрібнювачем та обґрунтування його конструктивно-технологічних параметрів.

Програмою експериментальних досліджень було передбачено:

1. Визначення функціональних залежностей процесів змішування, перелопачування і аерації компонентів гноє-компостної суміші причіпним аератором-подрібнювачем.
2. Дослідження причіпного аератора-подрібнювача на базі ПРТ-10 із двобарабанним навісним пристроєм для подрібнення твердих органічних добрив.
3. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів причіпного аератора-подрібнювача компонентів гноє-компостної суміші.

3.2 Методика експериментальних досліджень причіпного аератора-подрібнювача компонентів гноє-компостної суміші

Експериментальними дослідженнями причіпного аератора-подрібнювача компонентів гноє-компостної суміші було передбачено:

- розробку експериментального причіпного аератора-подрібнювача компонентів гноє-компостної суміші із барабанно-лопатевими робочими органами;
- проведення експериментів і визначення однорідності розподілу компонентів отриманої гноє-компостної суміші, показника структурності бурта і потужності;
- проведення аналізу одержаних результатів досліджень.

Для реалізації експериментальних досліджень процесу подрібнення і змішування твердих органічних добрив було створено експериментальну установку, яка складається з рами, двох барабанних робочих органів і електричного приводу. Створений пристрій для подрібнення і змішування твердих органічних добрив можна розташовувати на причіпному розкидачі добрив типу ПРТ-10 (рисунок 3.1). Подача твердих органічних добрив на барабанні робочі органи здійснюється із застосуванням транспортеру. Також на даний пристрій можна встановлювати один або два барабанних робочих органів різної конфігурації (рисунок 3.2). Загальний вигляд і геометричні розміри барабанно-лопатевого робочого органу представлено на рисунку 3.3.

У якості факторів експериментальних досліджень було обрано: вид гною (фактор А), вид барабанного робочого органу (фактор В), кількість барабанних робочих органів (фактор С), частота обертів барабанного робочого органу, n , об/хв. (фактор D). Рівні і варіанти факторів представлені в таблиці 3.1. Частоти обертання нижнього і верхнього робочих органів встановлювалися шляхом зміни зірочок і ланцюгів на приводних механізмах.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд експериментальної установки для подрібнення і змішування твердих органічних добрив



а



б

а – двобарабанний робочий орган V-подібний;

б – однобарабанний робочий орган W-подібний

Рисунок 3.2 – Загальний вигляд устаткування для проведення експериментальних досліджень

Таблиця 3.1 – Рівні і варіанти факторів експериментальних досліджень

Вид гною (Фактор А)	Вид барабанного робочого органу (Фактор В)	Кількість барабанних робочих органів (Фактор С)	Частота обертів n, об/хв (Фактор D)
Коров'ячий гній (щільність $\rho = 680-750 \text{ кг/м}^3$; вологість $W = 42-66 \%$)	Шнеково-лопатевий $D = 350 \text{ мм}$ (V-подібний)	1	180
			320
Послід (щільність $\rho = 360-460 \text{ кг/м}^3$; вологість $W = 32-44 \%$)	Лопатевий $D = 540 \text{ мм}$ (W-подібний)	2	460

Виходячи з теоретичних досліджень та аналізу літературних джерел незмінні конструктивно-технологічні параметри розробленої універсальної експериментальної установки для досліджень процесу подрібнення і змішування твердих органічних добрив наведені в таблиці 3.2.

Експериментальні дослідження були проведені за планом із загальною кількістю дослідів – 18, матриця якого представлена в таблиці 3.3.

У якості сировини для експериментальних досліджень було взято коров'ячий гній (щільність $\rho = 680-750 \text{ кг/м}^3$; вологість $W = 42-66 \%$) і послід (щільність $\rho = 360-460 \text{ кг/м}^3$; вологість $W = 32-44 \%$), які представлені на рисунку 3.4.

Для визначення траєкторій руху частинок компосту в якості заднього фону використовувалася координатна площина із розміщеною областю, розмір одиничного напрямку якої складав 100 мм (рисунок 3.5). Даний процес знімався на відеокамеру. Виходячи з отриманих знімків, встановлювалися значення

найбільшої швидкості частинок V_p , найбільшої висоти польоту частинок h_p , найбільшої дальності польоту частинок, l_p .

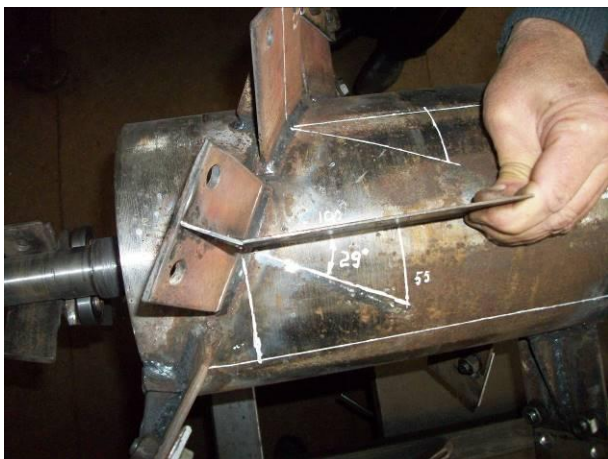


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд і геометричні розміри барабанно-лопатевого робочого органу

У якості критеріїв експериментальних досліджень було обрано: однорідність розподілу компонентів отриманої гноє-компостної суміші δ , споживану потужність P , показник структурності бурта θ .

Таблиця 3.2 – Конструктивно-технологічні параметри експериментальної установки для досліджень процесу подрібнення і змішування твердих органічних добрив

Величина	Позначення	Значення
Ширина захвату робочих органів, м	l	2
Зовнішній радіус шнеково-лопатевого робочого органу, м	R ₁	0,175
Радіус валу шнеково-лопатевого робочого органу, м	r ₁	0,090
Товщина лопатей шнеково-лопатевого робочого органу, м	δ ₁	0,004
Крок гвинтової лінії шнеково-лопатевого робочого органу, м	ζ ₁	0,270
Зовнішній радіус лопатевого робочого органу, м	R ₂	0,175
Радіус валу лопатевого робочого органу, м	R ₂	0,090
Товщина лопатей лопатевого робочого органу, м	δ ₂	0,004
Крок гвинтової лінії лопатевого робочого органу, м	ζ ₂	0,250
Висота розташування нижнього робочого органу над транспортером, м	χ ₁	0,225
Висота розташування верхнього робочого органу над транспортером, м	χ ₂	0,625
Швидкість транспортеру, м/с	V	0,1



а



б

Рисунок 3.4 – Загальний вигляд свіжих (вивантажений з приміщень) коров'ячого гною (а) і посліду (б)

Розраховану однорідність розподілу компонентів гноє-компостної суміші попередньо сформованого бурта визначали по методу роздільної ознаки – вологості. Однорідність за вологістю визначається за коефіцієнтом варіації

$$\delta_i = 1 - v_i = 1 - \frac{\sigma_i}{W_i}, \quad (3.1)$$

де v_i – коефіцієнт варіації вологості гное-компостної суміші у досліді;
 σ_i – середньоквадратичне відхилення вологості в серії порцій гное-компостної суміші у досліді;
 w_i – середньоарифметичне значення вологості в серії порцій гное-компостної суміші у досліді.

Таблиця 3.3 – Матриця плану експериментальних досліджень процесу подрібнення і змішування твердих органічних добрив

Вид гною (Фактор А)	Вид барабанного робочого органу (Фактор В)	Кількість барабанних робочих органів (Фактор С)	Частота обертів n , об/хв (Фактор D)
Коров'ячий гній (щільність $\rho = 680-750 \text{ кг/м}^3$; вологість $W = 42-66 \%$)	Шнеково-лопатевий $D = 350 \text{ мм}$ (V-подібний)	1	180
			320
			460
		2	180
			320
			460
	Лопатевий $D = 540 \text{ мм}$ (W-подібний)	1	180
			320
			460
	Шнеково-лопатевий $D = 350 \text{ мм}$ (V-подібний)	1	180
			320
			460
		2	180
			320
			460
Лопатевий $D = 540 \text{ мм}$ (W-подібний)	1	180	
		320	
		460	
Послід (щільність $\rho = 360-460 \text{ кг/м}^3$; вологість $W = 32-44 \%$)	Шнеково-лопатевий $D = 350 \text{ мм}$ (V-подібний)	1	180
			320
			460
		2	180
			320
			460
	Лопатевий $D = 540 \text{ мм}$ (W-подібний)	1	180
			320
			460
	Шнеково-лопатевий $D = 350 \text{ мм}$ (V-подібний)	1	180
			320
			460
		2	180
			320
			460
Лопатевий $D = 540 \text{ мм}$ (W-подібний)	1	180	
		320	
		460	



Рисунок 3.5 – Загальний вигляд координатної площини із розміченою областю

Для вихідної сировини однорідність за вологістю складала 0,33–0,47. Для визначення однорідності гноє-компостної суміші за вологістю було прийнята триразова повторність. Якісними критеріями оцінки процесу механічної аерації і змішування гноє-компостної суміші прийняті однорідність за вологістю.

Показник структурності бурта θ визначався, як сумарний відсотковий вміст найбільш цінних фракцій до 5 мм. Повторність кожного вимірювання повинно бути не меншим ніж 3

$$\theta = \frac{m_{<5\text{мм}}}{M} \cdot 100 \%, \quad (3.2)$$

де $m_{<5\text{мм}}$ – маса найбільш цінних фракцій до 5 мм, г;

M – маса вихідної наважки, г.

Маса вихідної наважки M відбирається у межах від 200 до 300 г.

Схема взяття проб гноє-компостної суміші в сформованому бурті представлена на рисунку 3.6.

Енергетичним критерієм оцінки процесу подрібнення і змішування твердих органічних добрив є середнє значення споживаної потужності P . Динаміка зміни споживаної потужності P визначалася частотним перетворювачем VLT Micro Drive (рисунок 3.7).

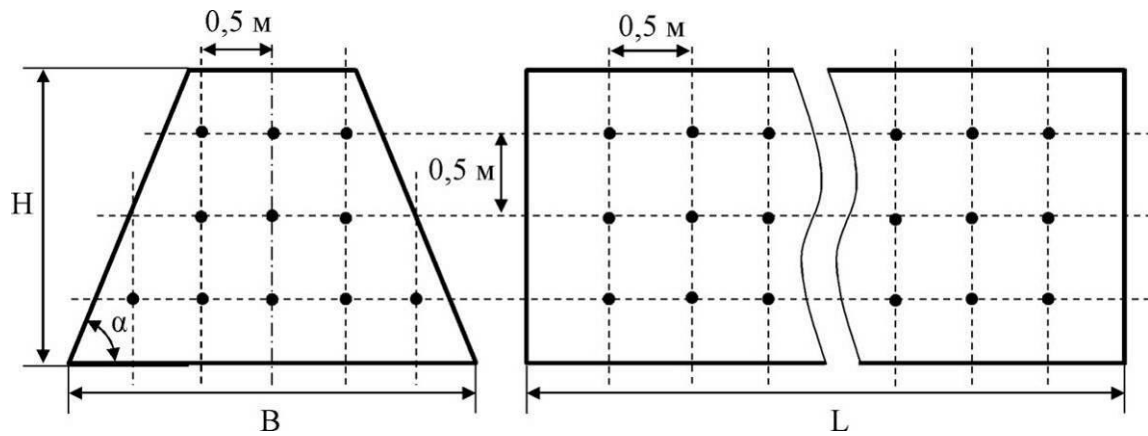


Рисунок 3.6 – Схема взяття проб гноє-компостної суміші в бурті



Рисунок 3.7 – Приладово-вимірювальне обладнання VLT Micro Drive

3.3 Висновки з розділу

Розроблено програму і методику експериментальних досліджень причіпного аератора-подрібнювача компонентів гноє-компостної суміші. У якості факторів експериментальних досліджень було обрано: вид гною (фактор А), вид барабанного робочого органу (фактор В), кількість барабанних робочих органів (фактор С), частота обертів барабанного робочого органу, n , об/хв. (фактор D). У якості критеріїв експериментальних досліджень було обрано: однорідність розподілу компонентів отриманої гноє-компостної суміші δ , споживану потужність P , показник структурності бурта θ .

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Дослідження траєкторії руху частинок компосту під дією робочого органу причіпного аератора-подрібнювача

У результаті експериментальних досліджень процесу подрібнення і змішування твердих органічних добрив на експериментальній установці для кожного досліду було визначено траєкторії руху частинок компосту. Візуалізацію деяких дослідів наведено на рисунку 4.1. Права частина рисунку 4.1 створювалася шляхом накладання кадрів відеофайлу з інтервалом часу 41 мс, при цьому час експозиції складав $\Delta t = 10$ с.

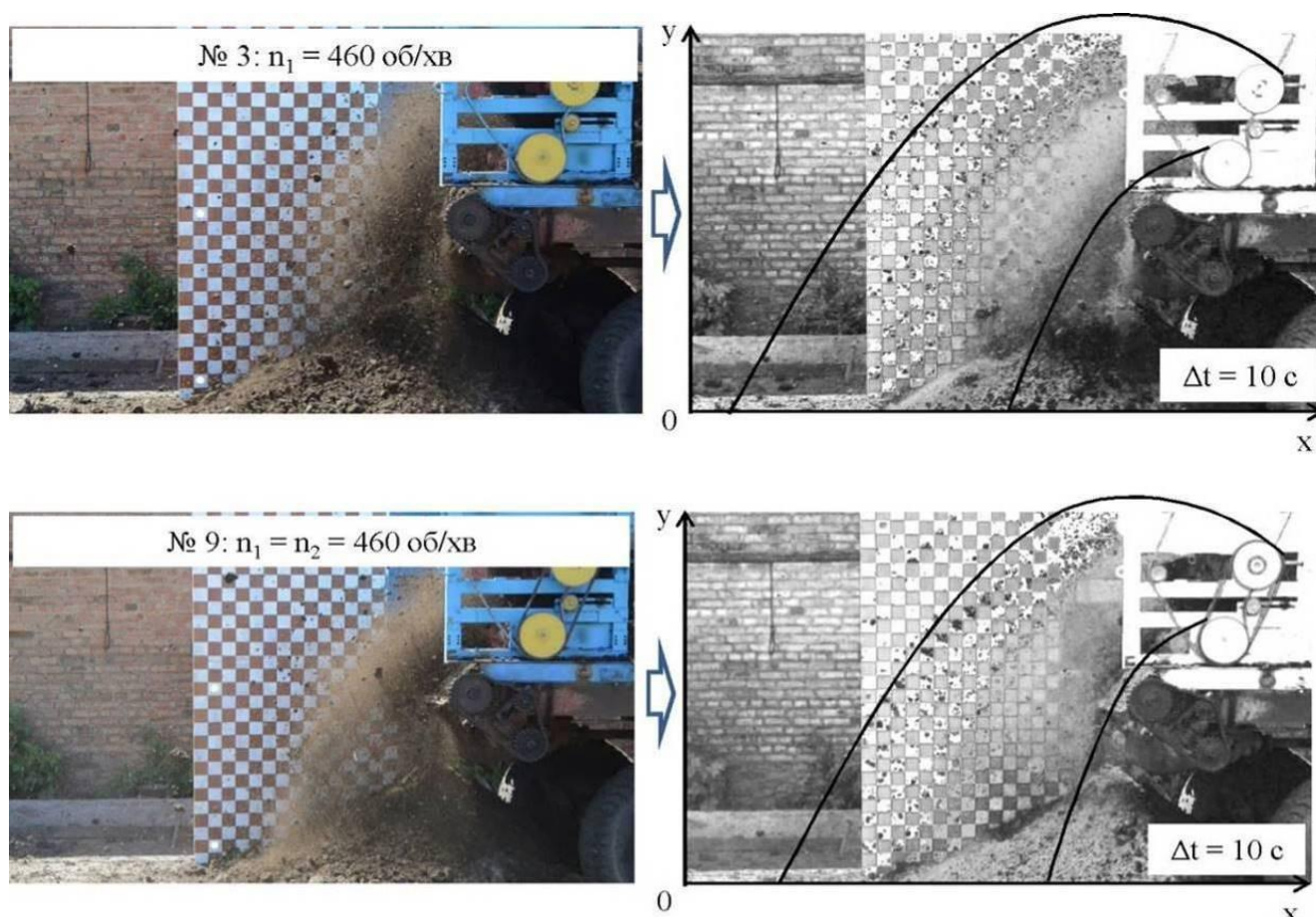


Рисунок 4.1 – Візуалізація процесу переміщення частинок гноє-компостної суміші під дією робочих органів експериментальної установки

У результаті чого з рисунку 4.1 видно траєкторію руху частинок гноє-компостної суміші і можна визначити значення найбільшої швидкості частинок V_p , найбільшої висоти польоту частинок h_p і найбільшої дальності польоту частинок, l_p . Отримані дані зведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результаті розрахунку параметрів процесу переміщення частинок гноє-компостної суміші

№ досліджу	Найбільша швидкість частинок V_p , м/с				Найбільша висота польоту частинок h_p , м				Найбільша дальність польоту частинок l_p , м			
	1	2	3	Сер.	1	2	3	Сер.	1	2	3	Сер.
1	3,60	3,63	3,66	3,63	1,84	1,90	2,77	2,17	2,34	2,40	3,27	2,67
2	6,26	6,30	6,34	6,30	2,51	2,59	3,75	2,95	5,06	5,14	6,30	5,50
3	8,80	8,81	8,91	8,84	3,79	3,51	4,40	3,90	8,97	9,29	9,88	9,38
4	3,62	3,67	3,66	3,65	1,64	1,94	2,99	2,19	2,36	2,26	3,51	2,71
5	6,05	6,06	6,10	6,07	2,54	2,46	2,95	2,65	4,77	4,89	5,28	4,98
6	8,73	8,76	8,79	8,76	3,46	3,52	4,39	3,79	8,83	8,89	9,76	9,16
7	5,37	5,37	5,52	5,42	2,75	2,25	3,25	2,75	4,00	4,50	5,00	4,50
8	9,54	9,57	9,54	9,55	3,63	3,89	4,36	3,96	10,30	10,16	10,83	10,43
9	13,11	13,14	13,17	13,14	5,90	5,96	6,83	6,23	18,61	18,67	19,54	18,94
10	3,48	3,48	3,54	3,50	2,01	1,81	2,21	2,01	2,25	2,45	2,65	2,45
11	5,97	5,99	5,98	5,98	2,31	2,45	2,83	2,53	4,65	4,59	5,07	4,77
12	8,72	8,74	8,79	8,75	3,55	3,49	4,27	3,77	8,81	8,95	9,63	9,13
13	3,69	3,72	3,78	3,73	1,95	1,91	2,98	2,28	2,42	2,58	3,55	2,85
14	6,22	6,22	6,34	6,26	2,90	2,50	3,30	2,90	5,00	5,40	5,80	5,40
15	8,47	8,51	8,43	8,47	2,93	3,41	3,77	3,37	8,32	8,00	8,76	8,36
16	5,11	5,16	5,12	5,13	1,87	2,27	3,12	2,42	3,68	3,48	4,63	3,93
17	9,26	9,27	9,37	9,30	4,01	3,73	4,62	4,12	9,82	10,14	10,73	10,23
18	13,38	13,42	13,46	13,42	6,09	6,17	7,33	6,53	19,37	19,45	20,61	19,81

Аналіз даних таблиці 4.1 показав, що найбільша швидкість частинок гноє-компостної суміші (посліду і коров'ячого гною) $V_p = 13,1-13,4$ м/с спостерігається для варіанту пристрою із одним лопатевим робочим органом, який встановлено на причіпному розкидачі типу ПРТ-10 при найбільшій частоті його обертання. Відповідно до цього найбільша висота польоту частинок складає $h_p = 6,2-6,5$ м, найбільша дальність польоту частинок $l_p = 18,9-19,8$ м.

Графічна інтерпретація отриманих даних таблиці 4.1 наведено на рисунку 4.2-4.3. Аналіз графіка з рисунку 4.2-4.3 дозволяє стверджувати про

лінійність залежностей найбільших швидкості V_p , висоти польоту h_p і дальності польоту l_p частинок гноє-компостної суміші від частоти обертання робочих органів n .

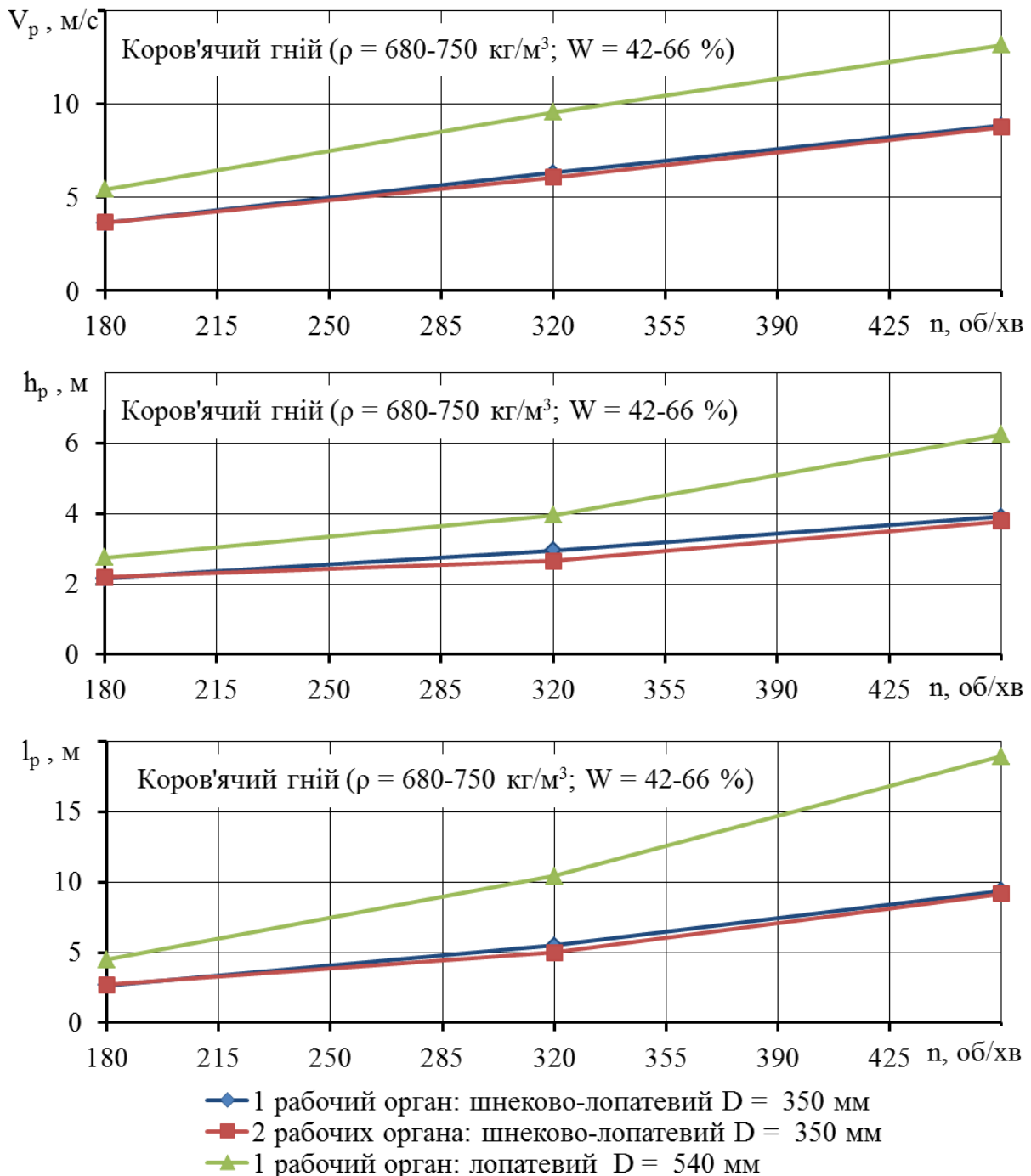


Рисунок 4.2 – Графіки залежностей найбільших швидкості V_p , висоти h_p і дальності польоту l_p частинок гноє-компостної суміші коров'ячого гною від частоти обертання робочих органів n

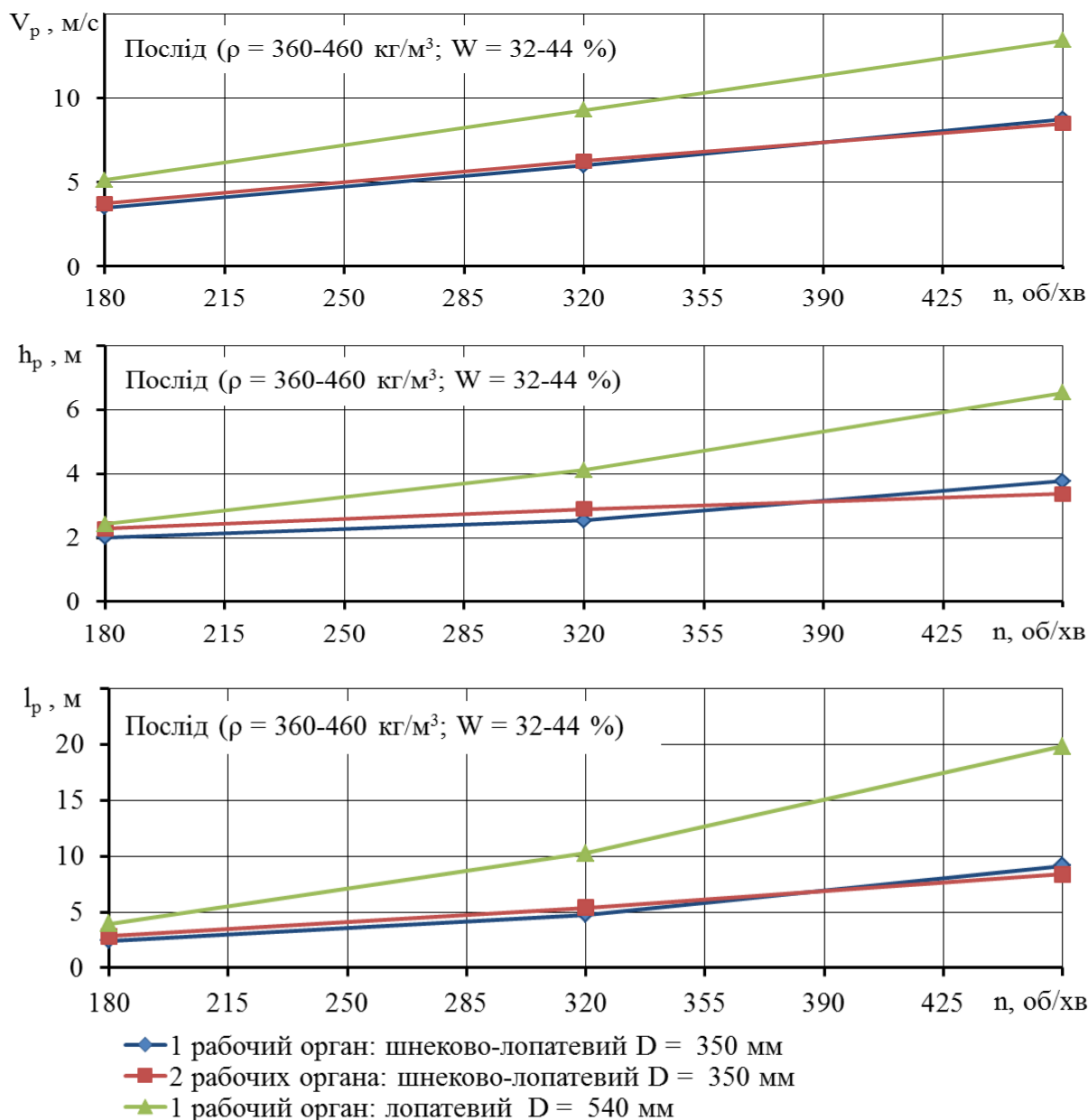


Рисунок 4.3 – Графіки залежностей найбільших швидкості V_p , висоти h_p і дальності польоту l_p частинок гноє-компостної суміші посліду від частоти обертання робочих органів n

4.2 Результати експериментальних досліджень причіпного аератора-подрібнювача

У результаті експериментальних досліджень встановлені однорідність розподілу компонентів отриманої гноє-компостної суміші δ_w , середнє значення споживаної потужності P , показник структурності бурта θ , які зведені в таблиці 4.2.

Таблиця **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**1 – Однорідність розподілу компонентів отриманої гноє-компостної суміші δ_w , середнє значення споживаної потужності P , показник структурності бурта θ

№ дослідю	Однорідність за вологістю δ				Показник структурності бурта θ , %				Потужність P , кВт			
	1	2	3	Сер.	1	2	3	Сер.	1	2	3	Сер.
1	0,63	0,66	0,69	0,66	18,9	24,9	22,8	22,2	4,5	3,9	3,8	4,1
2	0,70	0,74	0,78	0,74	25,5	33,5	30,7	29,9	6,5	5,6	5,6	5,9
3	0,76	0,74	0,81	0,77	43,6	45,6	45,8	45,0	7,2	7,0	7,0	7,1
4	0,64	0,71	0,72	0,69	24,5	34,5	30,4	29,8	5,4	4,3	4,3	4,7
5	0,74	0,74	0,77	0,75	43,6	45,6	45,2	44,8	6,4	6,2	6,2	6,3
6	0,80	0,83	0,86	0,83	56,8	62,8	60,7	60,1	8,0	7,3	7,3	7,5
7	0,85	0,80	0,90	0,85	59,8	59,8	61,3	60,3	5,4	5,4	5,4	5,4
8	0,85	0,90	0,89	0,88	71,9	77,9	75,2	75,0	7,2	6,6	6,5	6,8
9	0,95	0,98	1,01	0,98	87,1	93,1	91,0	90,4	9,1	8,5	8,5	8,7
10	0,68	0,66	0,70	0,68	29,5	29,5	30,1	29,7	4,0	4,0	4,0	4,0
11	0,72	0,75	0,75	0,74	42,6	46,6	44,9	44,7	5,3	4,9	4,9	5,0
12	0,81	0,82	0,86	0,83	50,2	54,2	53,1	52,5	7,3	6,8	6,8	7,0
13	0,71	0,73	0,78	0,74	34,0	40,0	38,2	37,4	5,2	4,6	4,5	4,8
14	0,81	0,77	0,85	0,81	52,2	52,2	53,4	52,6	5,9	5,9	5,9	5,9
15	0,80	0,88	0,84	0,84	63,3	71,3	67,3	67,3	7,8	7,0	6,9	7,2
16	0,74	0,82	0,81	0,79	47,2	57,2	52,8	52,4	6,4	5,4	5,3	5,7
17	0,87	0,85	0,92	0,88	66,3	68,3	68,5	67,7	7,8	7,6	7,6	7,6
18	0,91	0,95	0,99	0,95	78,5	86,5	83,7	82,9	9,9	9,1	9,1	9,4

Графічна інтерпретація отриманих даних таблиці 4.2 наведено на рисунках 4.4-4.5. Аналіз таблиці 4.2 показав, що при обробці коров'ячого гною максимальна однорідність за вологістю складала $\delta = 0,98$ і максимальний показник структурності бурта складав $\theta = 90,4$ % для варіанту: один лопатевий барабанний робочий орган (W-подібний), який встановлено на причіпному розкидачі (типу ПРТ-10) і обертається із частотою 460 об/хв. При цьому найменша середня потужність $P = 4,1$ кВт спостерігається для варіанту: один шнеко-лопатевий барабанний робочий орган (V-подібний), який встановлено на причіпному розкидачі (типу ПРТ-10) і обертається із частотою 180 об/хв.

З таблиці 4.2 видно, що при обробці посліду максимальна однорідність за вологістю складала $\delta = 0,95$ і максимальний показник структурності бурта складав $\theta =$

90,1 % для варіанту: один лопатевий барабанний робочий орган (W-подібний) і обертається із частотою 460 об/хв. При цьому найменша середня потужність $P = 3,8$ кВт спостерігається для варіанту: один шнеково-лопатевий барабанний робочий орган (V-подібний), який встановлено на причіпному розкидачі (типу ПРТ-10) і обертається із частотою 180 об/хв.

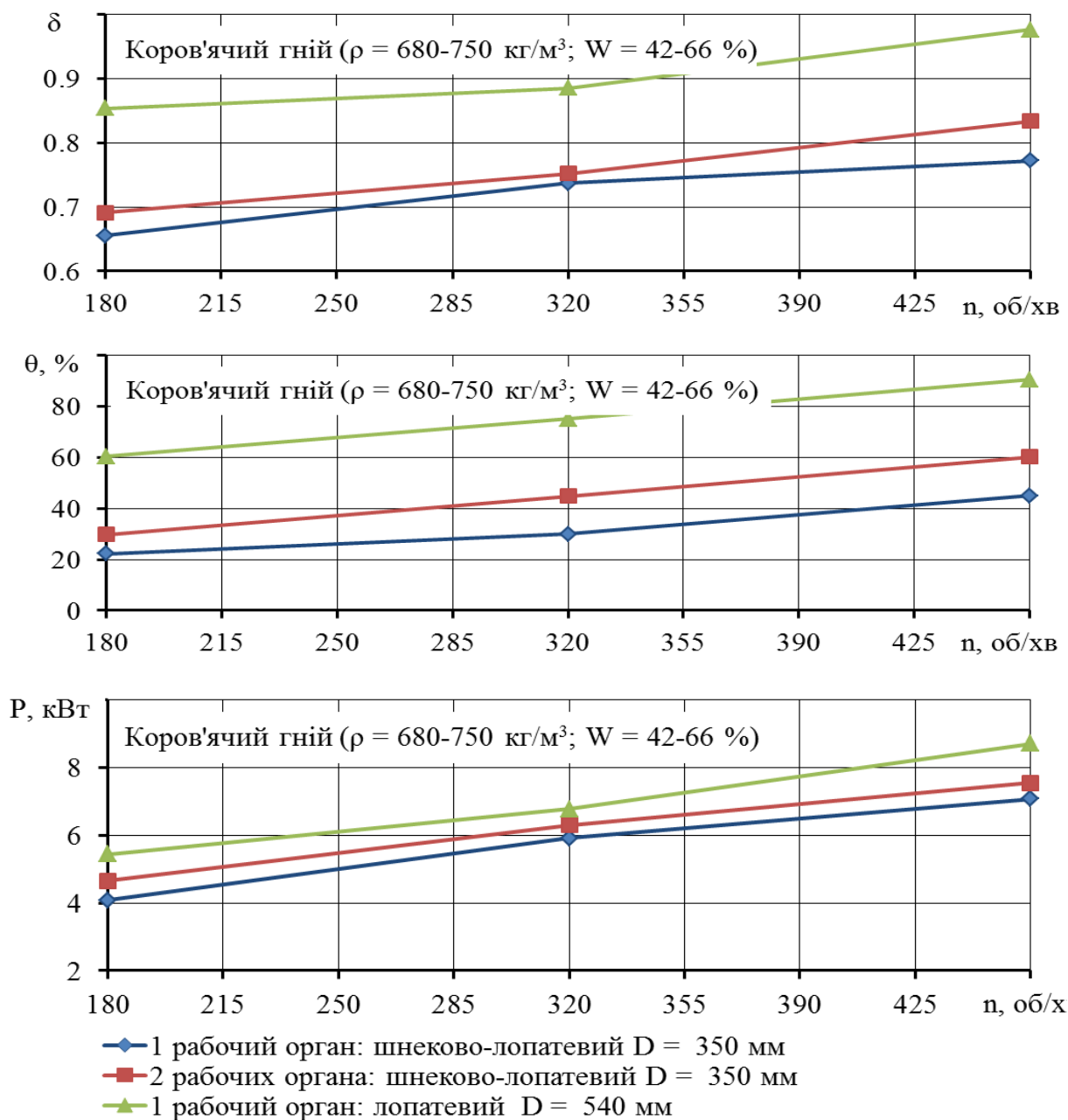


Рисунок 4.4 – Графіки залежностей однорідності розподілу компонентів отриманої гноє-компостної суміші коров'ячого гною δ , середнього значення споживаної потужності P , показника

структурності бурта θ від частоти обертання робочих органів n

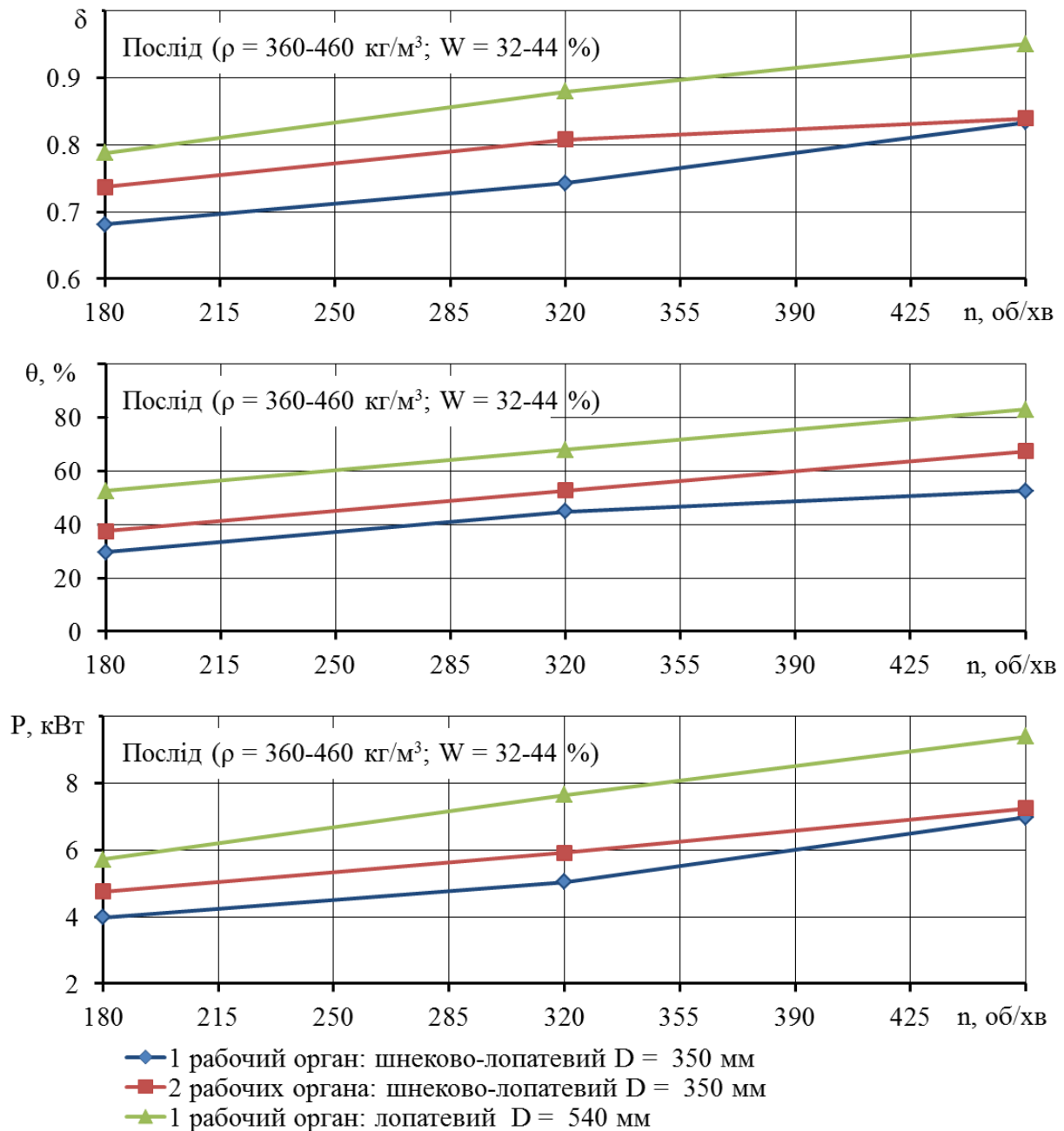


Рисунок 4.5 – Графіки залежностей однорідності розподілу компонентів отриманої гноє-компостної суміші посліду δ , середнього значення споживаної потужності P , показника структурності бурта θ від частоти обертання робочих органів n

Висота бурту, що оброблюється, складає до 1,0. Після обробітку – переміщення рамки з робочим органом формувався бурт висотою до 0,6-0,8 м, рівномірний по висоті і ширині, з гравітаційним розподілом рівномірно подрібнених часток за

рахунок різних коефіцієнтів.

Візуалізація робочого процесу в поперечному перерізі при частоті обертання 180 об/хв і 460 об/хв дозволяє спостерігати переміщення сировини похилими лопатями до центральної частини, де розташовані прямі лопаті потік часток до поверхні обмежувальної рамки (до 1,5 м) при $n = 180$ об/хв, і активну роль обмежувальної рамки при $n = 460$ об/хв, коли частин вдаряються о поверхню і відкидаються в бурт.

При частоті $n = 180$ об/хв дальність польоту часток складає 3-5 м, при високій щільності потоку часток, і висоті сформованого бурту 0,6-0,8 м. Збільшення частоти вдвічі збільшує дальність потоку часток до 9-18 м, а хаотичність спричиняє викиди потоку часток вперед – на необроблену сировину і назад. Потік часток виходить за обмежену валку рамку і піднімається на висоту до 2-2,5 м.

Також можна відмітити, що вологість сировини, яка використовувалась складає 24,1-43,2 %. На більш вологій сировині робочий орган заглиблюється в масу бурту, а над ним створюється накопичення, яке періодично обрубуються, збільшуючи навантаження і енерговитрати.

При вологості 24,1 % перероблюваний матеріал має властивості сипучої речовини. За умови відповідного куту нахилу робочої поверхні дії робочих органів, відбувається самоосипання і постійна рівномірна подача на переробку.

Подрібнення і змішування сировини відбувається при кутовій швидкості відповідно в 2 м/с і 12,4 м/с. У випадку більшої швидкості спостерігалась вища продуктивність технічного засобу. При формуванні бурту за частоти $n = 460$ об/хв різко збільшуються непродуктивні витрати на викиди часток по висоті розльоту, по повертанню сировини до початкової – необробленої сировини.

Більші швидкості потребують на 20-40 % більше витрат енергії. Виникає питання про доцільність польоту часток до 6 м при перекиданні. Тому фрезерно-барабанний робочий орган з прямими лопатями відноситься до універсальних пристроїв для проведення механічної аерації та використання в технології механізованого компостування.

4.3 Порівняння результатів досліджень для одного і двох робочих органів

Порівняння результатів досліджень для одного і двох робочих органів при розтушуванні їх на ПРТ-10 для коров'ячого гною представлені на рисунку 4.6.

Аналіз рисунка 4.6 показує, що якість змішування (однорідність за вологістю δ) і якість подрібнення (показник структурності бурта θ) ліпше у двобарабанного робочого органу. Однак при цьому спостерігається більша втрата енергії.

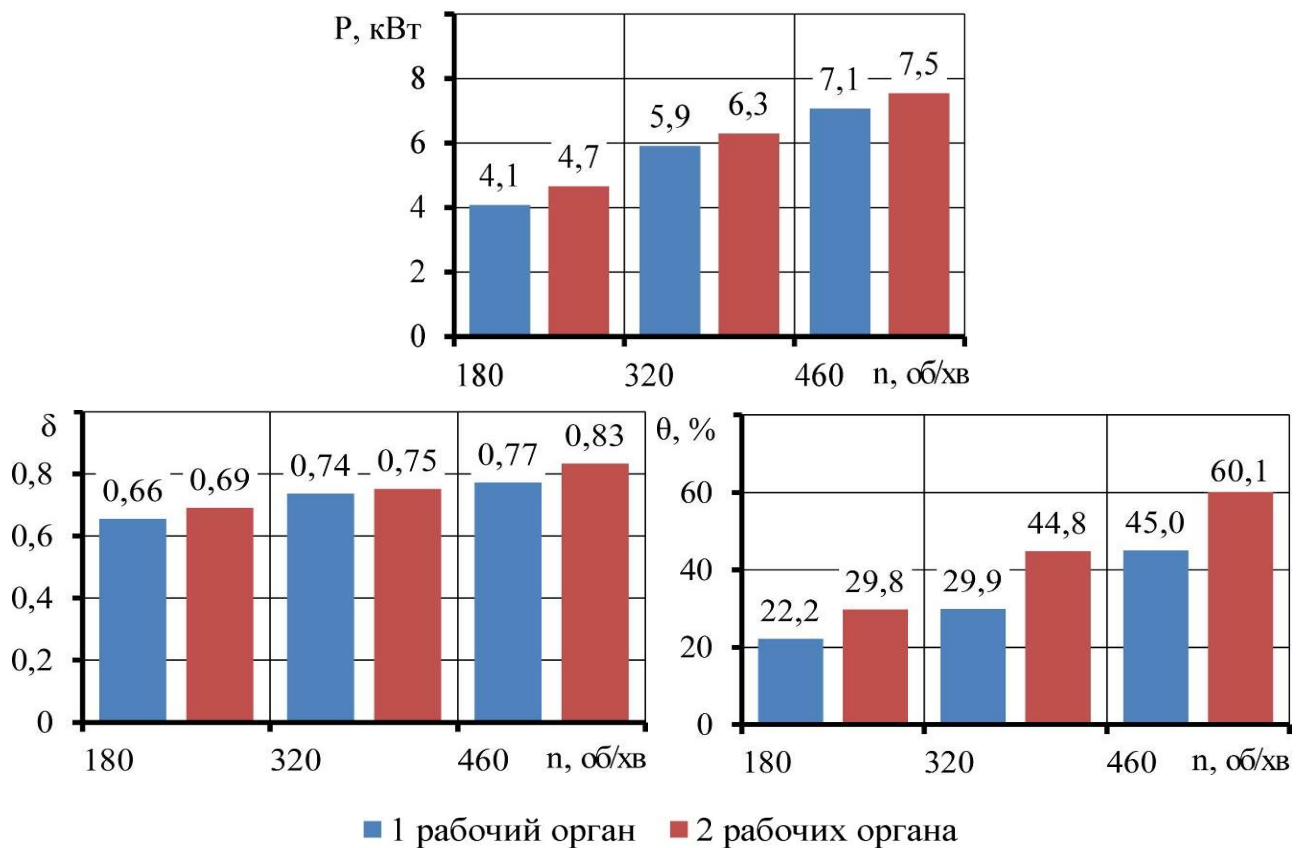


Рисунок 4.6 – Порівняння результатів досліджень для одного і двох робочих органів при розтушуванні їх на ПРТ-10 для коров'ячого гною

Порівняння результатів досліджень для одного и двох робочих органів при розтушуванні їх на ПРТ-10 для посліду представлені на рисунку 4.7.

Аналіз рисунка 4.7 показує, що якість змішування (однорідність за вологістю δ) і якість подрібнення (показник структурності бурта θ) ліпше у двобарабанного робочого органу. Однак при цьому спостерігається більша втрата енергії.

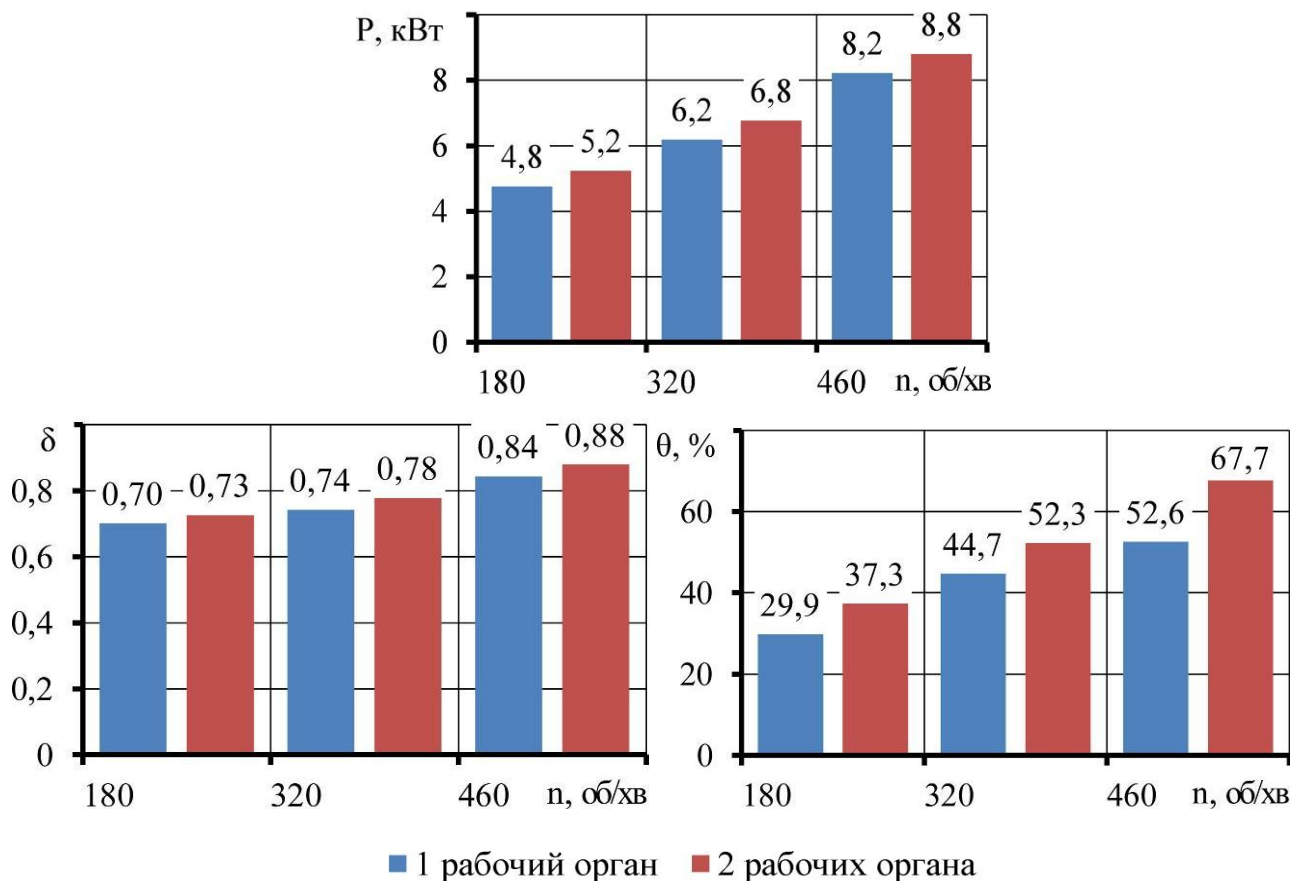


Рисунок 4.7 – Порівняння результатів досліджень для одного і двох робочих органів при розтушуванні їх на ПРТ-10 для посліду

4.4 Висновки з розділу

1. У результаті експериментальних досліджень встановлено, що найбільша швидкість частинок гноє-компостної суміші (посліду і коров'ячого гною) $V_p = 13,1-13,4$ м/с спостерігається для варіанту пристрою із одним лопатевим робочим органом, який встановлено на причіпному розкидачі типу ПРТ-10 при найбільшій частоті його обертання. Відповідно до цього найбільша

висота польоту частинок складає $h_p = 6,2-6,5$ м, найбільша дальність польоту частинок $l_p = 18,9-19,8$ м.

2. У результаті експериментальних досліджень, використовуючи дисперсійний аналіз, визначено раціональний конструкційний варіант розробленого пристрою для подрібнення і змішування коров'ячого гною (один лопатевий W-подібний барабанний робочий орган, який встановлено на причіпному розкидачі типу ПРТ-10 і обертається із частотою 460 об/хв), при зазначених параметрах спостерігається найбільша однорідність розподілу компонентів отриманої гное-компостної суміші $\delta = 0,98$ і показник структурності бурта $\theta = 90,4$ при найменшому середньому значенні споживаної потужності $P = 8,7$ кВт.

3. У свою чергу раціональний конструкційний варіант розробленого універсального пристрою для подрібнення і змішування посліду є наступним: один лопатевий W-подібний барабанний робочий орган, який встановлено на причіпному розкидачі типу ПРТ-10 і обертається із частотою 460 об/хв, при якому спостерігається найбільша однорідність розподілу компонентів отриманої гное-компостної суміші $\delta = 0,95$ і показник структурності бурта $\theta = 90,1$ при найменшому середньому значенні споживаної потужності $P = 8,4$ кВт.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці і об'єкти підвищеної небезпеки під час прибирання, видалення, обробки і зберігання гною

Згідно Закону України «Про охорону праці» [47] охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Під час прибирання, видалення, обробки і зберігання гною необхідно дотримуватися нормативної документації з охорони праці і відповідних відомчих норм технологічного проектування.

Згідно Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» [48] об'єкт підвищеної небезпеки – об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру.

Правове екологічне регулювання в сільськогосподарському секторі включає аспекти поводження з відходами тваринницького і рослинницького походження.

5.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів

Відходи, які утворюються при виробництві сільськогосподарської продукції, що стосуються промислових відходів, відповідно до державної класифікації, А1. група 01 «Відходи сільськогосподарського виробництва і мисливства» [49] – відходи від виробництва зернових, овочів і продукції садівництва, тваринництва і виробництва, а також відходи від надання послуг в продукції рослинництва і тваринництва.

Закон України «Про відходи» [50] – це рамковий закон для регулювання правових механізмів з відходами, в тому числі відходами сільськогосподарського сектора. Національне законодавство в галузі поводження з відходами також складається з наступних нормативних актів: Закони України «Про охорону навколишнього середовища» [51], «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення» [52], «Про ветеринарну медицину» [53] та ін.

Закон «Про відходи» [50] регулює відносини, пов'язані з виробництвом, збором, сортуванням, транспортуванням, переробкою (утилізацією), вивезенням, утилізацією та захороненням відходів виробництва в Україні; питаннями транзитного проїзду через її територію, а також з переробкою та утилізацією відходів, що імпортуються в Україну в якості вторинної сировини, в тому числі відходів сільського господарства. Закон про відходи виділяє чотири категорії відходів: Клас небезпеки I – надзвичайно небезпечні; Клас небезпеки II – високонебезпечні; Клас небезпеки III – помірно небезпечні; Клас небезпеки IV – незначної небезпеки. Відходи тваринництва відносяться до відходів IV класу небезпеки, які носять тимчасовий характер і ідентифіковані як безпечні.

5.3 Вимоги безпеки праці під час прибирання, видалення, обробки і зберігання гною

Системи видалення і підготовки до використання гною повинні відповідати відомчим нормам технологічного проектування «Системи підготовки та використання гною» [54].

При роботі з мобільними механізмами для прибирання гною необхідно виконувати такі вимоги: прибирання гною у приміщеннях із утриманням свиней великими групами проводять за відсутності тварин; під час прибирання гною бульдозером швидкість руху повинна забезпечувати безпеку людей і тварин; під час руху бульдозера проходом тракторист повинен стежити за тим, щоб на його шляху не було людей і тварин; випускна труба трактора повинна

бути обладнана іскрогасником. Після прибирання гною приміщення необхідно провітрювати до повного видалення вихлопних газів.

Тракторний навантажувач, ковшовий або грейферний, при вивантаженні гною з гноєсховищ у транспортні засоби повинен стояти на рівному спланованому місці.

Під час вивантаження гною із гноєсховища ковшовим або грейферним навантажувачем не допускається утворення козирків у місцях вивантаження.

Не допускається робота трактора з навісним знаряддям на схилах понад 8° (16 %).

Щоб уникнути перекидання тракторного агрегату при вантаженні гною з естакад тракторист має стежити, щоб ніж бульдозера не висувався за край естакади, який повинен бути позначений, обмежений тросом або мотузкою.

Перед початком роботи з вивантаження гною тракторист повинен переконатися, що колеса тракторного навантажувача встановлені на максимальну ширину, опорні лапи опущені і укріплені.

Переїзд тракторним навантажувачем на нове місце дозволяється після звільнення грейфера або ковша від гною.

При переїзді необхідно установити робочі органи і домкрати у транспортне положення. Тракторист повинен стежити, щоб під час роботи навантажувача поблизу нього і під стрілою не знаходилися люди.

Перед виходом із кабіни навантажувача тракторист повинен опустити грейфер або ківш, поставити усі важелі керування в нейтральне положення і виключити вал відбору потужності.

Перед початком роботи навантажувача необхідно дати попереджувальний сигнал.

При роботі зі стаціонарними механізмами для видалення гною необхідно виконувати наступні вимоги. Розміщення машин, механізмів і обладнання повинне відповідати проекту і вимогам ДБН В.2.2-1-95 [55]. Машини й обладнання необхідно забезпечувати засобами і пристроями, що знижують виробничий шум і вібрацію під час експлуатації. Монтаж і

експлуатацію машин, механізмів і обладнання необхідно проводити відповідно до вимог експлуатаційної документації. Пускові кнопки, рукоятки і рубильники повинні бути встановлені так, щоб виключалася можливість їхнього самовільного вмикання, а оператору було зручно та безпечно ними користуватися. Усі передачі, сполучні муфти машин і обладнання повинні бути надійно огорожені. Роботи, пов'язані з технічним обслуговуванням і усуненням несправностей машин і обладнання, повинні проводитися після виключення двигуна і повної зупинки робочих органів. На робочих місцях операторів, що обслуговують машини й обладнання, повинні бути вивішені інструкції з техніки безпеки. У місцях надгнойовим каналом, де тимчасово зняли решітку, необхідно встановити огороження. Приводний редуктор з електродвигуном повинен бути встановлений на бетонній основі. Електропроводку до нього необхідно прокладати в металевій трубі. Корпус електродвигуна і труба повинні бути заземлені. Прямок гноєприймача похилого транспортера необхідно закрити щитом, а приводний агрегат обгородити перилами заввишки не менше 1,2 м. Скребкові, стрічкові транспортери та люки для скидання гною або посліду повинні бути огорожені захисними решітками. Отвір похилого транспортера в холодну пору року повинен закриватися щитом або фартухом із важкої тканини. Жолоби транспортера в проходах і біля воріт необхідно накривати перехідними щитами, що витримують навантаження транспортних засобів на переїзді і працівників із вантажем на переходах. Під час роботи транспортера не дозволяється впускати в приміщення або випускати з нього тварин; Для пуску та зупинки транспортера для видалення гною або дельта-скрепера потрібно в протилежних кінцях приміщення обладнати дистанційне керування з дублюючими кнопками. Включати транспортер у роботу повинен відповідальний за його експлуатацію, попередньо переконавшись у відсутності на ньому або в жолобі сторонніх предметів. Після цього він має подати умовний сигнал про пуск. Горизонтальний транспортер типу ТСН дозволяється включати після пуску похилого транспортера. Узимку перед пуском треба переконатися, що шкребки похилого транспортера не примерзли до кожуха.

Для зменшення примерзання похилий транспортер повинен попрацювати 5 хв. після виключення горизонтального транспортера. Регулювальні і ремонтні роботи, натяг ланцюга, а також змащення поворотних зірочок необхідно виконувати після повної зупинки транспортера і вивішування біля пускових кнопок плакатів: “Не вмикати! Працюють люди”. Не дозволяється натягувати ланцюг шляхом прокручування вала електродвигуна. Під час роботи на грейферних кранах-навантажувачах необхідно керуватися вимогами: Перед початком роботи оператор, що обслуговує електрифікований грейферний кран, зобов'язаний перевірити справність гальмового пристрою та кінцевого вимикача, відсутність пошкоджень і оголених ділянок на електрокабелі, надійність і справність запірною пристрою грейфера. Справність троса грейфера і стан канатів скреперних установок (кількість обірваних дротів на 1 м троса не повинна перевищувати 10%) необхідно перевіряти щорічно із занесенням результатів перевірки в паспорт установки. Електроапаратура, що встановлена на відкритій площадці, повинна бути надійно закрита кожухами і щитками, що захищатимуть її від опадів. Відстань від землі до силового електрокабелю грейферного крана має бути не менше 2 м. Грейферним краном, призначеним для переміщення гною, не дозволяється переміщати інші вантажі. Під час завантаження транспортного засобу водій зобов'язаний вийти з кабіни та очікувати закінчення вантаження за межами робочої зони. Перед початком завантаження транспортного засобу гноем, а також перед зрушуванням із місця водій повинен переконатися, що в робочій зоні немає людей, після чого подати сигнал і почати рух. При експлуатації пневматичної установки для прибирання гною необхідно дотримуватися вимог ДНАОП 0.00-1.13-71 [56]. Під час обслуговування компресорної установки, призначеної для пневматичного прибирання гною, не допускається при компресорі, що працює, кріпити з'єднання, затягувати болти, відкривати люки картера, підтягувати запобіжні клапани, застосовувати бензин і керосин для очищення і промивання деталей компресора, які стикаються із стисненим повітрям. Судини компресора повинні систематично продуватися, щоб у них не накопичувалися масло і вода.

Експлуатація пневматичних установок допускається при наявності на продувальній ємкості і ресивері справних манометрів, запобіжних клапанів і трубопроводів. При видаленні гною із гноєнакопичувачів пневматичною установкою не дозволяється відкривати люк і спускатися в накопичувач. Під час транспортування гною не допускається виконувати будь-які роботи із запірним клапаном накопичувача, усувати несправності, затягувати болтові з'єднання на гноєпроводах. Пробки з гноєпроводу необхідно видаляти шляхом зворотного продування, спочатку знизивши тиск у накопичувачі до атмосферного. Видаляти пробки шляхом підвищення тиску вище робочого, вказаного у паспорті, не допускається. При забиванні магістрального трубопроводу усувати несправності слід після припинення подачі стисненого повітря і зниження тиску до атмосферного. Заповняти накопичувач необхідно до рівня, встановленого проектом або заводом-виробником. Після закінчення видалення гною надлишковий тиск у накопичувачі необхідно знизити до атмосферного.

При гідравлічній системі прибирання гною влаштування і обладнання насосних станцій повинне відповідати вимогам ВБН СГіП-46/33-2.5-5-96, відомчих будівельних норм «Сільськогосподарська каналізація. Зовнішні мережі і споруди» [57]. На двері насосної для перекачування гноївки встановлюється знак «Обережно. Отруйні речовини» згідно з ДСТУ ISO 6309:2007 [58]. У вентиляційних системах насосних станцій слід передбачати резервні витяжні вентилятори, які включаються автоматично при виході з ладу робочих вентиляторів.

В насосних станціях слід контролювати: рівень заповнення приймального резервуара (гноївкозбірника, гноєзбірника); рівень заповнення дренажного приямку; тиск у напірних трубопроводах; тиск у насосному агрегаті під час роботи.

В насосних станціях слід передбачати місцеву аварійно-запобіжну сигналізацію. При відсутності постійного робочого місця необхідно передбачати

передавання сигналу про несправність на диспетчерський пункт або пункт із цілодобовим чергуванням.

Експлуатація насосних агрегатів повинна відповідати вимогам експлуатаційної документації заводу-виробника.

Системи підготовки і використання гною повинні відповідати вимогам ВНТП-СГіП-46-9.94 [59].

При обробці і зберіганні гною необхідно виконувати такі вимоги: Гній видаляють і обробляють у системі, окремій від мереж каналізації господарсько-побутових стоків населеного пункту, а також виробничих і дощових стоків ферми.

Металеві відстійники встановлюють в опалюваних приміщеннях так, щоб був вільний доступ для їх обслуговування і ремонту. У верхній частині відстійника обладнують робочі площадки з огороженням заввишки не менше 1,2 м.

Гноєсховища необхідно обгороджувати на висоту 1,5 м, а укуси зміцнювати проти розмиву. Влаштувати їх потрібно посеційно з метою проведення профілактичних ремонтів і очищення.

Глибокі гноєприймачі, ємкості для збереження рідкого гною, аеротенки, гноєсховища повинні мати запобіжні огороження, перила. Металеві сходи з рифленими ступенями необхідно періодично очищати від бруду, льоду і снігу.

Пневматична установка для видалення рідкого гною повинна мати запірну арматуру для відключення гноєнакопичувача від повітропроводів.

Прийомна лійка гноєнакопичувача повинна мати захисну решітку, що виключає попадання в нього довговолокнустих часток і сторонніх предметів. Експлуатація пневмоустановки без решітки не дозволяється.

Засувки, вентилі, крани, розміщені вище 2 м від рівня підлоги або заглиблені, необхідно обладнати пристроями (важільними або штанговими), що дозволяють відчиняти і закривати їх із робочого місця.

Автоматичне дистанційне керування шибєрними засувками каналів гноєвидалення повинне мати дублюючі засоби автоматичного дистанційного керування з ручним керуванням.

Біля магнітних пускачів повинні бути таблички з написом «Стороннім вмикати транспортер заборонено», а на підлозі біля них мають бути ізолюючі підставки.

При знезаражуванні гною рідким аміаком необхідно дотримуватися вимог НАОП 2.2.00-1.08-82 [60].

5.4 Вимоги безпеки праці при роботі компостувальної машини

Загальні положення

До самостійної роботи на компостувальній машині, допускаються особи, що пройшли вступний і первинний інструктаж на робочому місці з охорони праці та пожежної безпеки, стажування, навчені безпечним методам і прийомам виконання роботи, наданню першої допомоги потерпілим при нещасних випадках на виробництві.

Працівник повинен знати, що найбільш небезпечними і шкідливими виробничими факторами, що діють при виконанні робіт є: рухомі машини і механізми; інвентар, що переміщується; зниження температури повітря робочої зони; підвищена рухливість повітря; гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях інструмента, інвентарю; фізичні перевантаження.

Забороняється користуватися інструментом, пристроями та обладнанням, поводження з якими працівник не навчений і не проінструктований.

Працівник повинен працювати в спеціальному одязі і в разі необхідності використовувати інші засоби індивідуального захисту.

Працівник повинен дотримуватися правил пожежної безпеки, вміти користуватися засобами пожежогасіння, знати їх розташування.

Вимоги безпеки праці перед початком виконанням роботи

При роботі, обслуговуванні та проведенні регулювань вузлів компостувальної машини одягти спецодяг та засоби індивідуального захисту (захисну маску або спеціальні окуляри). Відкидані предмети в процесі обертання робочого органу компостувальної машини можуть зрикошетити і привести до серйозних травм очей.

Перед виконанням робіт необхідно підготувати робочу зону для безпечної роботи: звільнити проходи, проїзди і місця складування компосту від сторонніх предметів; перевірити достатність освітлення проходів і місць складування.

Перед початком роботи працівник зобов'язаний перевірити всі механізми машини: шасі, фрезерний робочий орган, робочі лопаті, кріплення вузлів і агрегатів. При підготовці машини до процесу аерації, звертати увагу на справність коліс, гальмівної системи, рульового управління, робочих лопатей і щитків.

Перш, ніж почати рух з місця зупинки (стоянки) працівник повинен переконатися в тому, що це безпечно для робітників та інших сторонніх осіб, подати попереджувальний сигнал і тільки після цього рушати з місця.

Перед запуском робочого органу від валу відбору потужності трактора переконатися в тому, що важіль керування швидкістю знаходиться у вимкненому (нейтральному) положенні.

Забороняється доручати запуск робочого органу і роботу з компостувальної машини стороннім особам.

Вимоги безпеки праці під час виконання роботи

Під час роботи не можна передавати управління компостувальної машини іншій особі.

Ні в якому разі не можна проводити будь-які, навіть короткочасні, ремонтні роботи на компостувальній машині при включеному робочому органі.

При тривалій зупинці не залишати компостувальну машину у включеному стані без нагляду.

При переїзді через перешкоди, при спуску з гори необхідно обов'язково включати знижену передачу, уникаючи різких поштовхів і кренів компостувальної машини.

Працівникові компостувальної машини категорично забороняється:

- приступати до роботи на несправній компостувальній машині;
- переміщатися по дорозі (майданчику) з поперечним ухилом більше 12°;
- працювати на компостувальній машині в місцях, захищених залізними відрізками, прутками, дошками, дротом та іншими предметами;
- діставати будь-які предмети з робочої частини при працюючому двигуні.

Щоб уникнути травмування не підходити близько до робочого органу компостувальної машини, під час його обертання.

Не допускається працювати на компостувальній машині в темний час доби без освітлення.

Вимоги безпеки праці в аварійних ситуаціях

Про кожний нещасний випадок, очевидцем якого він був, працівник повинен негайно повідомити начальнику адміністративно-господарського відділу, а потерпілому надати першу долікарську допомогу, викликати лікаря або допомогти доставити потерпілого до найближчого медичного закладу. Якщо нещасний випадок стався з самим працівником, він повинен по можливості звернутися в медичний заклад, повідомити про подію начальнику адміністративно-господарського відділу або попросити зробити це будь-кого з оточуючих.

В аварійній обстановці оповістити про небезпеку оточуючих людей, доповісти безпосередньому керівнику – начальнику адміністративно-господарського відділу про те, що трапилося і діяти відповідно до отриманих вказівок.

У разі поломки устаткування працівник повинен відключити обладнання і повідомити про це начальнику адміністративно-господарського відділу.

У разі виявлення пожежі або ознак горіння (задимлення, запах гару, підвищення температури тощо) працівник повинен: припинити роботу; натиснути кнопку пожежної сигналізації та подати сигнал про пожежу; повідомити про подію керівнику підрозділу; негайно викликати пожежну охорону (при цьому необхідно назвати адресу об'єкта, місце виникнення пожежі, а також повідомити своє прізвище, ім'я, по батькові, тел.); вжити заходів щодо евакуації людей; прийняти по можливості заходи щодо гасіння пожежі (використовуючи наявні засоби пожежогасіння) і збереження матеріальних цінностей.

Вимоги безпеки праці після закінчення роботи

Після закінчення робіт вимкнути вал відбору потужності трактора а вже потім вимкнути двигун, витягнути ключ запалювання.

Установку і паливо необхідно зберігати в безпечному місці подалі від джерел займання.

Зняти спецодяг та інші засоби індивідуального захисту і прибрати їх у спеціально відведене місце.

Про всі недоліки виявлених протягом роботи, повідомити начальника адміністративно-господарського відділу.

5.5 Карта безпеки праці по розробленому причіпному аераторі-подрібнювачі

Для розробленого причіпного аератора-подрібнювача складено карту безпеку праці (рисунок 5.1), яка приведена в таблиці 5.1.

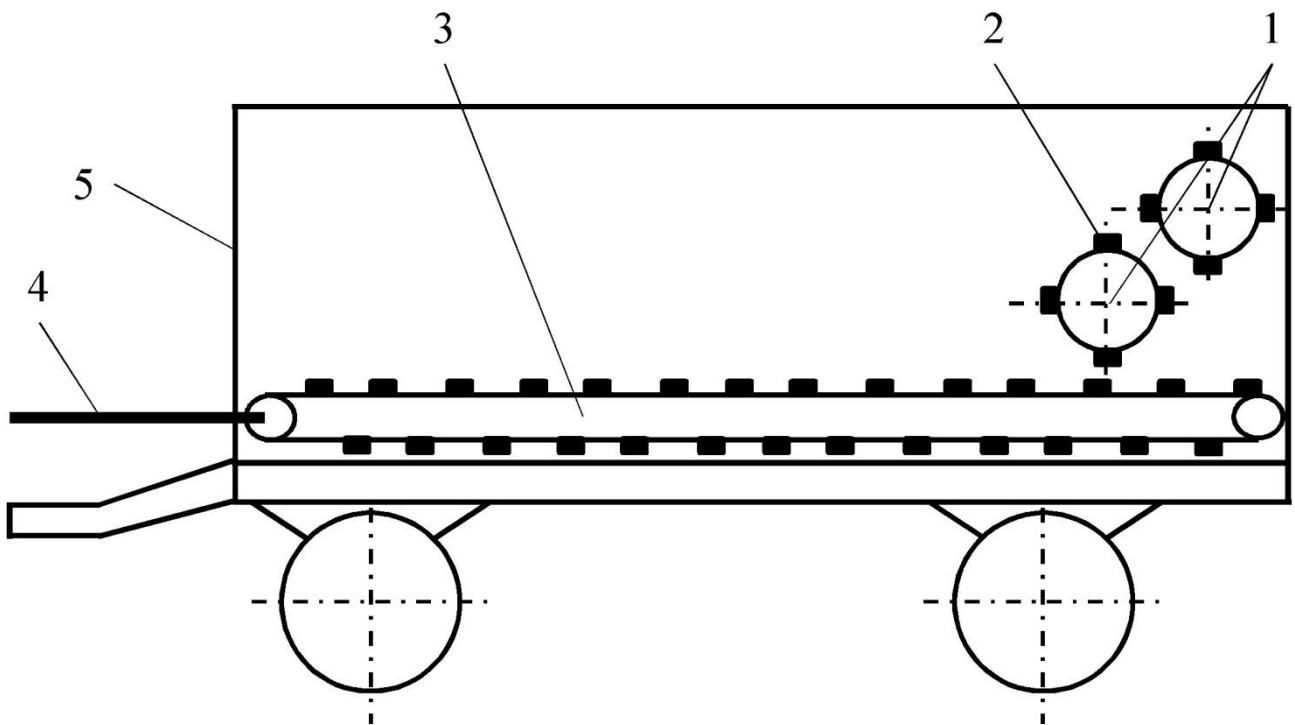





Рисунок 5.1 – Схема причіпного аератора-подрібнювача

Таблиця 5.1 – Карта безпеки праці по розробленому причіпному аераторі-подрібнювачі

№	Найменування вузла	Технічні вимоги безпеки	Методи і засоби контролю	Періодичність
1	Робочий орган	Ступінь зношення підшипників валків	Зовнішній огляд	□
2	Лопаті робочого органу	Якість закріплення гайок і болтів. Наявність тріщин на зварних з'єднаннях.	Зовнішній огляд Випробування	○
3	Транспортерна стрічка	Ступінь зношення підшипників. Цілісність стрічки	Зовнішній огляд Випробування	○
4	Вал відбору потужності	Надійність кріплень.	Зовнішній огляд. Випробування.	○
5	Рама, захисні щітки	Надійність зварної конструкції.	Випробування.	△

№	Найменування вузла	Технічні вимоги безпеки	Методи і засоби контролю	Періодичність
–	–	Під час роботи машини рівень звуку не повинен перевищувати 80 дБА.	Перевіряти шумоміром ВШВ-003	
–	–	Освітлення в зоні дії машини – не менше 60 лк.	Перевіряти люксометром Ю-16.	
–	–	Ремонт компостувальної машини необхідно проводити при вимкненому тракторі.	Зовнішній огляд. Випробування.	

де ○ – щозмінний; □ – щомісячний; △ – сезонний (річний).

5.6 Висновки з розділу

Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці нами складено перелік шкідливих і небезпечних факторів при роботі причіпного аератора-подрібнювача гноє-компостної суміші і вимоги та заходи щодо безпеки праці обслуговуючого персоналу. З метою запобігання травмувань та правильного виконання операцій з ремонту та обслуговування обладнання для аератора-подрібнювача гноє-компостної суміші складено карту безпеки праці.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРИЧІПНОГО АЕРАТОРА-ПОДРІБНЮВАЧА ГНОЄ-КОМПОСТНИХ СУМІШЕЙ

6.1 Вихідні дані

Виробництво компостів з органічної сировини агробіоценозів має вирішувати в першу чергу екологічні виклики сучасних агропідприємств і проблеми відновлення родючості ґрунтів. Проведені виробничі випробування, що розглядались в попередньому розділі, показали ефективність активної аерації в зменшенні термінів ферментації, покращення хімічного складу компостів незалежно від задіяних засобів механізації.

Стратегічна мета господарства – покращення родючості земельних угідь при внесенні органічних добрив з покращеним хімічним складом в порівнянні з технологією без додаткового обробітку, зменшення норм внесення добрив через вищу концентрацію поживних речовин, а також зниження логістичних витрат. Основна агротехнологічна задача – виробництво компосту із підстилкового посліду із лущиння соняшнику, що закуповується на птахофабриці, розташованій за 40-50 км від господарства. Обсяг підстилкового посліду складає 3000 т на рік, що дозволяє через кожні 4 роки повторювати цикл внесення органічних добрив для підтримки родючості угідь. Вихідні дані для розрахунків наведені і таблиці 6.1.

Технологічні карти розроблені на основі технологічних і технічних регламентів одержання компосту. Технічний регламент розглядає механізовані комплекси на базі модернізованого розкидача органічних добрив ПРТ-10 і навантажувача Т-156К, що використовуються в операціях аерації буртів. Перший варіант застосування модернізованого розкидача органічних добрив ПРТ-10, як транспортного засобу з можливістю формування одиничних буртів для подальшого ворущіння, подрібнення, змішування причіпним аератором-змішувачем АЗК-2. У першому випадку модернізований розкидач – це серійна

модель з ПРТ-10 з додатковою розподільною гребінкою для внесення води безпосередньо в бурт.

Таблиця 6.1 – Вихідні данні для розрахунку технологічних карт і економічних показників

Назва компонента	Маса, т	Ціна, грн./т	Всього, грн
Сировина – підстилковий послід	3000	100	300000
Солома	12	500	6000
Вода (м ³)	600	16	9600
Готовий компост	2160		
Показник	Значення		
Термін ферментації, діб	60		
Календарний період ферментації	15.03 – 20.05		
Вартість ПМП (середня), грн/л	25		
Тарифна ставка, грн./год.	50		
Насипна щільність соломи, кг/м ³	50		
Насипна щільність посліду, кг/м ³	420		

Модернізований варіант ПРТ-10 в другому варіанті – навісний пристрій до серійного розкидача ПРТ-10, що змінює стандартну конструкцію і дозволяє формувати бурти суміші з постійною висотою і шириною, відповідно 1,5 і 2,5 м. За таких умов забезпечується ефективна робота аератора-змішувача АЗК-2 по формуванню і аерацією одинарних буртів

6.2 Економічна оцінка впровадження результатів досліджень

Організаційні умови виробництва компостів передбачають одержання товарної продукції для власної потреби на відновлення агроценозів в межах господарства і зовнішньої реалізації за оптовими цінами. Основний показник економічної ефективності – собівартість виробництва тонни компосту, а при реалізації – вартість тонни продукту з врахуванням прибутку підприємства.

У загальному вигляді структура витрат на виробництво компостів включає

$$C_B = K_T + K_C + E_B, \quad (6.1)$$

де C_B – кошторис виробництва компосту;
 K_T, K_C – відповідно капітальні витрати на нову техніку і споруди;
 E_B – експлуатаційні витрати:

$$E_B = E_{\text{мат}} + E_{\text{Л}} + E_{\text{Т}}, \quad (6.2)$$

де $E_{\text{мат}}$ – кошторис на закупівлю сировини і обігові ресурсні матеріали;
 $E_{\text{Л}}$ – кошторис на логістичне забезпечення виробництва;
 $E_{\text{Т}}$ – кошторис на комплекс механізованих робіт.

Питомі показники виробництва, тобто собівартість виробництва тонни компосту визначиться:

$$\Pi = C_B/V, \quad (6.3)$$

де V – річний обсяг одержаної продукції;
 Або

$$\Pi = (K_T + K_C + E_{\text{мат}} + E_{\text{Л}} + E_{\text{Т}})/V, \quad (6.4)$$

Таким чином, собівартість одержання компосту при одному і тому комплексі машин і обладнання суттєво відрізняється за організаційних і господарських умов. Якість одержаного товарного продукту залежить від складу наповнювачів – компонентів суміші, а також формування раціональних умов біоконверсних перетворень.

Зведені результати представлені в таблиці 6.2.

Аналіз одержаних результатів показує, що в першому варіанті механізованого технологічного комплексу, який базується на технічних засобах із наявних в господарстві і мінімальному доопрацюванні розкидача ПРТ-10, питомі затрати на виробництво компосту складають 337,99 грн./т. Для комплексу по другому варіанту, де необхідно витрати кошти на модернізацію розкидача ПРТ-10 і закупівлю причіпного аератора-змішувача АЗК-2 біля 300 тис. грн. питомі затрати на виробництво компосту складають 301,71 грн./т (рисунок 6.1).

Таблиця 6.7– Порівняння економічних показників

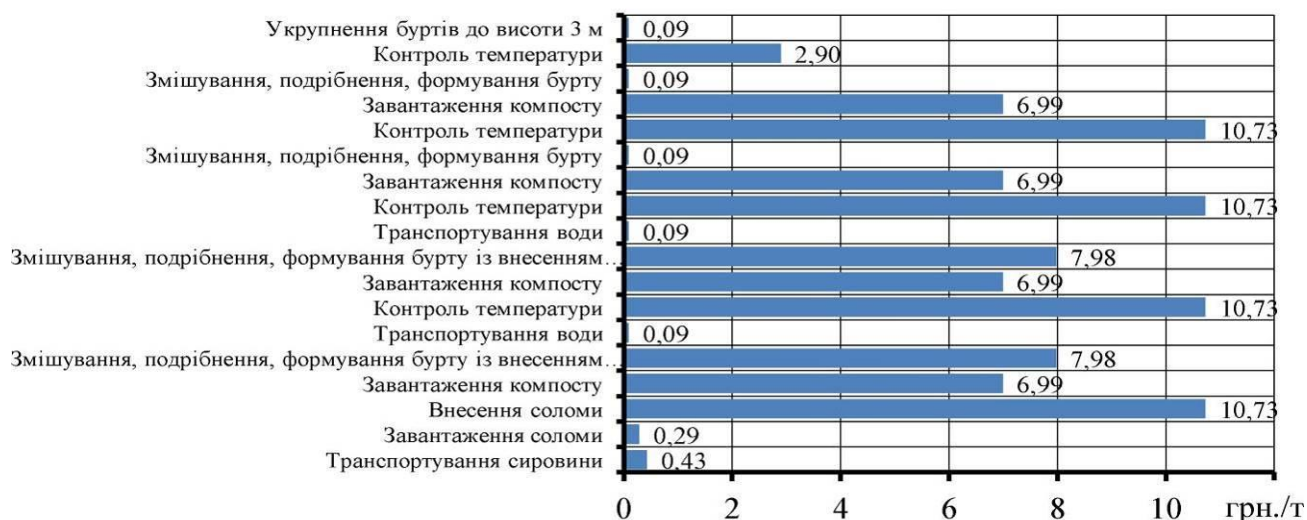
Показник	Модернізований ПРТ-10		Аератор-змішувач АЗК-2	
	Прямі, тис.грн	Питомі, грн./т	Прямі, тис.грн	Питомі, грн./т
Експлуатаційні витрати	196,48	90,96	118,13	54,69
Витрати на транспортування	217,97	100,91	217,97	100,91
Вартість підстилкового посліду, води і соломи	315,60	146,11	315,60	146,11
Всього	730,05	337,99	651,70	301,71

Найбільш значимий економічний ефект спостерігається у витратах палива – майже в 2,5 рази на користь використання причіпного аератора-змішувача. Обмежуючий фактор в реалізації переваг використання аератора-змішувача – відсутність вільних коштів для його закупівлі. При збільшенні обсягів обробки компостних сумішей, кількості необхідних проходів для активної аерації переваги аератора-змішувача ще більше проявляються.

Відносно низька собівартість одержання компосту забезпечується за рахунок зменшення собівартості механізованих робіт через раціональне використання існуючого в господарстві машино-тракторного парку, завантаження техніки в періоди вільні від виконання технологічних операцій в рослинництві, циклічності робіт для машин і обладнання загального призначення, власної сировини – відходів, які не задіяні у процесі виробництва.

Слід відмітити, що умови приготування складних багатокомпонентних сумішей з якісним подрібненням, змішуванням, суцільне укладання компостів в бурти з рівномірною висотою забезпечує зниження теплових втрат в оточуюче середовище. При цьому обсяги реальної обробки гною і посліду менші 2000-2200 т на рік, що можуть бути не рентабельними для експлуатації аератора-змішувача. Економічно доцільно використання технічних засобів, що наявні в господарстві, а саме розкидача органічних добрив ПРТ-10 (рисунок 6.2).

Модернізований ПРТ-10



Аератор-змішувач АЗК-2

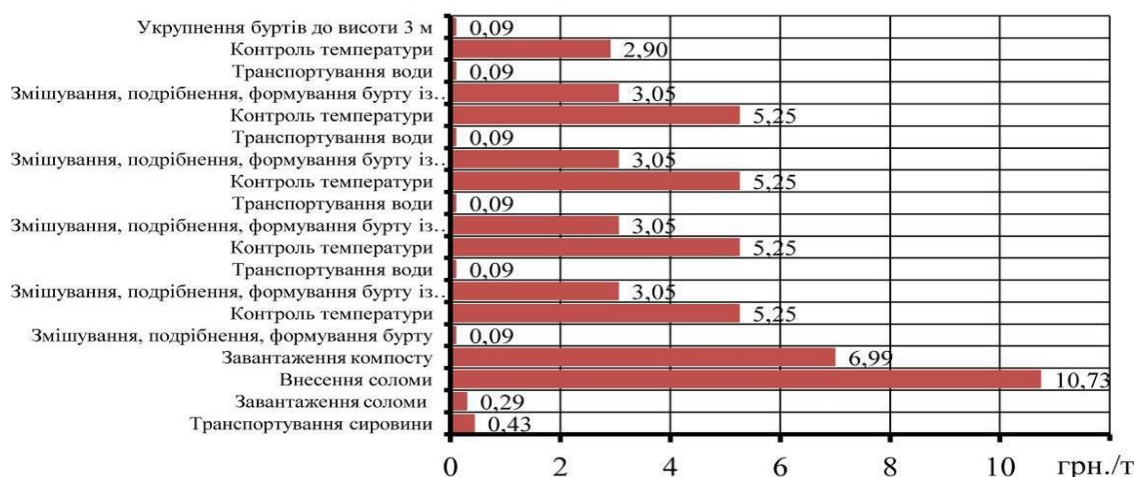


Рисунок 6.1 – Розподіл питомих експлуатаційних витрат виробництва КОМПОСТІВ

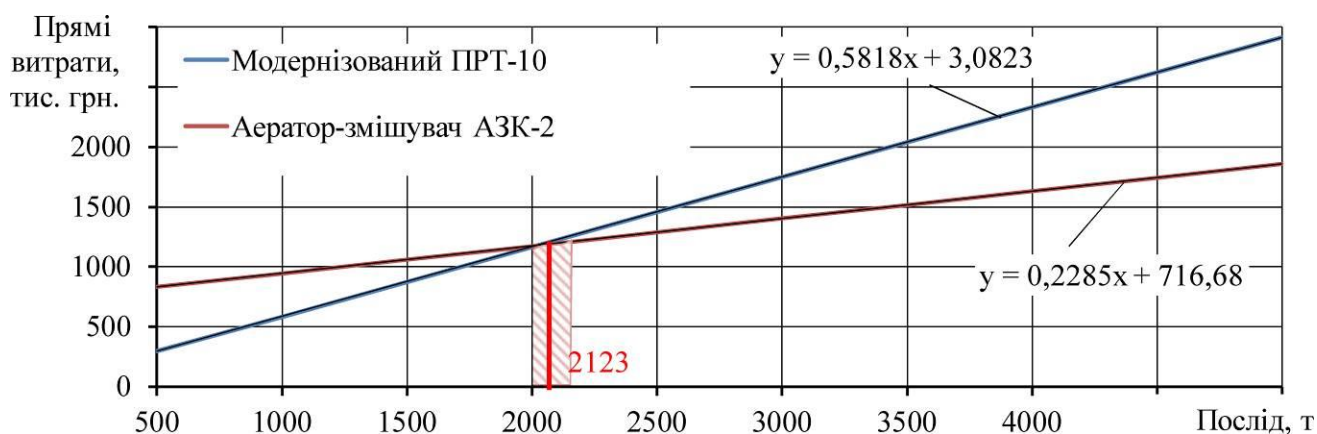


Рисунок 6.2 – Розподіл питомих експлуатаційних витрат виробництва КОМПОСТІВ

6.3 Висновки з розділу

1. У результаті досліджень раціональних рішень щодо комплектації технічними засобами механізованої технології виробництва компостів розроблені два варіанта технологічних карт. Перший варіант оснований на застосуванні причіпного аератора-змішувача АЗК-2, а другий варіант – модернізованого розкидача органічних добрив ПРТ-10 у парі із навантажувачем Т-156К. Найбільша різниця в технологічних показниках зазначених варіантах спостерігається в витратах палива – майже в 2,5 рази на користь використання причіпного аератора-змішувача АЗК-2.

2. Економічна оцінка розроблених технологічних карт показує, що у варіанті механізованого технологічного комплексу, який базується на технічних засобах із наявних в господарстві і мінімальному доопрацюванні розкидача ПРТ-10, питомі затрати на виробництво компосту складають 337,99 грн./т. Для комплексу за іншим варіантом, де необхідні витрати коштів на модернізацію розкидача ПРТ-10 і закупівлю причіпного аератора-змішувача АЗК-2 біля 300 тис. грн., питомі затрати на виробництво компосту складають 301,71 грн./т. Також слід зазначити, що доцільність застосування модернізованого розкидача ПРТ-10 знаходиться в межах 2000-2200 т переробленого гною, а причіпного аератора-змішувача АЗК-2 вище відміченого значення.

ВИСНОВКИ

1. У результаті аналізу літературних джерел, вітчизняних і зарубіжних наукових досліджень встановлено, що зменшення негативного впливу органічної біомаси рослинництва і тваринництва при їх накопиченні на екологічний стан оточуючого середовища можливо досягнути за рахунок виробництва компостів за прискореною технологією ферментації, які незаражені від шкідливої мікрофлори і мають збільшену концентрацію поживних речовин в порівнянні з початковою. Встановлено, що багатостадійна система компостування з механізованими операціями змішування компонентів, перелопачуванням компостних сумішей і одночасною аерацією є найбільш ефективною, оскільки розпад органічної складової компостної суміші і випаровування води за рахунок вивільненої теплової енергії призводить до зміни відносних показників вмісту води (40-70 %), зольних елементів (20-40 %) та органіки (10-40 %) в готовому компості. Це суттєво поліпшує його агротехнічні властивості: підвищується рівень вмісту сухої речовини до 40 % (400 кг на тонну) та питомий вміст біогенних речовин.

2. Розроблена математична модель процесу роботи фрезерно-барабанного робочого органу функціонально встановила зв'язок між параметрами пристрою (кількістю лопатей, коловою швидкістю, площею стружки) та висотою буртів компосту. Одержані залежності по визначенню маси відокремлюваної стружки можуть бути прийняті до уваги і використані при визначенні конструктивних і кінематичних параметрів фрезерно-барабанних робочих органів.

3. У результаті теоретичних досліджень процесу взаємодії лопаті робочого органу аератора із гноє-компостною сумішшю встановлено розрахункову формулу для визначення загальної потужності, що витрачається робочим органом аератора в процесі його роботи. Викладено основні принципи визначення енерговитрат робочих органів гноє-компостувальних машин. Приведено вираз для розрахунку роботи технологічного процесу механічної аерації гноє-компостної суміші фрезо-барабанним робочим органом.

4. У результаті експериментальних досліджень встановлено, що найбільша

швидкість частинок гноє-компостної суміші (посліду і коров'ячого гною) $V_p = 13,1-13,4$ м/с спостерігається для варіанту пристрою із одним лопатевим робочим органом, який встановлено на причіпному розкидачі типу ПРТ-10 при найбільшій частоті його обертання. Відповідно до цього найбільша висота польоту частинок складає $h_p = 6,2-6,5$ м, найбільша дальність польоту частинок $l_p = 18,9-19,8$ м.

5. У результаті експериментальних досліджень, використовуючи дисперсійний аналіз, визначено раціональний конструкційний варіант розробленого пристрою для подрібнення і змішування коров'ячого гною (один лопатевий W-подібний барабанний робочий орган, який встановлено на причіпному розкидачі типу ПРТ-10 і обертається із частотою 460 об/хв), при зазначених параметрах спостерігається найбільша однорідність розподілу компонентів отриманої гноє-компостної суміші $\delta = 0,98$ і показник структурності бурта $\theta = 90,4$ при найменшому середньому значенні споживаної потужності $P = 8,7$ кВт.

6. У свою чергу раціональний конструкційний варіант розробленого універсального пристрою для подрібнення і змішування посліду є наступним: один лопатевий W-подібний барабанний робочий орган, який встановлено на причіпному розкидачі типу ПРТ-10 і обертається із частотою 460 об/хв, при якому спостерігається найбільша однорідність розподілу компонентів отриманої гноє-компостної суміші $\delta = 0,95$ і показник структурності бурта $\theta = 90,1$ при найменшому середньому значенні споживаної потужності $P = 8,4$ кВт.

7. Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці нами складено перелік шкідливих і небезпечних факторів при роботі причіпного аератора-подрібнювача гноє-компостної суміші і вимоги та заходи щодо безпеки праці обслуговуючого персоналу. З метою запобігання травмувань та правильного виконання операцій з ремонту та обслуговування обладнання для аератора-подрібнювача гноє-компостної суміші складено карту безпеки праці.

8. Економічна оцінка розроблених технологічних карт показує, що у варіанті механізованого технологічного комплексу, який базується на технічних засобах із наявних в господарстві і мінімальному доопрацюванні розкидача ПРТ-

10, питомі затрати на виробництво компосту складають 337,99 грн./т. Для комплексу за іншим варіантом, де необхідні витрати коштів на модернізацію розкидача ПРТ-10 і закупівлю причіпного аератора-змішувача АЗК-2 біля 300 тис. грн., питомі затрати на виробництво компосту складають 301,71 грн./т. Також слід зазначити, що доцільність застосування модернізованого розкидача ПРТ-10 знаходиться в межах 2000-2200 т переробленого гною, а причіпного аератора-змішувача АЗК-2 вище відміченого значення.

Список використаної літератури

1. ВНТП-АПК-09.06 Відомчі норми технологічного проектування. Системи видалення, обробки, підготовки та використання гною / Міністерство аграрної політики України. К. 2006. 100 с.
2. Шевченко І. А., Павліченко В. М., Ляшенко О. О. Шляхи використання органічних відходів тваринництва. Збірник наукових праць Інституту механізації тваринництва Національної академії аграрних наук України. Вип. 1(3, 4). Запоріжжя: ІМТ НААН, 2009. С. 3-16.
3. Ляшенко О. О. Екологічні аспекти сільськогосподарського виробництва: стан, новітні технології та устаткування для переробки органічних відходів. Круглий стіл «Низьковуглецеві інновації для вирішення регіональних екологічних проблем». 15.12.2011 р., м. Запоріжжя. Режим доступу <http://www.lcoir-ua.eu/events/events2/prezent/6-Lyashenko.pdf>. Загол. з титульного екрану.
4. Закон України. Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 24, ст.171).
5. Ляшенко О. Біоенергетичний потенціал тваринницьких і птахівницьких відходів в Україні. Електронний журнал енергосервісної компанії «Экологические системы». 2011. № 12. Режим доступу <http://www.esco-ecosys.narod.ru/journal/journal120.htm>. Загол. з титульного екрану.
6. Статистичний щорічник України за 2018р. К.: Техніка, 2019. 520 с.
7. Зінченко О. І. Кормовиробництво. Навчальне видання. 2-е вид., доп. і перероб. К.: Вища освіта, 2005. 448 с.
8. Писаренко П.В., Антоненко А.С., Писаренко В.М., Піщаленко В.М., Піщаленко М.А., Пономаренко С.В. Методичні рекомендації з основ органічного землеробства (досвід ПП Агроекологія). Громадська організація «Центр природного землеробства» м. Полтава. 2013. 62 с.
9. Поняття про бур'яни. Біологічні властивості бур'янів [Електронний

ресурс] Режим доступу: <http://credobooks.com/ponyattya-pro-bur%E2%80%99yani-biologichni-vlastivosti-bur%E2%80%99yanivhttp>.

10. Перитурин Ф.Т. Навоз и другие органические удобрения. М.: Сельхозгиз. 1936. 210 с.

11. Живлення сільськогосподарських культур та умови ефективного використання добрив в агроформуваннях Дніпропетровської області. Рекомендовано вченою радою ДУ Інституту сільського господарства степової зони НААН України (протокол № 5 від 24.01.2013 р.). [Електронний ресурс] Режим доступу: market.institut-zerna.com/.../fertilizer-2013.doc.

12. Гудзь В.П., Лісовал А.П., Андрієнко В.О., Рибак М.Ф. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії. Підручник. За редакцією В.П. Гудзя. Друге видання, перероблене та доповнене. К.: Центр учбової літератури, 2007. 408 с.

13. Городій М.М. Проблеми використання осадів стічних вод для виробництва добрив. Вісник аграрної науки. К., 2013. С. 45-50.

14. Криволапов Максим Владимирович. Совершенствование технологии производства компостов с обоснованием параметров рыхлителя буртов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Мичуринск-научоград РФ, 2011. 181 с.

15. Павлов Павел Иванович. Научно-технические решения проблемы ресурсосбережения при использовании навозопогрузчиков непрерывного действия: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.20.01. М., 2003. 444 с.

16. Петунов Сергей Васильевич. Совершенствование технологии приготовления компоста из отходов животноводства и деревообработки: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Улан-Удэ: РГБ, 2007. 164 с.

17. Куденко Вячеслав Борисович. Повышение эффективности технологии переработки навоза глубокой подстилки с обоснованием основных параметров аэратора: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Мичуринск, 2009. 185 с.

18. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. М.: Гостехиздат, 1954. 243 с.

19. Голуб Г.А. Агропромислове виробництво їстівних грибів. Механіко-технологічні основи. Монографія. Київ, Аграрна наука, 2007. 332 с.

20. Аппель П. Теоретическая механика. Т.1. М.: Физматлит, 1960. 516 с.
21. Юрьев Б. Н. Экспериментальная аэродинамика: ч.1. М.: Оборонгиз, 1939. 300 с.
22. Краснов Н. Ф. Аэродинамика. Ч.1. 3-е изд. М.: Высш. школа, 1980. 495 с.
23. Экспериментальное моделирование в аэродинамике: Лаб. практикум / С. В. Богословский, А. Д. Дорофеев, И. С. Зегжда и др.; СПб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. СПб., 2001. 48 с.
24. Вараксин А. Ю. Турбулентные течения газа с твердыми частицами. М.: Физматлит, 2003. 188 с.
25. Ахмадиев Ф.Г. Моделирование и реализация способов приготовления смесей. – Журнал Всесоюзного хим. общества им. Д.И. Менделеева. Т. XXXIII. № 4. 1988.
26. Иванец В.Н. Энтропийный подход к оценке процесса смешивания сыпучих материалов. Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. №11. 2002.
27. Бакин И.А. Моделирование процесса смешивания энтропийно - информационным методом. Новые технологии в научных исследованиях в образовании. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. ч.1., г. Юрга. 2001.
28. Кафаров В.В. Математическая модель кинетики смешивания бинарных смесей, содержащих твердую фазу. Докл. АН СССР. 1975. Т. 24. № 5. С. 1134–1137.
29. Кафаров В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Процессы измельчения и смешивания сыпучих материалов. М.: Наука, 1985. 440 с.
30. Конструирование и расчет машин химических производств: Учебник для вузов / Ю.И. Гусев, И.Н. Карасев, Э.Э. Кольман-Иванов, Ю.И. Макаров, М.П. Макевнин, Н.И. Рассказов. М.: Машиностроение, 1985. 406 с.
31. Кривцов А. М. Деформация и разрушение твердых тел с

микроструктурой. М.: Физматлит, 2007. 304 с.

32. Pertti Broas. Advantages and problems of CAVE-visualisation for design purposes. – Trans. VTT Symposium “Virtual prototyping”. – Espoo, Finland, February 1 st, 2001. – pp. 73–81. (<http://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2001/S210.pdf>).

33. Bai, C. 1996. “Modelling of spray impingement processes”, Ph.D Thesis, University of London.

34. Bai, C., and Gosman, A.D. 1995. “Development of methodology for spray impingement simulation”, SAE Technical Paper Series 950283.

35. Cundall, P. A., Strack, O. D. L. 1979. “A discrete numerical model for granular assemblies”, Geotechnique, 29, pp. 47-65.

36. Johnson K.L. Contact Mechanics. Cambridge University Press. 1987. 434 p.

37. Walton, O.R. 1993. “Numerical simulation of inelastic, frictional particle-particle interactions”, in Particulate Two-Phase Flow, M.C. Roco, Ed., Butterworth–Heinemann, Stoneham, MA, pp. 884–911.

38. Crowe, C.T., Sommerfeld, M., and Tsuji, Y. 1998. Multiphase Flows with Droplets and Particles. CRC Press, Boca Raton.

39. Komiwes V. Simulation of granular flow in a fluid applied to sedimentation. Granular Matter. 2006. № 8 (1). P. 41-54.

40. Використання Microsoft Exel 97: Пер. з англ. / Брюс Холберг, Шеррі Кінкоф, Біл Рей [та ін.]. К.: М.: СПб.: Видавн. дім “Вільямс”, 1998. 736 с.

41. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. [2-е изд.]. (+CD). СПб.: Питер, 2003. 688 с.

42. Боровиков В. П. STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. Издание 2–е, стереотипное. М.: Инф.–изд. дом “Филинь”, 1998. 608 с.

43. ДСТУ 4397: 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 15 с.

44. ГОСТ 24026-80 Исследовательские испытания. Планирование

експериментів. Термины и определения / Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. М.: 1980.

45. Романюха І.О., Дудін В.Ю. Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств: навч. Посібн. Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2014. 418 с.

46. С.П. Сокол, Б.Г. Харченко. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОКР «Бакалавр» за напрямом підготовки 6.100102 і дипломних робіт ОКР «Магістр» за спеціальністю 8.10010203 «Механізація сільського господарства». Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2015. 44 с.

47. Закон України «Про охорону праці» Документ 2694-ХІІ, чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

48. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» Документ 2245-ІІІ, чинний, поточна редакція — Редакція від 26.04.2014, підстава - 1193-ВІІ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14#Text>

49. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005-96 (Розділи А.1 - А.20). Документ v0089217-96, поточна редакція — Редакція від 01.05.2008, підстава - va018609-08. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96#Text>

50. Закон України «Про відходи». Документ 187/98-ВР, чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр#Text>

51. Закони України «Про охорону навколишнього середовища». Документ 1264-ХІІ, чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>

52. Закони України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення». Документ 4004-ХІІ, чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text>

53. Закони України «Про ветеринарну медицину». Документ 2498-ХІІ,

чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2498-12#Text>.

54. ВНТП-СГіП-46-9.94 «Системи підготовки та використання гною». Наказ від 01.02.2006 р. № 29. АПК-09.06.

55. ДБН В.2.2-1-95. Будівлі і споруди для тваринництва. Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. Держкоммістобудування України. Київ 1995. 68 с.

56. НПАОП 0.00-1.13-71. Правила будови і безпечної експлуатації стаціонарних компресорних установок, повітропроводів і газопроводів.

57. ВБН -СГіП-46-3.94. ВБН-СГіП-46-3.94 (НАПБ 06.014-95) Перелік будівель і приміщень підприємств міністерства сільського господарства та продовольства України з встановленням їх категорії по вибухопожежній небезпеці, а також класів вибухопожежонебезпечних зон по ПУЕ.

58. ДСТУ ISO 6309:2007. Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір. Київ. Держспоживстандарт України. 2008. 12 с.

59. ВНТП -СГіП-46-1.94. Відомчі норми технологічного проектування. Скотарські підприємства. Міністерство аграрної політики України.

60. НПАОП 01.41-1.08-82. Правила безпечного застосування рідкого аміаку в сільському господарстві.

Додатки

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочого органу причіпного аератора-подрібнювача компостних сумішей

Виконав: студент групи МГМЗ-2-18
Махія Олександр Володимирович

Керівник: д-р техн. наук,
професор

Тищенко Сергій Сергійович

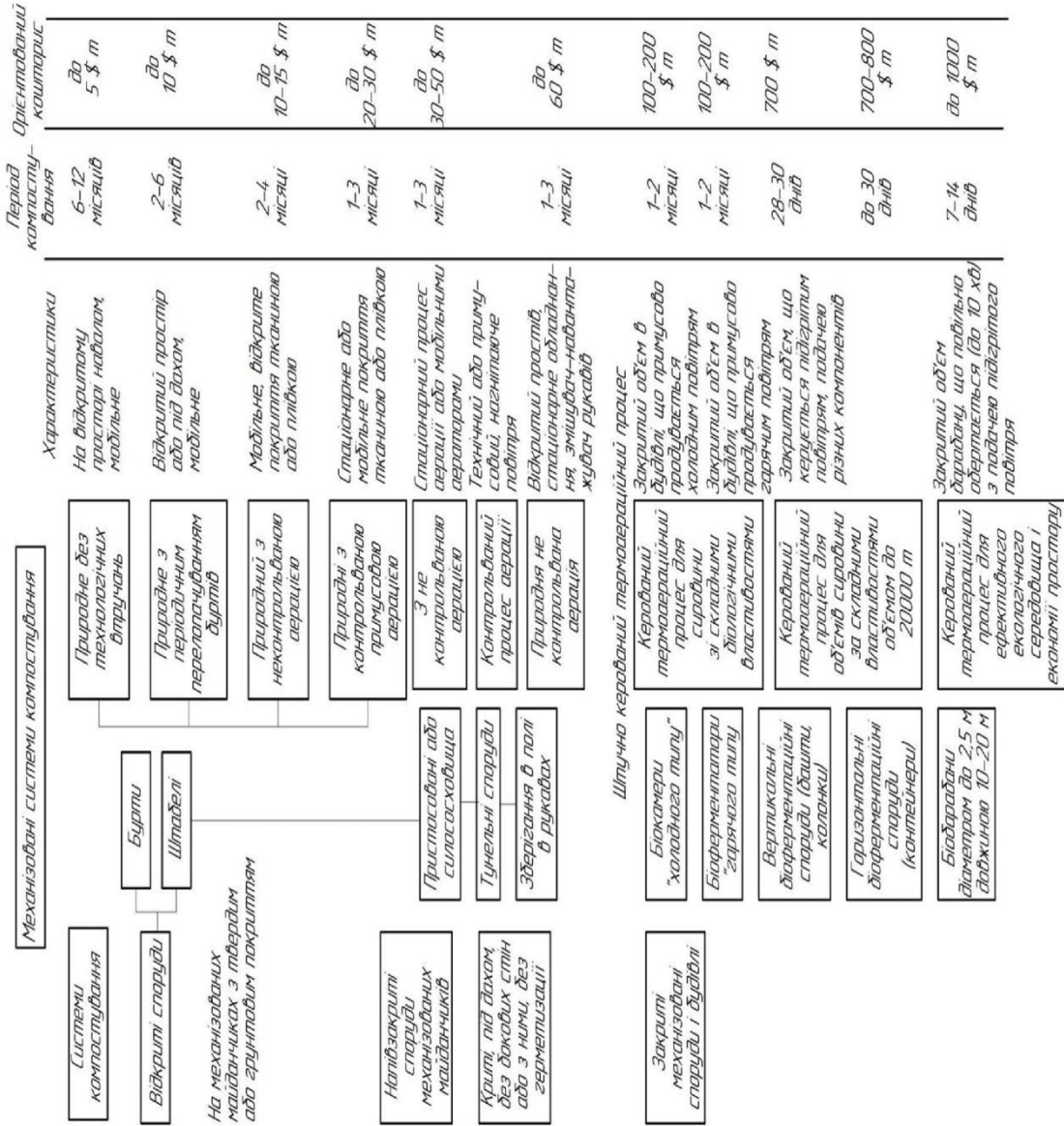
Дніпро, 2020

Метою роботи є підвищення ефективності технологічного процесу приготування гноє-компостних сумішей шляхом обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочого органу причіпного аератора-подрібнювача.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні **завдання:**

1. На основі аналізу процесу формування буртів гноє-компостних сумішей за їх агрегатно-біологічним станом запропонувати конструктивно-технологічну схему причіпного аератора-подрібнювача гноє-компостних сумішей;
2. Теоретично дослідити взаємодію барабанно-лопатевого робочого органу причіпного аератора-подрібнювача для приготування гноє-компостних сумішей з буртом компосту.
3. На підставі експериментальних досліджень встановити раціональні конструктивні та режимні параметри причіпного аератора-подрібнювача гноє-компостних сумішей за якісними та енергетичними показниками роботи.
4. Визначити техніко-економічну ефективність використання причіпного аератора-подрібнювача гноє-компостної суміші.

Техніко-технологічне забезпечення компостування органічної суміші 3



Аналіз способів механізованого виробництва компостів

4

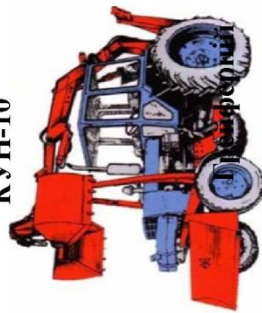
№	Спосіб закладання сировини	Переваги	Недоліки
1	Суцільне укладання сировини на відкритому майданчику	Низький рівень фінансових витрат на організацію одержання продукції.	1. Висока екологічна небезпека. 2. Значні втрати біогенних речовин. 3. Значні терміни ферментації - до 6 – 12 місяців і площі під майданчиками зберігання.
2	В буртах на відкритих майданчиках	1. Простота організації і технічного забезпечення. 2. Скорочення термінів ферментації. Зменшення екологічних ризиків.	1. Значні втрати біогенних речовин. 2. Суттєвий вплив погодних умов.
3	В тунельних відкритих сховищах	Зменшення тепловтрат і термінів ферментації.	1. Додаткові втрати на організаційні заходи. 2. Вплив погодних умов.
4	В буртах розміщених під наметом, дахом	1. Зменшення впливу природних умов. 2. Спрощуються організаційні заходи. 3. Підвищується екологічна безпека.	Додаткові фінансові втрати.
5	В тунельних сховищах розміщених під наметом або приміщенні	1. Підвищується керованість процесами і зменшується термін ферментації. 2. Ефективне тепло, водо і енергозбереження. 3. Використання енергозасобів на електричному приводі.	Додаткові фінансові і організаційні втрати.
6	Ферментаційні камери	1. Зменшення термінів ферментації. 2. Високий рівень контролю. 3. Підвищення ефективності і якості компосту.	Значні фінансові втрати.

Конструкції машин для прискореного компостування органічних відходів 5

КОНСТРУКЦІЯ МАШИН ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ



КУН-10



ПРТ-10



POV-6



Астомаскер РТ-120 (США) причіпний, роторний робочий орган транспортна рама, потужність трактора 60 кВТ



SC3110 Brown Bear (Австралія)

навісний, фрезерні робочі органи, зрушення матеріалу управо, встановлюється бак з рідиною, аерочна форма рами



6 - series, BASKHUS (Німеччина)

самохідний шпексовий, роторний робочий орган, трикутна рама, ширина захоплення 5,8-6,8 м, потужність д.в.с. 336-447 кВТ



ТАСР М3600 (Китай)

самохідний, колісний, фронтальний, шпексо-навісний ротор з транспортною рамкою, пасивні дивани, ширина захоплення 3,6 м, висота бурту до 1,8 м, потужність д.в.с. 180 кВТ

КОНСТРУКЦІЯ АЕРАТОРІВ



Успісес СТ 1010 TX (США) самохідний, селесторно-консервний з боковим вивантаженням, гусеничний з пасивним дільником, потужність д.в.с. 160 кВТ



РРТ 2500, REZZOLATO (Італія)

причіпний, шпексовий робочий орган, транспортна рама, бак з рідиною, вертухальне транспортування робочого органу, потужність д.в.с. до 50 кВТ



с- Rivo 280 D, Сагаварді (Італія)

самохідний, гусеничний, фронтальний, шпексо-навісний ротор, транспортна рама, бак з рідиною, ширина захоплення 2,8 м, потужність д.в.с. 44 кВТ



ТС 231, Шнейд Landmaschinen (Німеччина)

причіпний, колісний, навісний ротор з аерочною рамкою, потужність д.в.с. трактора до 45 кВТ

КОНСТРУКЦІЯ МАШИН НАВАНТАЖУВАЧІВ



ПНД-250



Амкадор 37

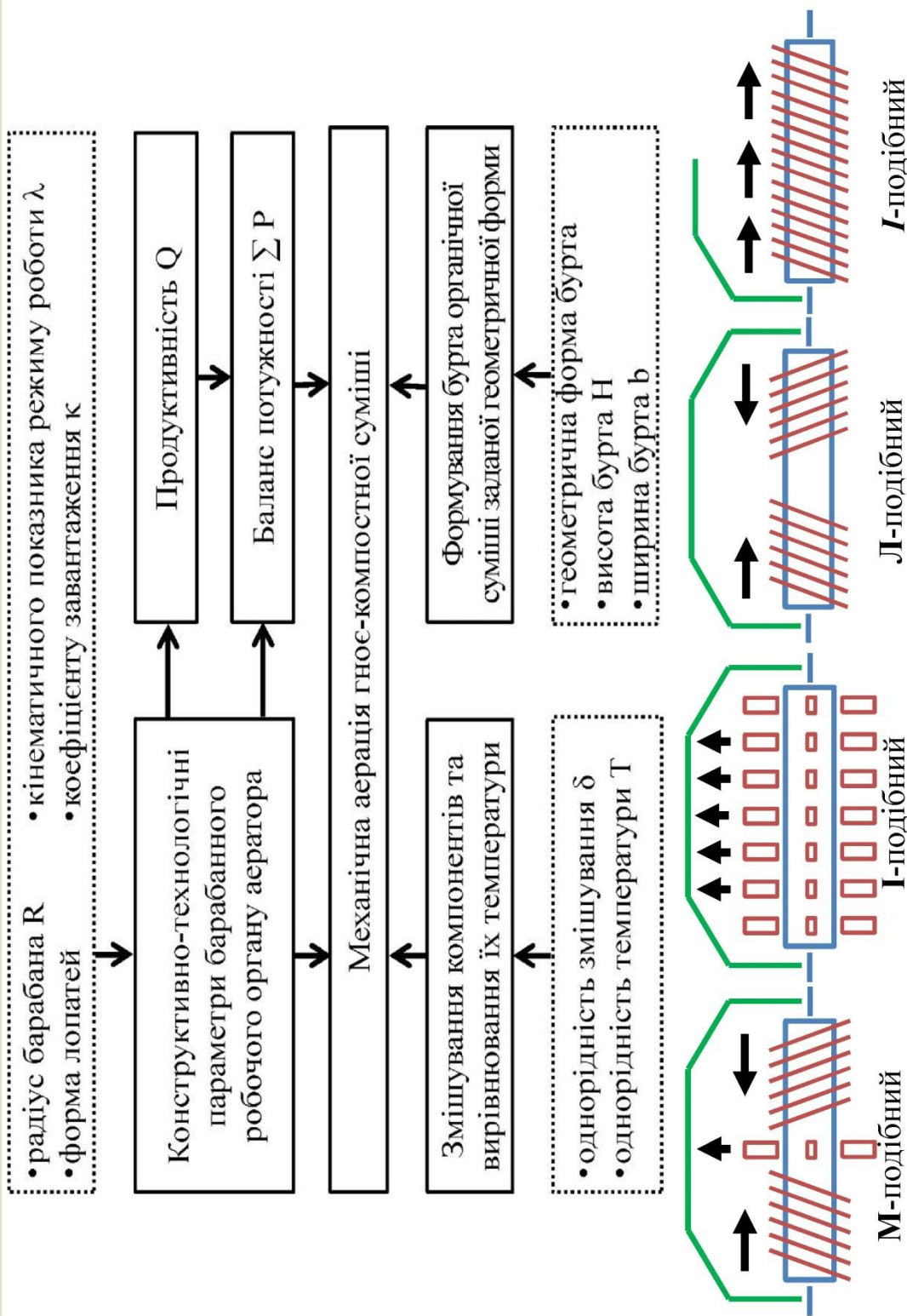


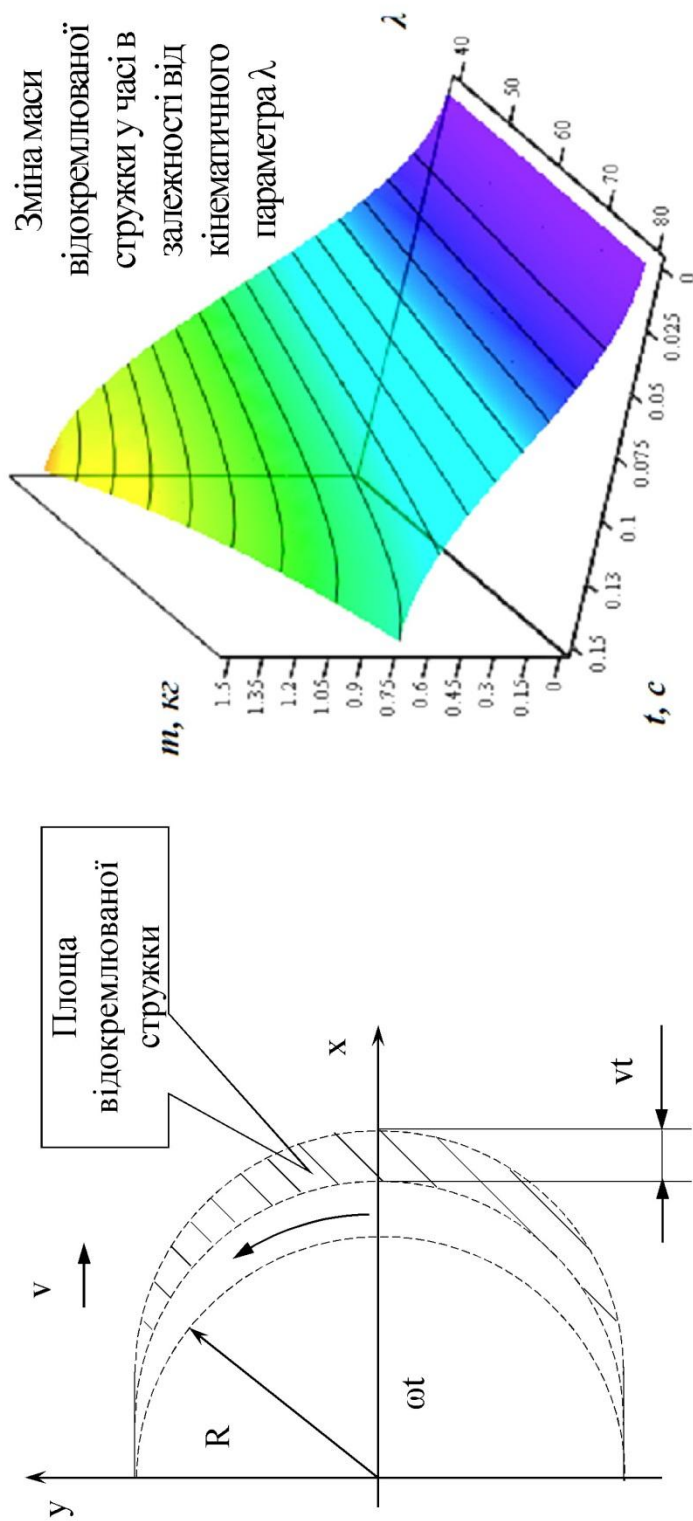
Комргтесн, Х53, Х60



ABONO

Взаємозв'язок техніко-технологічних параметрів механізованого процесу 6 КОМПОСТУВАННЯ





Рівняння для визначення маси відокремлюваної стружки на лопаті

$$m = \frac{2\pi R^2}{n_L \lambda} b_L \gamma (1 - \cos \omega t)$$

де R – радіус кола, який описує різальна кромка лопаті, м; n_L – кількість розпушувальних розташованих лопатей на барабані, шт.; λ – кінематичний показник роботи барабана змішувача аератора; b_L – ширина лопаті робочого органу, м; γ – щільність матеріалу, кг/м³; ω – кутова швидкість розпушувального барабана, с⁻¹; t – час, с.

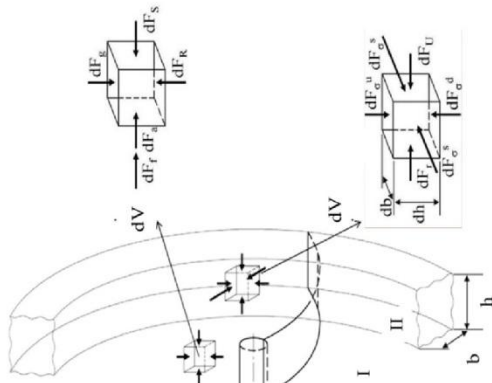


Схема сил, що діють на частки гное-компостної суміші

Сила тертя $dF_f = f \cdot dN$

Нормальна реакція поверхні лопаті $dN = dF_g + dF_k$

Сила Кориоліса $dF_k = 2\omega \dot{r} dm$

Сила тяжіння $dF_g = g \cdot dm$

Зусилля відділення частки компосту

$$F_U = (C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \psi) hb$$

Потужність, що витрачається на переміщення лопаті

$$P_1 = (C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \psi) hb \omega R + m \omega R (\omega^2 r(t) + fg + 2\omega \dot{r}(t) f + g \sin \alpha)$$

Визначення енерговитрат робочих органів гное-компостувальних машин

Робота технологічного процесу механічної аерації гное-компостної суміші фрезобарабанним робочим органом

$$\Sigma A = [(C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \psi) hb + m(\omega^2 \rho(t) + fg + 2\omega \dot{\rho}(t) f + g \sin \alpha)] b(t)$$

де C_0 – коефіцієнт зчеплення гное-компостної суміші, Па; ψ – кут внутрішнього тертя гное-компостної суміші, рад; σ_n – нормальне миттєве напруження опору гное-компостної суміші, Па; h , b – ширина і висота елементарної частки гное-компостної суміші, м; m – маса частки компосту, кг; ω – кутова швидкість обертання лопаті робочого органу, s^{-1} ; $\rho(t)$ – радіус переміщення частки компосту, м; $\dot{\rho}(t)$ – швидкість переміщення частки компосту, м; g – прискорення вільного падіння, m/s^2 ; f – коефіцієнт тертя; α – кут нахилу лопаті.



Розташовування на ГРТ-10



Кут установки лопаті – 90°, 60°



Кут установки лопаті – 60°

Рівні і варіанти факторів експериментальних досліджень

Вид гною (Фактор А)	Вид барабанного робочого органу (Фактор В)	Кількість робочих органів (Фактор С)	Частота обертів n, об/хв (Фактор D)
Коров'ячий гній (щільність $\rho = 680-750 \text{ кг/м}^3$; вологість $W = 42-66 \%$)	Шнеково-лопатевий $D = 350$ мм (V-подібний)	1	180
Послід (щільність $\rho = 360-460 \text{ кг/м}^3$; вологість $W = 32-44 \%$)	Лопатевий $D = 540$ мм (W- подібний)	2	320
			460

Критерії оцінки

Однорідність за вологістю визначається

$$\delta_{wi} = 1 - v_{wi} = 1 - \frac{\sigma_{wi}}{W_i}$$

за коефіцієнтом варіації

$$\text{Пропускна спроможність } Q = V \cdot \rho \cdot h$$

Питома енергоємність процесу

$$E = \frac{Q \cdot \rho}{1000 \cdot P}$$

Показник структурності бурта

$$\theta = 100 \frac{m_{<5.0\text{мм}}}{M}$$

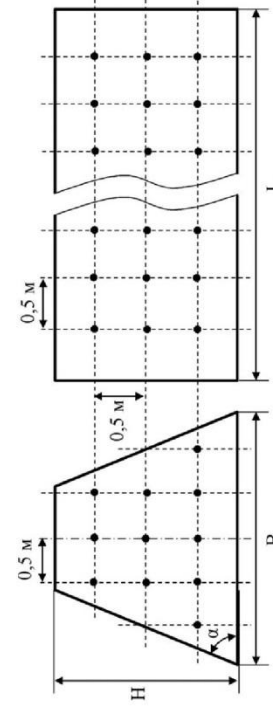
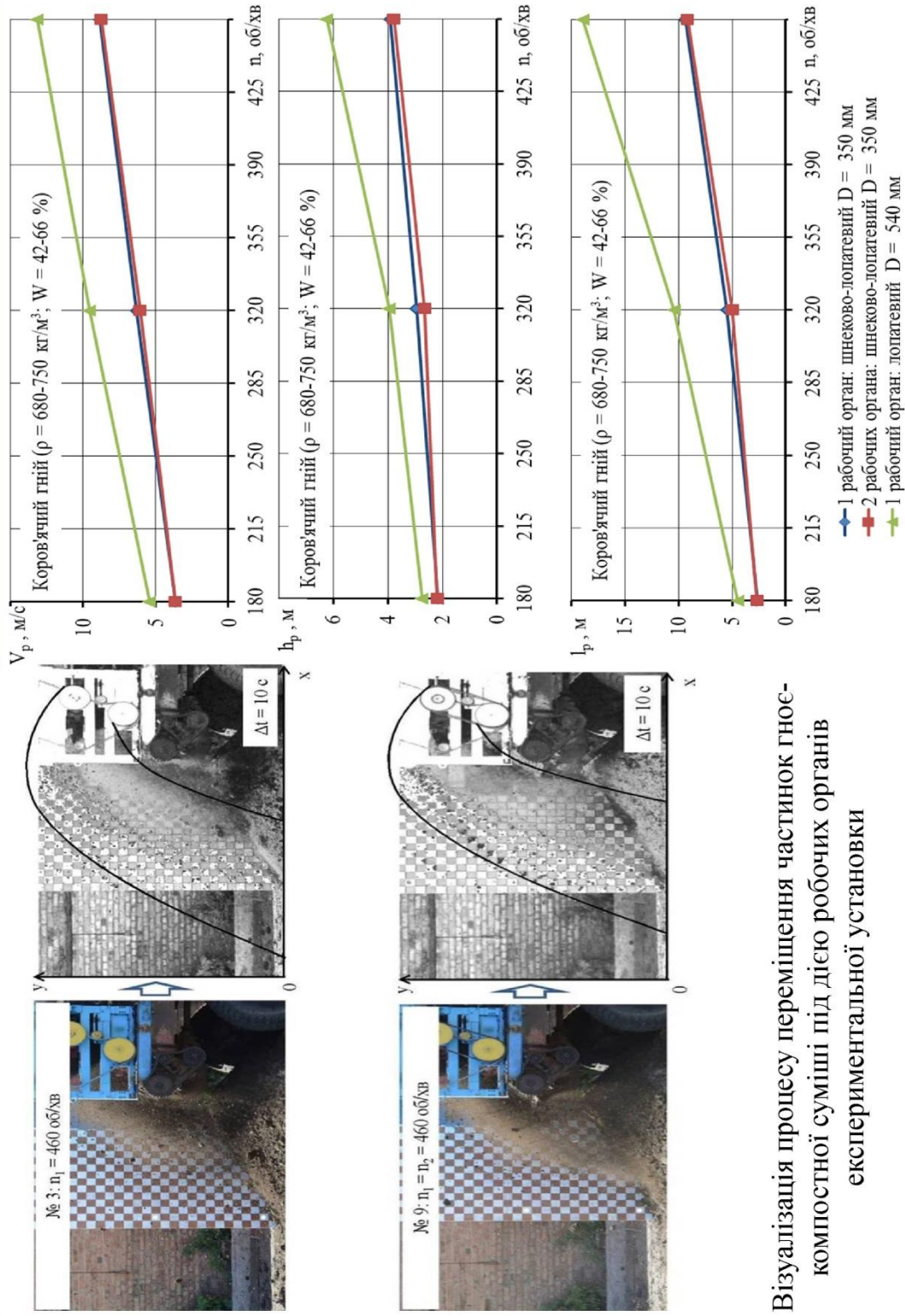


Схема взяття проб гноє-компотної суміші в бурті

Дослідження траєкторії руху частинок компосту під дією робочого органу причіпного аератора-подрібновача

10

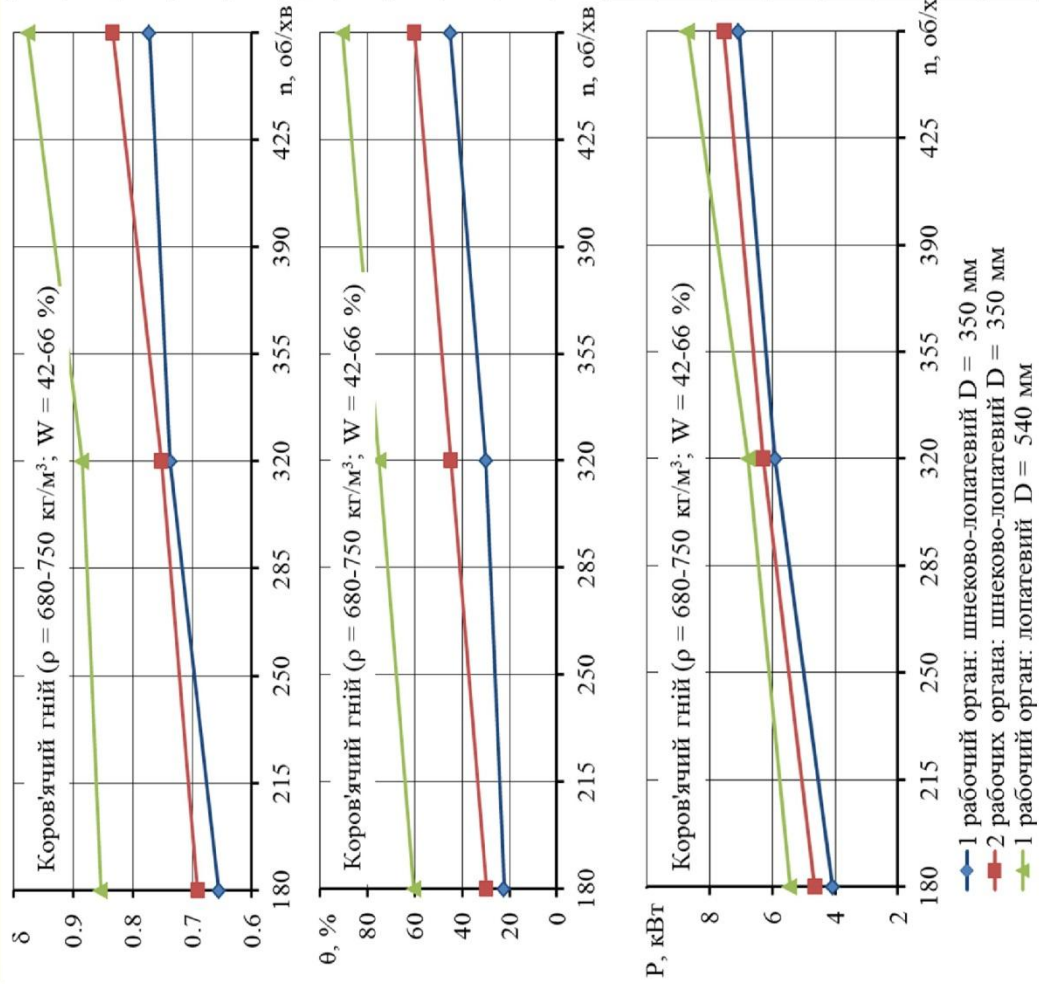


Візуалізація процесу переміщення частинок гноє-
компостної суміші під дією робочих органів
експериментальної установки

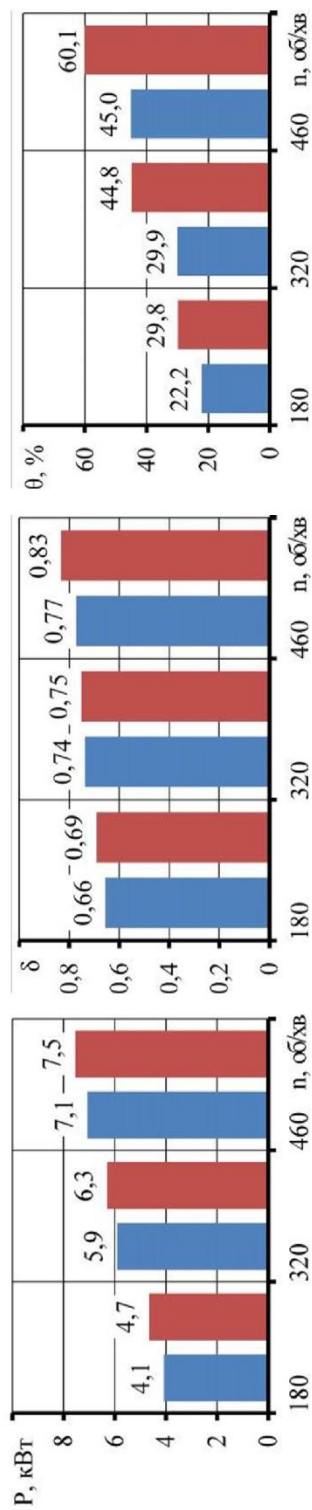
Дослідження траєкторії руху частинок компосту під дією робочого органу причіпного аератора-подрібновача

11

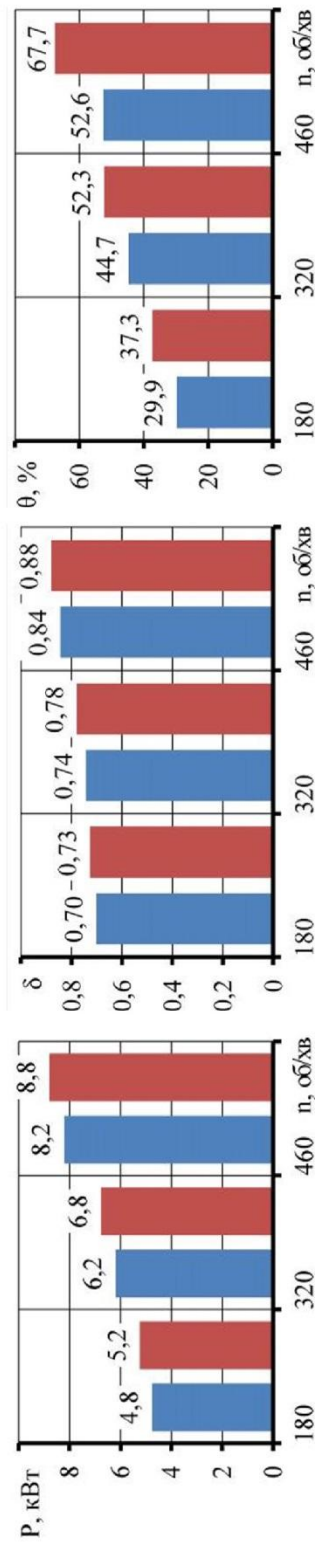
№	δ	θ , %	P, кВт
1	0,66	22,2	4,1
2	0,74	29,9	5,9
3	0,77	45,0	7,1
4	0,69	29,8	4,7
5	0,75	44,8	6,3
6	0,83	60,1	7,5
7	0,85	60,3	5,4
8	0,88	75,0	6,8
9	0,98	90,4	8,7
10	0,68	29,7	4,0
11	0,74	44,7	5,0
12	0,83	52,5	7,0
13	0,74	37,4	4,8
14	0,81	52,6	5,9
15	0,84	67,3	7,2
16	0,79	52,4	5,7
17	0,88	67,7	7,6
18	0,95	82,9	9,4



Порівняння результатів досліджень одного та двох робочих органів 12

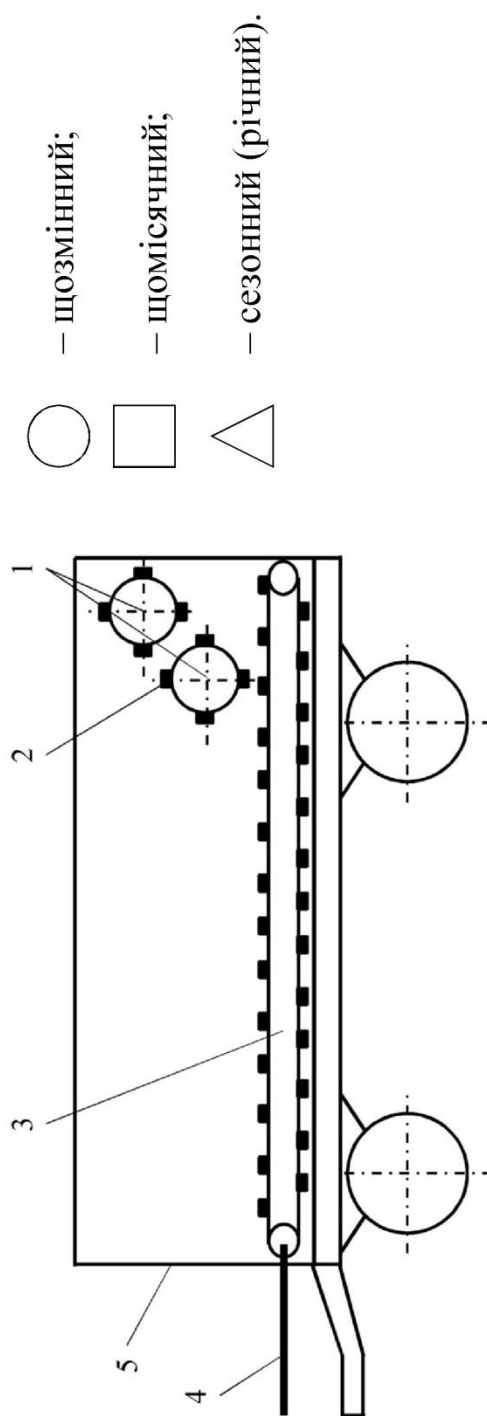


Порівняння результатів досліджень для одного (синій) та двох (чрвоний) робочих органів при розтушуванні їх на ПРТ-10 для коров'ячого гною



Порівняння результатів досліджень для одного (синій) та двох (чрвоний) робочих органів при розтушуванні їх на ПРТ-10 для посліду

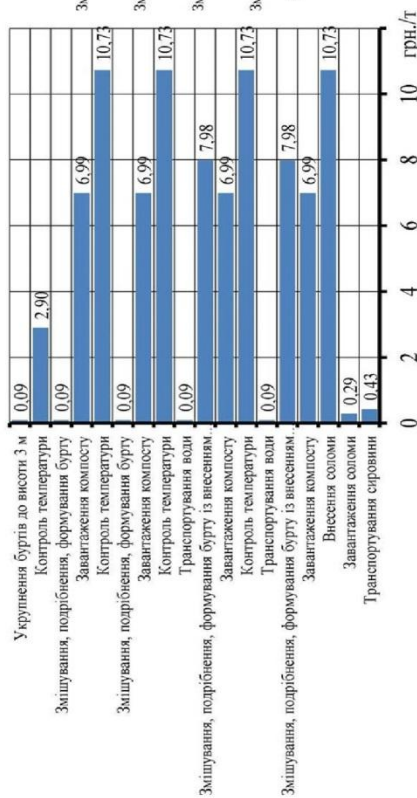
Карта безпеки праці по розробленому причіпному аераторі-подрібнювачі 13



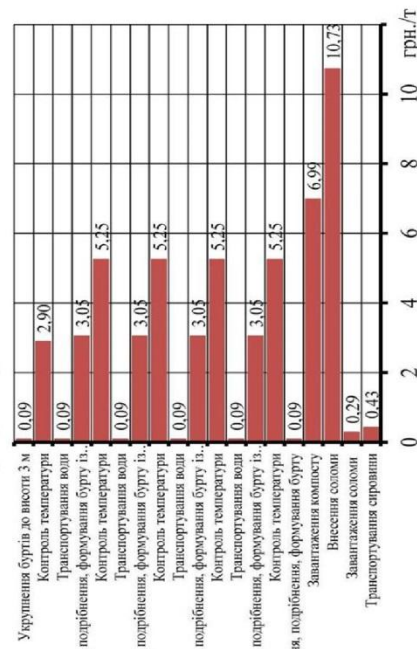
№	Найменування вузла	Технічні вимоги безпеки	Методи і засоби контролю	Періодичність
1	Робочий орган	Ступінь зношення підшипників валків	Зовнішній огляд	□
2	Лопаті робочого органу	Якість закріплення гайок і болтів. Наявність тріщин на зварних з'єднаннях.	Зовнішній огляд Випробування	○
3	Транспортерна стрічка	Ступінь зношення підшипників. Цілісність стрічки	Зовнішній огляд Випробування	○
4	Вал відбору потужності	Надійність кріплення.	Зовнішній огляд. Випробування.	○
5	Рама, захисні щітки	Надійність зварної конструкції.	Випробування.	△
-	-	Під час роботи машини рівень звуку не повинен перевищувати 80 дБА.	Перевіряти шумоміром ВШВ-003	△
-	-	Освітлення в зоні дії машини – не менше 60 лк.	Перевіряти люксметром Ю-16.	△
-	-	Ремонт компостувальної машини необхідно проводити при вимкненому тракторі.	Зовнішній огляд. Випробування.	○

Показник	Модернізований ПРТ-10		Аератор-змішувач АЗК-2	
	Прямі, тис.грн	Питомі, грн./т	Прямі, тис.грн	Питомі, грн./т
Експлуатаційні витрати	196,48	90,96	118,13	54,69
Витрати на транспортування	217,97	100,91	217,97	100,91
Варість підстилкового посліду, води і соломи	315,60	146,11	315,60	146,11
Всього	730,05	337,99	651,70	301,71

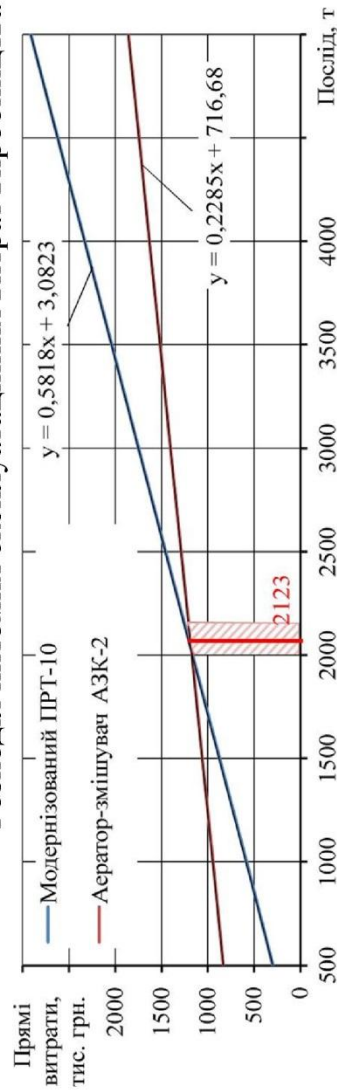
Модернізований ПРТ-10



Аератор-змішувач АЗК-2



Розподіл питомих експлуатаційних витрат виробництва компостів



Розподіл питомих експлуатаційних витрат виробництва компостів

1. У результаті аналізу літературних джерел, вітчизняних і зарубіжних наукових досліджень встановлено, що зменшення негативного впливу органічної біомаси рослинництва і тваринництва при їх накопиченні на екологічний стан оточуючого середовища можливо досягнути за рахунок виробництва компостів за прискореною технологією ферментації, які знезаражені від шкідливої мікрофлори і мають збільшену концентрацію поживних речовин в порівнянні з початковою. Встановлено, що багатостадійна система компостування з механізованими операціями змішування компонентів, перелопачуванням компостних сумішей і одночасною аерацією є найбільш ефективною, оскільки розпад органічної складової компостної суміші і випаровування води за рахунок вивільненої теплової енергії призводить до зміни відносних показників вмісту води (40-70 %), зольних елементів (20-40 %) та органіки (10-40 %) в готовому компості. Це суттєво поліпшує його агротехнічні властивості: підвищується рівень вмісту сухої речовини до 40 % (400 кг на тонну) та питомий вміст біогенних речовин.
2. Розроблена математична модель процесу роботи фрезерно-барабанного робочого органу функціонально встановила зв'язок між параметрами пристрою (кількістю лопатей, коловою швидкістю, площею стружки) та висотою буртів компосту. Одержані залежності по визначенню маси відокремлюваної стружки можуть бути прийняті до уваги і використані при визначенні конструктивних і кінематичних параметрів фрезерно-барабанних робочих органів.
3. У результаті теоретичних досліджень процесу взаємодії лопаті робочого органу аератора із гноє-компостною сумішшю встановлено розрахункову формулу для визначення загальної потужності, що витрачається робочим органом аератора в процесі його роботи. Викладено основні принципи визначення енерговитрат робочих органів гноє-компостувальних машин. Приведено вираз для розрахунку роботи технологічного процесу механічної аерації гноє-компостної суміші фрезерно-барабанним робочим органом.
4. У результаті експериментальних досліджень встановлено, що найбільша швидкість частинок гноє-компостної суміші (посліду і коров'ячого гною) $V_p = 13,1-13,4$ м/с спостерігається для варіанту пристрою із одним лопатевим робочим органом, який встановлено на причіпному розкидачі типу ПРТ-10 при найбільшій частоті його обертання. Відповідно до цього найбільша висота польоту частинок складає $h_p = 6,2-6,5$ м, найбільша дальність польоту частинок $l_p = 18,9-19,8$ м.

5. У результаті експериментальних досліджень, використовуючи дисперсійний аналіз, визначено раціональний конструкційний варіант розробленого пристрою для подібнення і змішування коров'ячого гною (один лопатевий W-подібний барабанний робочий орган, який встановлено на причіпному розкидачі типу ПРТ-10 і обертається із частотою 460 об/хв), при зазначених параметрах спостерігається найбільша однорідність розподілу компонентів отриманої гноє-компостної суміші $\delta = 0,98$ і показник структурності бурта $\theta = 90,4$ при найменшому середньому значенні споживаної потужності $P = 8,7$ кВт.
6. У свою чергу раціональний конструкційний варіант розробленого універсального пристрою для подрібнення і змішування посліду є наступним: один лопатевий W-подібний барабанний робочий орган, який встановлено на причіпному розкидачі типу ПРТ-10 і обертається із частотою 460 об/хв, при якому спостерігається найбільш однорідність розподілу компонентів отриманої гноє-компостної суміші $\delta = 0,95$ і показник структурності бурта $\theta = 90,1$ при найменшому середньому значенні споживаної потужності $P = 8,4$ кВт.
7. Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці нами складено перелік шкідливих і небезпечних факторів при роботі причіпного аератора-подрібнювача гноє-компостної суміші і вимоги та заходи щодо безпеки праці обслуговуючого персоналу. З метою запобігання травмувань та правильного виконання операцій з ремонту та обслуговування обладнання для аератора-подрібнювача гноє-компостної суміші складено карту безпеки праці.
8. Економічна оцінка розроблених технологічних карт показує, що у варіанті механізованого технологічного комплексу, який базується на технічних засобах із наявних в господарстві і мінімальному доопрацюванні розкидача ПРТ-10, питомі затрати на виробництво компосту складають 337,99 грн./т. Для комплексу за іншим варіантом, де необхідні витрати коштів на модернізацію розкидача ПРТ-10 і закупівлю причіпного аератора-змішувача АЗК-2 біля 300 тис. грн., питомі затрати на виробництво компосту складають 301,71 грн./т. Також слід зазначити, що доцільність застосування модернізованого розкидача ПРТ-10 знаходиться в межах 2000-2200 т переробленого гною, а причіпного аератора-змішувача АЗК-2 вище відміченого значення.

Міністерство освіти і науки України
Національна академія аграрних наук України
Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка

МАТЕРІАЛИ

XXI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ „СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ”

присвяченої 90-річчю Харківського
національного технічного університету
сільського господарства ім. П. Василенка
та

120-й річниці з дня народження академіка
Петра Мефодійовича Василенка

17-18 жовтня 2020 року

Харків – 2020

ISSN 2519-4194

Матеріали XXI Міжнародної наукової конференції „Сучасні проблеми землеробської механіки” – Харків: ХНТУСГ, 2020. – 370 с.

Головний редактор	Нанка Олександр Володимирович, академік УНАНЕТ, ректор ХНТУСГ імені Петра Василенка
Заступник головного редактора	Мельник Віктор Іванович, проректор ХНТУСГ імені Петра Василенка, д.т.н., професор
Редактор	Власовець Віталій Михайлович, директор ННІ МСМ, доктор технічних наук, професор

© Харківський національний
технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка

2020 р.

УДК 631.861

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Алієв Е.Б. д.т.н., старш. дослід., Махія О.В., магістрант
(Дніпровський державний аграрно-економічний університет)

Органічні добрива відіграють важливу роль у покращенні родючості ґрунтів та підвищенні врожайності сільськогосподарських культур. Не дивлячись на те, що щорічно в сільському господарстві накопичується значна кількість органічних відходів тваринного й рослинного походження, дефіцит в органічних добривах на сьогодні складає понад 75 %. З цього приводу постає актуальним питання нарощування виробництва органічних та органо-мінеральних добрив, які б відповідали сучасним вимогам землеробства й охорони навколишнього середовища, підтримували такий рівень поживних речовин в ґрунті, що забезпечував би не тільки збалансоване живлення рослин та одержання екологічно чистої продукції, а й підвищував рівень гумусу в ґрунті. Гумус, як найважливіший ресурс агро-екосистем, за своїм значенням займає друге місце після сонячної енергії. Поступове нарощування вмісту гумусу в ґрунтах можливе у тому випадку, коли вироблені органічні добрива будуть мати належні агрохімічні та агротехнічні властивості.

Одним з реальних шляхів збільшення виробництва органічних добрив є створення і впровадження систем компостування гною разом з різноманітними органічними відходами. Компостування, як аеробний процес, відбувається в природі безперервно.

Компостування – інтенсивний біотермічний процес переробки органічних відходів у природних, або в штучно створених керованих умовах з метою одержання високоякісних органічних добрив. Технологія компостування потребує дотримання наступних основних концептуальних положень [1-2]: раціональна підготовка компостних сумішей перед компостуванням; створення оптимальних умов для проходження мікробіологічних процесів в підготовлених сумішах; завершеність процесу з мінімізацією необхідних технологічних і ресурсних витрат; гарантії якості кінцевого продукту – компосту, як органічного добрива; санітарно-гігієнічна і екологічна безпека як самого виробництва, так і одержаного компосту.

Список літератури

1. Ляшенко О. О. Наукові підходи до вдосконалення технології прискороного біотермічного компостування органічних відходів. Матеріали науково-практичної конференції «Тваринництво XXI сторіччя: Новітні технології, досягнення і перспективи». Науково-технічний бюлетень ІТ УААН. Харків. 2006. Вип. 94. С. 213-218.

ЗМІСТ

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ БОКОВИХ СТИНОК НА ЗАВАНТАЖЕННЯ ПОВЕРХНІ ВІБРОРЕШЕТА	5
Півень М.В.	
ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДИСПЕРГАТОРІВ РІДКИХ КОРМІВ	7
Алієв Е.Б., Малегін Р.Д.	
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ	8
Алієв Е.Б., Махиня О.В.	
РОЗВИТОК ВОДНЕВОГО ГОСПОДАРСТВА В УКРАЇНІ ТА СВІТІ	9
Нагорний А.К.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ БРИКЕТУВАННЯ ШНЕКОВИМ МЕХАНІЗМОМ	14
Єременко О.І., Василенков В.С., Руденко Д.Т.	
ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ВИРОЩУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРОШКУ-БАРВНИКА З ПЕРЦЮ ОВОЧЕВОГО	16
Різак М.Ю., Лавренко С.О.	
АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗАСТОСУВАННЯМ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ	18
Аулін В.В., Панков А.О., Гриньків А.В., Лівіцький О.М., Щеглов А.В.	
АНАЛІЗ ВПЛИВУ НА ПРОХІДНІСТЬ АВТОМОБІЛІВ КОНСТРУКТИВНИХ ФАКТОРІВ	20
Запорожченко Я.О., Лебедев А.Т.	
ОБҐРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ МЕТОДИКИ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ НОВОЇ І ЗАМІНЮВАНОЮ ТЕХНІКИ	21
Солонець І.О., Лебедев А.Т.	
ТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОГО ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ	22
Альбота Д.С.	
КОНЦЕПТУАЛЬНІ НАПРЯМКИ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗРОБКИ АДАПТОВАНИХ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН	24
Барановський В.М.	
НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ ТА КОНСТРУКЦІЙ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ	25
Барановський В.М., Теслюк В.В., Онищенко В.Б.	
ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ	26
Барсукова Г.В.	
ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДИНКІВ	27
Барсукова Г.В.	
ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРУВАННЯ АЕРОПОННИХ СИСТЕМ В СФЕРУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ	28
Безручко Н.В., Лавренко С.О.	
ДАТЧИКИ LiDAR У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	30
Білецький В.Р., Бондарчук М.О.	
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ	33
Мікуліна М.О., Богуславська В.С.	