

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів
агромашини для механізації процесу змішування компонентів
компосту»

Виконав:

_____ (підпис)

_____ (Прізвище, ініціали)

Група:

Науковий керівник:

_____ (підпис)

_____ (Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу
Ступінь вищої освіти «Магістр»
Спеціальність **208 Агроінженерія**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
агроінжинірингу

_____ Шуляк М.Л.

“__” _____ 202_ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ (МАГІСТЕРСЬКУ) РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів агромашини для механізації процесу змішування компонентів компосту _____ ,

керівник роботи: Мікуліна Марина Олександрівна, к.е.н., доцент _____ ,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “__” _____ 202_ року
№ _____

2. **Строк подання здобувачем роботи:** “__” _____ 202_ року.

3. **Вихідні дані до роботи:** методичні матеріали, нормативні документи, наукові статті та монографії вітчизняних та зарубіжних дослідників _____ .

4. **Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):

5. **Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:** _____

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Економічна частина			

7. Дата видачі завдання: “ ___ ” _____ 202_ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної (магістерської) роботи
1.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики та написання вступу		
2.	Підготовка розділу «Розділ 1»		
3.	Підготовка розділу «Розділ 2»		
4.	Підготовка розділу «Розділ 3»		
5.	Підготовка розділу «Розділ 4»		
6.	Підготовка розділу «Розділ 5» та написання висновків		
7.	Подання роботи на перевірку унікальності		
8.	Подання роботи до експертної ради факультету		
9.	Подання роботи на рецензування		
10.	Подання до попереднього захисту		

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної (магістерської) роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційного проекту на 58 с машинописного тексту, 19 рис., 3 табл., 20 літературних джерел, __ додаток(ки).

МОБІЛЬНИЙ ЗМІШУВАЧ; КОМПОСТУВАННЯ;
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ; ЛОПАТЕВИЙ ЗМІШУВАЧ; ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ; ПРОДУКТИВНІСТЬ; ОХОРОНА ПРАЦІ; ЕКОНОМІЧНА
ДОЦІЛЬНІСТЬ

Об'єктом дослідження є процес змішування компонентів компосту за допомогою агромашини.

Предметом дослідження є вдосконалення конструктивно-технологічних параметрів мобільного змішувача для ефективного компостування.

В результаті дослідження було вдосконалено конструкцію лопатевого змішувача для підвищення продуктивності. Розроблено технологію змішування рідких і напіврідких добрив з використанням мобільних агрегатів. Також були визначені оптимальні режими роботи та параметри для зменшення енерговитрат і підвищення ефективності процесу.

Наведено: Схема технологічної лінії виробництва компосту мобільним змішувачем; Схема визначення кута від висоти подачі шару соломи змішувальну камеру Н; Схема процесу приготування компосту; Результати експериментального визначення продуктивності змішувального барабана й нерівномірності суміші; Показники економічної ефективності змішувача.

Впровадження розробки дозволяє знизити питомі енергетичні витрати та покращити продуктивність змішування, що призводить до підвищення ефективності агротехнічних процесів і економії ресурсів на тваринницьких фермах.

Розроблені заходи з охорони праці.

Проведено аналіз економічної доцільності.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОЯКІСНИХ КОМПОСТІВ	6
1.1 Технології виробництва компостів	6
1.2 Аналіз технологій приготування компостів	7
1.3 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми мобільного змішувача компонентів компосту	14
1.4 Огляд досліджень процесу змішування компонентів компосту	15
1.5 Висновки	18
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ КОМПОСТА МОБІЛЬНИМ ЗМІШУВАЧЕМ	20
2.1 Модель змішування компосту	20
2.2 Визначення режимних і конструктивних параметрів мобільного змішувача	23
2.3 Висновки	31
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	28
3.1 Методика визначення нерівномірності змішування компонентів компосту	35
3.2 Методика обробки результатів експериментів	37
3.3 Визначення об'ємної продуктивності мобільного змішувача компонентів компосту	39
3.4 Результати визначення нерівномірності змішування компонентів компосту	43
3.5 Висновки	46
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	47
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	50
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55
ДОДАТКИ	58

ВСТУП

Зростаючий інтерес до органічного землеробства та сталого розвитку аграрного сектору вимагає застосування ефективних технологій переробки органічних відходів для отримання компосту, що є екологічно чистим добривом, яке покращує родючість ґрунтів. Використання компосту дозволяє зменшити залежність від хімічних добрив, сприяє відновленню природної рівноваги в ґрунтах, а також знижує негативний вплив сільськогосподарської діяльності на довкілля.

Актуальність теми також зумовлена необхідністю вирішення екологічних проблем, пов'язаних з накопиченням органічних відходів у сільському господарстві та на аграрних підприємствах. Створення ефективної системи їх переробки дозволяє зменшити викиди парникових газів, покращити утилізацію залишків рослинництва і тваринництва, а також підвищити екологічну безпеку регіонів.

Сучасний розвиток агропромислового комплексу в Україні, у тому числі з огляду на необхідність підвищення продуктивності та ефективності сільськогосподарського виробництва, вимагає впровадження інноваційних машин та технологій. Механізація процесів змішування компонентів компосту є одним із ключових елементів цієї системи, оскільки дозволяє оптимізувати технологічний процес, забезпечити рівномірність змішування, підвищити якість готового продукту та зменшити трудомісткість операцій.

Таким чином, обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів агромашини для змішування компонентів компосту є важливим кроком у напрямку розвитку сучасного екологічно орієнтованого сільського господарства в Україні. Використання таких машин сприятиме не лише покращенню ефективності компостування, але й загальному підвищенню стійкості аграрної сфери в умовах глобальних викликів.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОЯКІСНИХ КОМПОСТІВ

1.1 Технології виробництва компостів

Вважається, що застосування органічних добрив має низьку ефективність з багатьох причин. По-перше, якість цих добрив нижча, що призводить до зниження ефективності. Крім того, неналежні технології приготування добрив ще більше погіршують ситуацію. Також часто відсутні спеціалізовані приміщення для зберігання гною, що ще більше погіршує ефективність органічних добрив. Нарешті, відсутність спеціалізованого обладнання для оптимального використання цих добрив є ще одним вагомим фактором, що сприяє їх низькій ефективності.

Додатковий аспект проблеми стосується великої кількості рідких і напіврідких екскрементів у сільськогосподарських умовах, які не можна використовувати як природне добриво без належної обробки. Побічні продукти тваринництва часто накопичуються протягом тривалих періодів часу, що створює неминучу небезпеку забруднення різних елементів екосистеми, таких як підземні та наземні джерела води.

Значними джерелами забруднення як підземних вод, так і гідрографічної мережі територій визначено поверхневий, підземний та дренажний стік із сільськогосподарських угідь. Тваринницькі ферми, комплекси та птахофабрики, навпаки, вважаються найбільш загрозливими джерелами забруднення водних джерел.

Одним із основних недоліків сучасного тваринництва є неврахування необхідного зберігання гною в періоди невегетативного росту. У більшості господарств кількість гною, зібраного протягом сезону вирощування, перевищує ємність сховища приблизно в 1,5-2 рази. Отже, надлишок гною виноситься опадами, переливами з невідповідних сховищ та у вигляді рідких стоків. Крім

того, існуючі гноєсховища зазвичай не відповідають необхідним екологічним стандартам.

Крім того, поширеним явищем є використання низинних складок рельєфу або земляних полів як гноєсховищ. Також важливо відзначити відсутність захисних споруд для утримання та збору стічних і дощових стоків, що містять гній.

Для обробки гною використовуються численні методики з метою збереження життєво важливих поживних речовин, пригнічення проростання насіння бур'янів, дезінфекції, зневоднення та використання його як добрива [1].

1.2 Аналіз технологій приготування компостів

Процес компостування включає біологічне окислення, яке є екзотермічним за своєю природою, з вилученням тепла. Під час цього процесу органічна речовина піддається систематичному руйнуванню за допомогою аеробних засобів, чому сприяють різноманітні мікроорганізми. Щоб цього досягти, процес проводять при певних умовах температури та вологості. Кінцевий продукт, який виходить у результаті цього процесу, який називають компостом, має високу цінність як органічне добриво. Це також допомагає значно покращити фізичну структуру ґрунту.

В даний час для підготовки гною до застосування використовуються різноманітні методики, включаючи анаеробне бродіння з одночасним виробництвом біогазу, аеробне біотермічне бродіння в стаціонарних ферментерах і буртах. Проте майже всі ці методи вимагають значних капіталовкладень, а також використання обладнання з високим вмістом металу та енерговитрат, що ставить під сумнів їх економічну доцільність. Таким чином, єдиним дійсно практичним методом підготовки гною в сучасних умовах є аеробне компостування в буртах. Цей метод дозволяє отримувати чисте добриво, яке не містить мікробів, які можуть викликати проростання насіння бур'янів або ріст личинок гельмінтів, і не

потребує використання пестицидів. Однорідність вихідної маси та ступінь її аерації є двома найбільш критичними факторами, що впливають як на рівні температури в боках, так і на інтенсивність біотермічного процесу під час компостування підстилкового гною.

Враховуючи складний характер сільського господарства та потребу в економічній стійкості, технологічний прогрес у виробництві компосту стає все більш значним. Основними компонентами цієї технології є точна доставка вихідних елементів, таких як гній, солома та мінеральні добрива, на додаток до їх дозованого розподілу, ретельного перемішування та встановлення бажаних розмірів [2].

Компостування гною може бути досягнуто різними методами.

Метод компостування, відомий як метод шарів, передбачає доставку багатих вологою матеріалів, таких як солома або торф, до спеціального місця для компостування за допомогою транспортного засобу. Потім матеріал завантажують у штабелі та розрівнюють на майданчику, утворюючи солом'яну подушку. За допомогою грейферного навантажувача на соломі додається шар гною, утворюючи багат шаровий стос із чергуванням шарів соломи та гною. Стос завершується фінішним шаром соломи і має ширину в основі від 3,5 до 4 метрів, висоту від 1,5 до 2 метрів і може бути будь-якої довжини. Після двомісячного періоду витримки компостну суміш готують і завантажують на транспорт або розкидач для розподілення по полю.

Застосування штабельного методу дає значну перевагу, оскільки дозволяє використовувати серійне обладнання при приготуванні компостів. Крім того, пошарову методологію можна застосовувати в будь-який сезон року, забезпечуючи додаткову гнучкість процесу компостування.

Недоліки, пов'язані з цим конкретним методом, включають відсутність рівномірності в розподілі компонентів, який прямо пропорційний об'єму стопки. Крім того, процес вимагає ручної праці для формування солом'яної подушки, що

може зайняти багато часу та трудомісткості. Крім того, підтримувати постійне співвідношення компонентів протягом усього процесу може бути досить складно.

Процес компостування клітинним способом відрізняється від пошарового. Цей спосіб полягає в розміщенні гною на подушці з вологоємного матеріалу, наприклад, торфу або соломи. Потім гній складають в окремі купи, кожна на відстані одного метра, а щілини між ними заповнюють ще соломою або торфом. Потім гній покривають ще одним шаром вологоємного матеріалу, а нові порції гною поміщають всередину клітин. Цей процес повторюють, поки компостна купа не досягне висоти 2,5 метра. Доведено, що клітинний метод компостування гною забезпечує чудове опалення протягом зимових місяців.

Головним недоліком цього підходу є значна неузгодженість у об'єднанні складових у поєднанні з проблемою збереження їх заздалегідь визначеної пропорції.

Для отримання компосту траншейним способом необхідно обов'язково спорудити суцільну траншею для змішування складових елементів, а також прилеглу платформу для компостування в безпосередній близькості від місця розміщення карантинного гною.

Місце траншеї рівномірно покривають насиченим вологою матеріалом, після чого дозовано додають гній для належного перемішування. Компостований матеріал і гній потім ретельно змішують за допомогою бульдозера, уважно стежачи за вологістю суміші. Якщо необхідно, додають додаткові інгредієнти для досягнення оптимального рівня вологості, який повинен опускатися від 70 до 75 відсотків. За межами цього діапазону здатність компосту до біотермічної дезінфекції може бути знижена. Після приготування суміші її складають у штабель висотою від 2,0 до 2,5 метрів із шириною біля основи від 3,5 до 4,0 метрів. Компост залишають для старіння протягом двох місяців перед використанням як органічне добриво [3].

Використання цієї інноваційної технології дає значну вигоду з точки зору збільшення виробництва натуральних добрив. Однак ця технологія також має певні недоліки, включаючи непомірні витрати на створення ізоляційних сховищ і перешкоду біотермічному процесу, викликану інфільтрацією вологи в траншею.

У сфері органічної хімії методика Майданчикова використовується для створення органо-мінеральних амальгам, які мають задані фізико-хімічні властивості.

Процес, задіяний у цій технології, складається з кількох ключових етапів. Спочатку на місце привозять вологоємний матеріал певних розмірів і пресують у подушку товщиною 0,25-0,30 метра. Далі калійні або вапняні матеріали рівномірно розкидають по поверхні за допомогою розкидачів мінеральних добрив. Потім наноситься і розрівнюється шар гною, при необхідності додається фосфоритне борошно. Потім всю суміш ретельно перемішують за допомогою важкої дискової борони. Нарешті отриману суміш обережно згрібають бульдозером у штабель, утворюючи штабел шириною від 4 до 6 метрів і висотою від 3,0 до 3,5 метрів.

Техніка забезпечує явну перевагу в тому, що вона створює органо-мінеральну комбінацію із заздалегідь визначеними фізико-хімічними властивостями, а також є економічно ефективною. Однак він не позбавлений недоліків, оскільки технічні обмеження методу призводять до нерівномірного розподілу всіх складових, що призводить до відсутності контролю якості.

Виходячи з перерахованих методів компостування, метод на ділянці виділяється як найбільш економічно доцільний варіант, оскільки не потребує значних капіталовкладень.

Рішення про використання певного методу компостування визначається обставинами конкретного регіону. Ці обставини включають спосіб вирощування худоби, близькість полів, які отримують компост, кількість вологостійкої

речовини в місцевості та доступність основного обладнання, такого як розкидачі та транспортні засоби на фермі [4].

Щодо тваринницьких ферм, які виробляють рідкий та напіврідкий гній, рекомендується досліджувати та культивувати перспективні технології перетворення цього гною на органічне добриво преміум-класу. Це має бути досягнуто шляхом створення спеціалізованих технічних апаратів для ефективного впровадження таких методів.

Створення компостів, які є сумішшю органічних і неорганічних матеріалів, є високоефективним методом для сільськогосподарських цілей. Ці компости виробляються шляхом поєднання напіврідкого гною та соломи разом із додаванням мінеральних добрив для отримання оптимальних результатів (див. рис. 1.1).

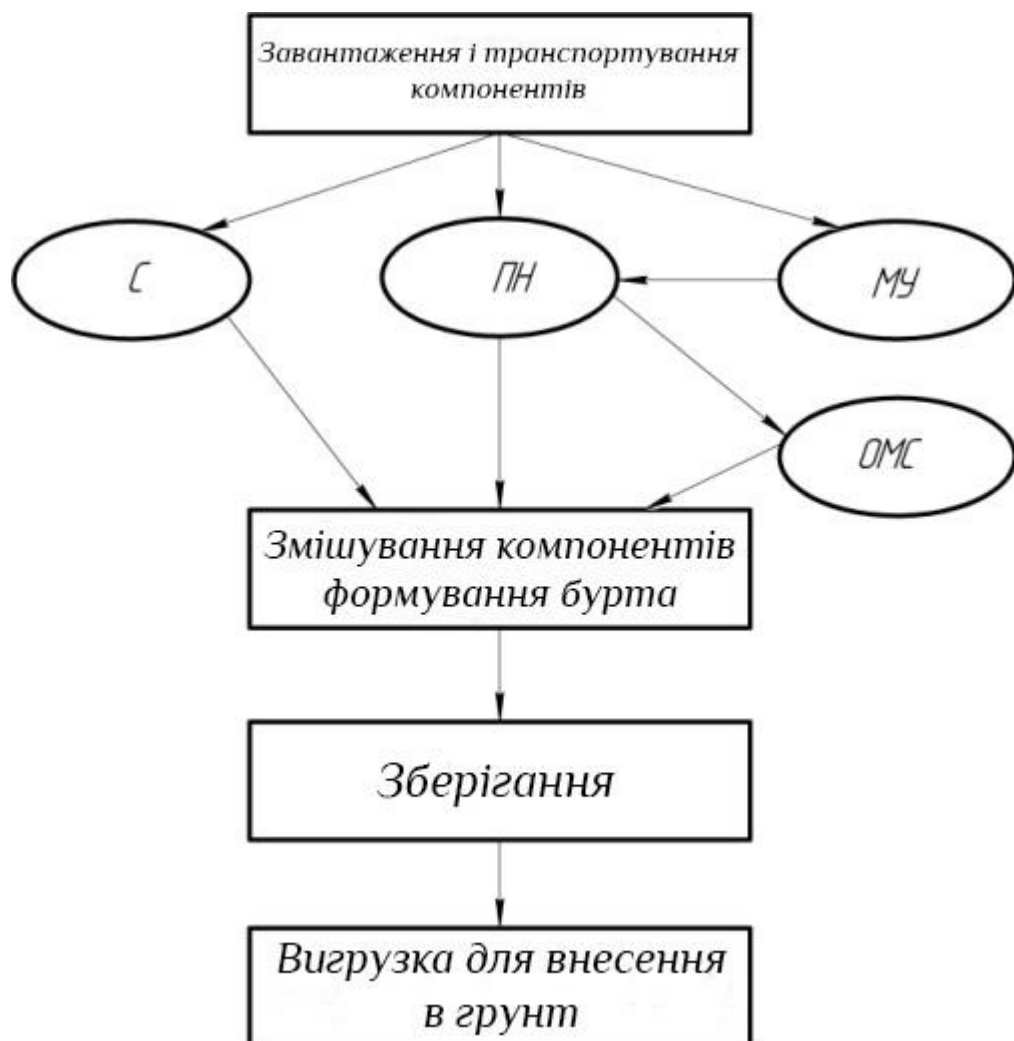


Рисунок 1.1 - Технологічна схема процесу виробництва компостів: С - солома; ПН -напіврідкий гній; МУ -мінеральні добрива; ЗМС -органомінеральна суміш [5]

Завдяки дослідженню технологій виробництва компосту та їх відповідного технічного застосування було встановлено, що поточні методи є неадекватними для досягнення основної мети сприяння використанню органічних матеріалів для максимізації виробництва органічних добрив преміум-класу при мінімізації виробничих витрат.

Запропонований підхід до вирішення проблеми передбачає використання польових технологій у поєднанні зі створенням портативного змішувача компонентів компосту.

Технологічний процес створення компосту складається з кількох етапів. Спочатку напіврідкий гній витягується зі сховищ і завантажується в транспортну технологічну машину (ТТМ). Для підвищення якості гною в ТТМ можна вносити мінеральні добрива в кількості 100-150 кг. Під час транспортування ТТМ до місця компостування напіврідкий гній і мінеральні добрива з'єднують, утворюючи органо - мінеральну суміш (ОМС). Після прибуття на місце компостування мобільний змішувач, який містить компоненти компосту, розташовується паралельно ТТМ і підключається за допомогою гофрованого шланга. Потім солому та ЗМС з ТТМ ретельно відмірюють і вводять у змішувальну камеру мобільного змішувача, де вони змішуються перед тим, як викидати на майданчик лопатами через дефлектор, створюючи таким чином компостну купу.

Так:

Одним із найбільш вдалих технологічних нововведень на сьогоднішній день є розробка систем виробництва компосту, які включають в себе точно дозовану подачу початкових компонентів у камеру змішування.

Вкрай важливо, щоб процес змішування компонентів компосту був безперервним, з наголосом на якості процедури змішування.

Виходячи з економічної доцільності, компоувальнику доцільно об'єднати основні технологічні процеси змішування та формування кромки поблизу солом'яного бурта на майданчику.

На основі аналізу технології виробництва компосту та технічного оснащення в польових умовах можна сформулювати наукову гіпотезу. Можна підвищити однорідність компонентів змішаного компосту в мобільному змішувачі, забезпечивши рівномірний розподіл соломи та напіврідкого гною по всій ширині змішувальної камери в межах науково перевіреної зони змішування.

Пропозиція була висунута як попереднє пояснення для подальшого дослідження: отримання високоякісного компосту за допомогою мобільного змішувача може бути досягнуто шляхом дозованої подачі соломи через нижній конвеєр і напіврідких фекалій через порожнистий вал з лопатями в зону амальгамування, в той час як одночасне формування компостної купи під час її вигнання з камери амальгамування.

Запропонована технологія переробки напіврідкого гною має декілька ключових переваг у її застосуванні. Зокрема, вона забезпечує можливість точного вимірювання та введення компонентів, що забезпечує високоякісний процес змішування та виробництво компосту з ретельно контрольованими фізико-хімічними властивостями. Крім того, ця технологія оптимізує загальний процес, зменшуючи кількість необхідних операцій, пов'язаних зі змішуванням і формуванням бурту. Зрештою, успіх цього процесу залежить від впровадження якісного мобільного змішувача для компонентів компосту, який повинен бути спроектований з урахуванням як конструктивних, так і технологічних параметрів. Це дослідження пропонує необхідний аналіз для забезпечення оптимального функціонування такої машини у виробництві високоякісних органічних добрив на основі напіврідкого гною.

1.3 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми мобільного змішувача компонентів компосту

Запропонований підхід передбачає використання мобільного компостозмішувача для полегшення впровадження польової технології, спрямованої на виробництво компостів із чітко визначеними фізико-хімічними властивостями.

Конструкція мобільного змішувача для компонентів компосту заснована на розкидачі добрив типу ПРТ, як показано на малюнку 1.2. Функціональні компоненти мобільного змішувача розташовані на задньому кінці конструкції ПРТ 10.

У корпусі 1 розміщена змішувальна камера 7, яка містить лопатевий вал 6 і очисний конвеєр 4. На передньому кінці рами розташований фекальний насос 2, який працює від ВВП трактора. Напірний патрубок насоса 8 через клапан 9 з'єднаний з напірним патрубком 11 змішувальної камери. Форсунка, що відповідає за всмоктування, з'єднана з клапаном 10, в якому міститься ємність з напіврідким гноєм. Змішувальна камера 7 виконана у вигляді порожнистого вала 6 з лопатями 5. Регулюючи за допомогою гідроциліндра кут нахилу чесального конвеєра 4, можна регулювати товщину соломи, що подається в змішувальну камеру [6].

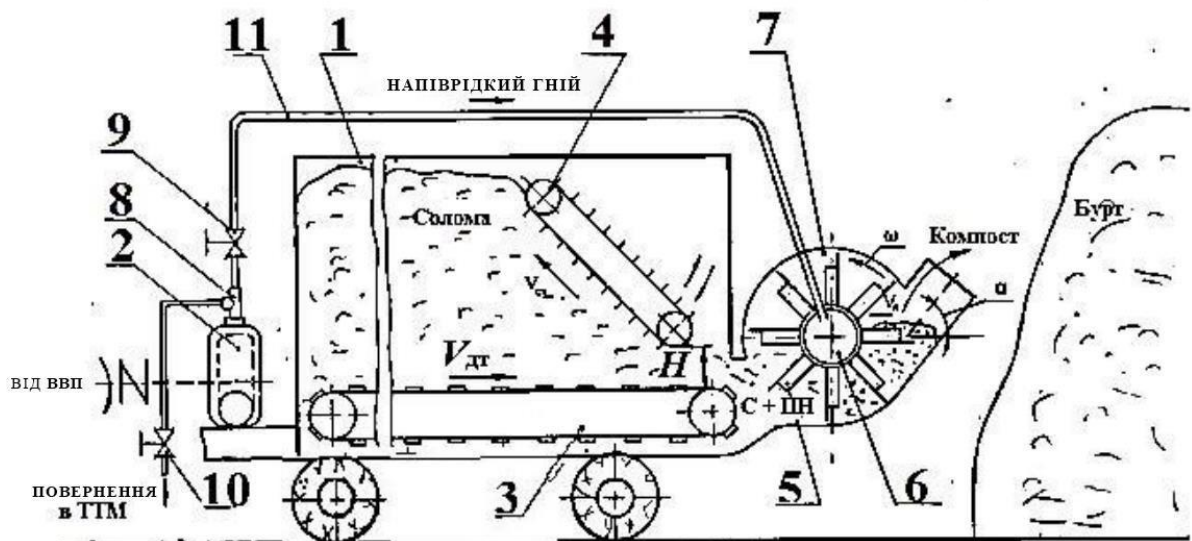


Рисунок 1.2 - Схема роботи мобільного змішувача: 1) кузов ПРТ; 2) насос; 3) донний транспортер; 4) зчісуючий транспортер; 5) порожниста лопатка; 6) порожнистий вал; 7) змішувальна камера; 8) нагнітальний патрубок; 9,10) засувки; 11) нагнітальний трубопровід

Принцип дії апарату полягає в змішуванні відміряного шару соломи, який вноситься нижнім конвеєром 3, з відміряною сумішшю напівтвердих екскрементів і мінеральних добрив, яка вноситься насосом 2. Отримана суміш потім направляєється в сторону за допомогою лопатевого барабана через дефлектор.

1.4 Огляд досліджень процесу змішування компонентів компосту

Існує велика кількість конструкцій змішувачів, і їх можна класифікувати на основі таких характеристик:

Класифікація змішаних матеріалів визначається їхніми фізичними властивостями, зокрема консистенцією. Ці властивості поділяються на три різні категорії: рідини, сипучі та в'язкі матеріали.

Спосіб дії, періодичний або безперервний, залежить від методу реалізації процесу.

З точки зору способу монтажу, розрізняють дві основні категорії: стаціонарні та мобільні установки.

Техніка змішування речовин може бути виконана за допомогою різних підходів, включаючи механічний, пневматичний, гідравлічний або комбінацію цих методів.

Відповідно до встановленої методики обробки вантажів існує три різних способи розвантаження. Це ручне розвантаження, саморозвантаження та механічне розвантаження.

Згідно з методологією, яка використовується для впливу на матеріали, які потрібно об'єднати, було визначено три різні підходи: чисте змішування, змішування з ущільненням і змішування у зваженому стані.

Орієнтацію поздовжньої осі робочого органу можна розділити на три категорії: вертикальну, горизонтальну і нахилену під кутом до горизонту в залежності від його розташування.

Процес змішування частинок характеризується декількома різними режимами. До них відносяться поршнеподібний рух матеріалів, де поздовжній рух частинок відсутній, а також випадки, коли відбувається частковий поздовжній рух частинок. Крім того, змішування може відбуватися через дисперсію введених матеріалів по всьому внутрішньому об'єму системи.

Режим роботи, який характеризується робочою швидкістю понад 30 обертів на хвилину, зазвичай називають високошвидкісним режимом. І навпаки, протилежний режим роботи, який працює на швидкостях нижче цього порогу, відомий просто як режим низької швидкості [7].

Методологію впливу на суміші можна класифікувати за кількома різними категоріями. До них відносяться відцентровий, гравітаційний, вібраційний, гвинтовий, лопатевий, барабанний і комбінований.

В даний час найбільшої популярності набули сільськогосподарські транспортні засоби, які мають фіксований кузов і мобільні компоненти для полегшення примусового зчеплення. До цього класу належать як лопатеві, так і шнекові міксери, а також планетарні міксери, що мають лопаті, що обертаються як навколо вертикальної осі, так і навколо осі вертикального корпусу. Крім того, спіральні протитечійні змішувачі оснащені спіральними сталевими стрічками як робочими компонентами, де одна стрічка подає матеріал праворуч, а інші – ліворуч. Інші змішувачі цієї категорії включають вертикальні змішувачі, які містять змішувальний шнек, який складається з вертикальної циліндричної ємності з конічною основою, і відцентрові змішувачі, які складаються з корпусу,

всередині якого порожнистий конус обертається великою основою вгору, серед іншого. варіації.

Помічено, що вартість вищезгаданих пристроїв перевищує вартість агромашин, які мають обертовий корпус.

Категорія змішувачів, відома як вільні змішувачі, характеризується здатністю змішувати матеріали під час руху. Ця група складається з кількох підтипів, включаючи, але не обмежуючись цим: барабанний змішувач, циліндричний контейнер, що обертається, із центральною віссю; кубічний змішувач, який має вісь, розташовану вздовж двох діаметрально протилежних вершин; двоконічний змішувач, що складається з двох конусів, які зрощені разом і обертаються навколо осі, яка перпендикулярна до осей конусів; і, нарешті, V-подібні та W-подібні змішувачі.

Процес перемішування в цих типах змішувачів відбувається шляхом багаторазового перекидання матеріалу, який в них завантажується.

У сфері таких процесів швидкість, з якою вони відбуваються, є помітно повільною. Це можна пояснити тим фактом, що коли кількість обертів перевищує 50 за хвилину, матеріал піддається дії відцентрових сил, які змушують його штовхатися об стінки. Це, у свою чергу, призупиняє процес.

Переривчасті змішувачі мають обмежену корисність, оскільки їх місткість становить лише 50% об'єму бака, що робить їх нездатними ефективно перекидати матеріал і призводить до зниження якості змішування. Крім того, ці змішувачі не підходять для липких або гігроскопічних матеріалів через їх схильність прилипати до стінок змішувача.

Переваги цих змішувачів помітні в кількох аспектах. По-перше, їх конструкція нескладна, що сприяє зручності використання. Крім того, ці змішувачі демонструють низьке енергоспоживання, що робить їх екологічно чистими та економічно ефективними. Крім того, змішувачі легко очищаються вчасно, забезпечуючи оптимальну функціональність.

Комбінація специфічних властивостей, притаманних гною, становить проблему для змішування з іншими компонентами, що вимагає особливої комбінації елементів конструкції змішувача для ефективного змішування.

З усіх перерахованих конструкцій можна зробити висновок, що лопатевий змішувач є найбільш придатним для отримання компосту з напіврідкого гною.

У процесі змішування частинки компонентів знаходяться в русі і перерозподіляються по суміші. Це має призвести до однорідної суміші, де ймовірність знаходження будь-якого складового компонента однакова в усіх точках суміші. Однак досягнення такого ідеального стану недосяжно через обмеження процесу змішування.

Існують методи, за допомогою яких можна отримати ідеальну суміш, наприклад, ретельне та систематичне розкладання суміші, що складається з різних сфер. Однак важливо зазначити, що ця форма суміші не є добре збалансованою, і при подальшому змішуванні вона дає стохастичний розподіл.

1.5 Висновки

Щоб забезпечити оптимальну роботу змішувачів, необхідно враховувати кілька факторів. Частота обертання валу є критичною змінною, як і коефіцієнт наповнення камери, який відноситься до фактичної ємності змішувача. Конструкція та розташування лопатей змішувача на валу також є ключовими факторами, що визначають його ефективність. Крім того, для досягнення оптимальних результатів необхідно враховувати фізичні та механічні властивості продукту, який змішується.

Утилізація напіврідкого гною на тваринницьких фермах давно є проблемою, але перспективним рішенням було визначено впровадження технології виробництва компостів мобільним змішувачем в польових умовах. Ця методологія виявилася ефективним підходом до вирішення проблеми управління відходами в сільському господарстві.

Щоб забезпечити однорідну та точну суміш компонентів компосту, мобільний змішувач реалізує систему вимірювання та дозування компонентів у змішувальну камеру. Цей процес дозволяє контролювати утворення заданого розміру межі при вивантаженні суміші.

Лопатеві змішувачі вважаються найбільш універсальним з усіх змішувальних пристроїв завдяки їхній здатності змішувати як рідину, так і компоненти, що поглинають вологу. Зокрема, ці змішувачі вміло змішують напіврідкий гній і соломку, а також інші подібні матеріали.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ КОМПОСТА МОБІЛЬНИМ ЗМІШУВАЧЕМ

2.1 Модель змішування компосту

У сфері виробництва компосту основним фактором, що визначає якість продукту, є рівномірний розподіл його компонентів у визначеному об'ємі. Такої однорідності можна досягти за допомогою точного вимірювання кожного компонента, подальшого змішування та формування купи. Вивчення методів моделювання для різних систем показало, що функціональне моделювання є найефективнішим рішенням цього завдання. Функціональне моделювання передбачає поділ об'єкта на окремі функціональні блоки, кожен з яких виконує певне перетворення за обраним критерієм оптимізації. Розрахунок форми сигналу та основних параметрів виконується в кожній функціональній точці схеми, як показано на малюнку 2.1.

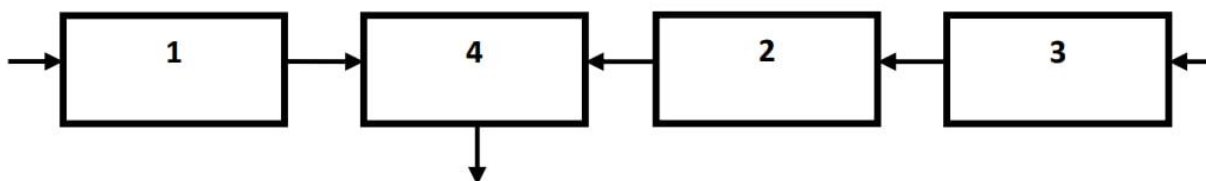


Рисунок 2.1 - Функціональна схема мобільного змішувача компонентів компосту: 1) ємність-дозатор соломи, 2) ємність-дозатор напіврідкого гною, 3) ємність-дозатор мінеральних добрив, 4) змішувальна камера [8]

Функціональне моделювання ґрунтується на кількох ключових припущеннях, серед яких:

На автономність властивостей, що демонструються окремими блоками, не впливає робочий стан інших блоків.

По передача відбувається в одному напрямку, рухаючись виключно від входу до входу кожного окремого елемента.

Незважаючи на те, що використовується безліч функціональних компонентів, їх можна зрештою розділити на чотири основні категорії: контейнер

для дозування соломи, контейнер для дозування напіврідкого гною, контейнер для дозування мінеральних добрив і камера змішування для змішування компонентів компосту. Ці чотири типи визначають робочу структуру розглянутої машини, як показано на малюнках 2.2 і 2.3 [9].

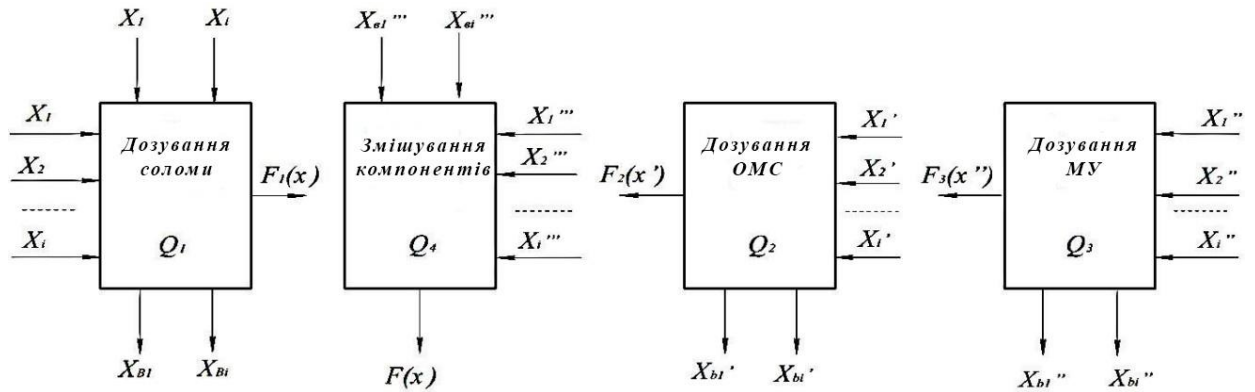


Рисунок 2.2 - Модель функціонування мобільного змішувача компонентів компосту

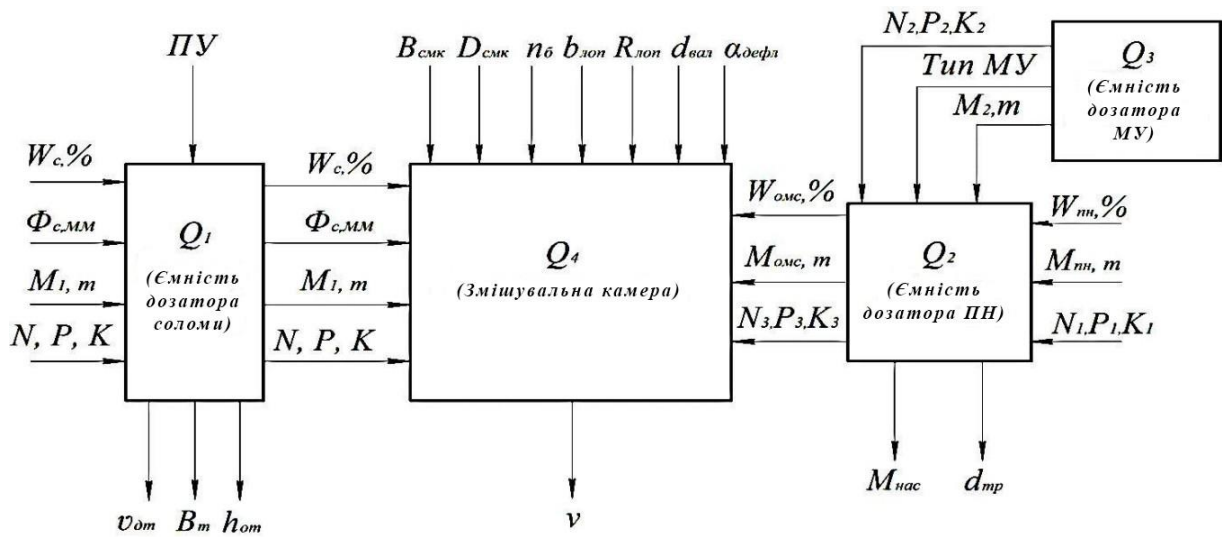


Рисунок 2.3 - Операційна модель функціонування мобільного змішувача компонентів компосту

Вхідні параметри ($X_1; X_i'$), а також зовнішні ($X_1; X_i'$) і внутрішні параметри ($X_{b1}, X_{b2}, X_{b1}', X_{b2}'$) мають помітний вплив на всі елементи системи.

Параметри, які використовуються як вхідні дані для цих елементів, включають масу соломи (M_1), вміст вологи (W_c), присутність азоту (N), фосфору (P), калію (K) і частки соломи (Φ_c).

Екзогенними факторами, які впливають на фотоелектричну (PV) систему, є насамперед атмосферні умови.

Початкова складова моделі характеризується набором внутрішніх параметрів. Ці параметри складаються зі швидкості нижнього конвеєра (V_{dt}), ширини конвеєра (B_t) і, нарешті, вертикальне вимірювання діафрагми (гаряче).

Другий компонент моделі охоплює кілька вхідних параметрів, а саме рівень вологості напіврідкого гною ($W_{пн}$), масу напіврідкого гною ($M_{пн}$), а також наявність основних макроелементів, таких як азот (N), фосфор (P) і калію (K).

Параметри, які існують поза системою, називаються зовнішніми параметрами. У випадку мінеральних добрив ці параметри кількісно визначаються масою добрива (M_2) і вмістом у добриві азоту (N_1), фосфору (P_1) і калію (K).

Внутрішні компоненти моделі характеризуються різними параметрами, такими як потужність насоса ($M_{нас}$) і діаметр трубопроводу (d_{tr}). Третій елемент моделі виділяється своїми внутрішніми параметрами, які складаються з маси мінеральних добрив (M_2), виду мінеральних добрив і наявності азоту (N_2), фосфору (P_2) і калію (K_2).

Четвертий елемент моделі охоплює складний набір вхідних параметрів. До них відносяться рівень вологи в соломі (W_c), наявність і концентрація основних поживних речовин, таких як азот (N), фосфор (P) і калій (K), частка соломи (Φ_c) і її загальна маса (M_1), а також вологість органо-мінеральної суміші (ВОМС), масу СМС (МОМС), вміст азоту (N_3), фосфору (P_3) і калію (K_3). У сукупності ці параметри є критично важливими для визначення результату моделі та її застосовності до конкретних сценаріїв.

Четвертий елемент характеризується набором внутрішніх параметрів, які охоплюють ширину (B_{cmk}) і діаметр (D_{cmk}) змішувальної камери, частоту обертання (nb) вала барабана камери, розміри лопаті барабана. ($blor$) і його радіус (R_l), діаметр порожнистого валу (d_{val}) і кут нахилу (α_{def}) дефлектора.

Для характеристики кожного елемента системи можна використовувати продуктивність. Ці показники визначають ефективність системи. Якщо вибрано схему пересувного змішувача для компонентів компосту, рівняння балансу для схеми буде таким [10]:

$$Q = Q_4 \leq Q_1 \leq Q_2 \leq Q_3 . \quad (2.1)$$

Серед різноманітних критеріїв оптимізації, які використовуються при створенні та концепції нових машин і механізмів, узагальнений критерій оптимізації виявляється найбільш придатним для запропонованої конструкції. Цей критерій передбачає створення цільової функції, яка скомпільована шляхом об'єднання нормативних параметрів, з урахуванням або без розгляду будь-яких обмежень, які вони можуть мати.

При розробці поточної машини основним критерієм оптимізації є продуктивність мобільного змішувача, який забезпечує оптимальну якість змішування компонентів компосту. Ця якість визначається ступенем нерівномірності розподілу компонентів по всьому об'єму суміші, яка не повинна перевищувати 25%.

У світлі вищезазначених міркувань ми представляємо комплексну модель, що описує механіку мобільного змішувача компонентів компосту. Ця модель полегшує точне визначення необхідних технологічних показників машини, включаючи як зовнішні, так і внутрішні характеристики даної системи (як показано на малюнках 2.2 і 2.3).

2.2 Визначення режимних і конструктивних параметрів мобільного змішувача

Важливою передумовою для виробництва органічних добрив преміум-класу є досягнення певного ступеня неоднорідності в обсязі змішування. Зокрема, неоднорідність матеріалу в усіх частинах суміші не повинна перевищувати 25%. Встановлення необхідного рівня однорідності при змішуванні має важливе

значення для отримання органічних добрив із бажаними фізико-хімічними характеристиками, які в кінцевому підсумку сприяють підвищенню родючості ґрунту та підвищенню врожаю.

Щоб отримати конкретне значення коефіцієнта нерівномірності змішування, необхідно встановити кореляцію між процесом компостування та вихідними властивостями матеріалу, а також пов'язаними з ними умовами та режимами.

У пропонуваній моделі сільськогосподарської машини, яка ідеально підходить для мезкліну, враховані наступні вузли. Процес *خلط* передбачає поєднання матеріалів першого та другого типів, це робиться постійно. При вході в камеру змішувача матеріали рухаються в напрямку, перпендикулярному стороні камери, в якій міститься суміш, цьому сприяють лопаті. У нижній частині змішувача складові об'єми перерозподіляються та з'єднуються через ковзаючі дошки та переміщення лопаті з одного положення в інше. У процесі комбінування органо-мінеральних добрив на основі частково твердого гною компоненти розподіляються внаслідок липкості та в'язкості гною, а також масового руху складових гною, соломи та мінеральних добрив. в різних пропорціях. При цьому фізико-механічні властивості мінеральних добрив практично не впливають на характер руху цих мас, оскільки вони становлять незначну частину загальної суміші.

Робоча здатність мобільного компостозмішувача щодо змішування компонентів компосту обмежена ефективністю змішувальної камери [11].

$$Q_{\text{смк}} = Q_{\text{с}} + Q_{\text{пн}} \cdot \quad (2.2)$$

Вимірювання продуктивності змішувальної камери ($Q_{\text{смк}}$) складається з об'єднання двох окремих, але взаємозалежних компонентів: продуктивності соломи ($Q_{\text{с}}$) і продуктивності напіврідкого гною ($Q_{\text{пн}}$).

Кількісну оцінку продуктивності соломи ($Q_{\text{с}}$) можна визначити за допомогою таких виразів:

$$Q_c = B_{дт} \cdot \rho_c \cdot H_c \cdot \int_{v_{дтmin}}^{v_{дтmax}} dv_{дт},$$

$$Q_c = B_{дт} \cdot \rho_c \cdot v_{дт} \cdot \int_{H_{min}}^{H_{max}} dH_c, \quad (2.3), (2.4)$$

Оцінка ефективності насоса подачі напіврідкого гною проводиться за спеціальною розрахунковою формулою:

$$Q_{пн} = 3600 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \rho_{пн} \cdot \gamma \cdot \int_{v_{пнmin}}^{v_{пнmax}} dv_{пн}, \quad (2.5)$$

Визначення продуктивності насоса досягається шляхом розгляду рівняння (2.3):

$$B_{дт} \cdot H \cdot v_{дт} \cdot \rho_c = M_{пн} \cdot \left(\frac{W_{пн} - W_k}{W_k - W_c} \right). \quad (2.6)$$

Одночасно розв'язуючи рівняння (2.8) і (2.10), ми можемо визначити продуктивність насоса.

$$Q_{нас} = \frac{B_{дт} H v_{дт} \rho_c}{\left(\frac{W_{пн} - W_k}{W_k - W_c} \right)}. \quad (2.7)$$

В процесі роботи об'єм змішувальної камери залишається частково незаповненим. Натомість змішування відбувається виключно в певному сегменті внутрішньої порожнини. Цей робочий об'єм встановлюється від моменту надходження соломи та напіврідкого гною в змішувальну камеру до моменту викиду суміші. Таким чином робочий хід лопаті в змішувачі визначається її обертанням на кут φ (як показано на малюнку 2.4). Розміри робочого сегмента наступні [12]:

$$S_{сег} = \frac{\pi}{360} (R^2 - r^2) \int_{\varphi_{min}}^{\varphi_{max}} \varphi d\varphi. \quad (2.8)$$

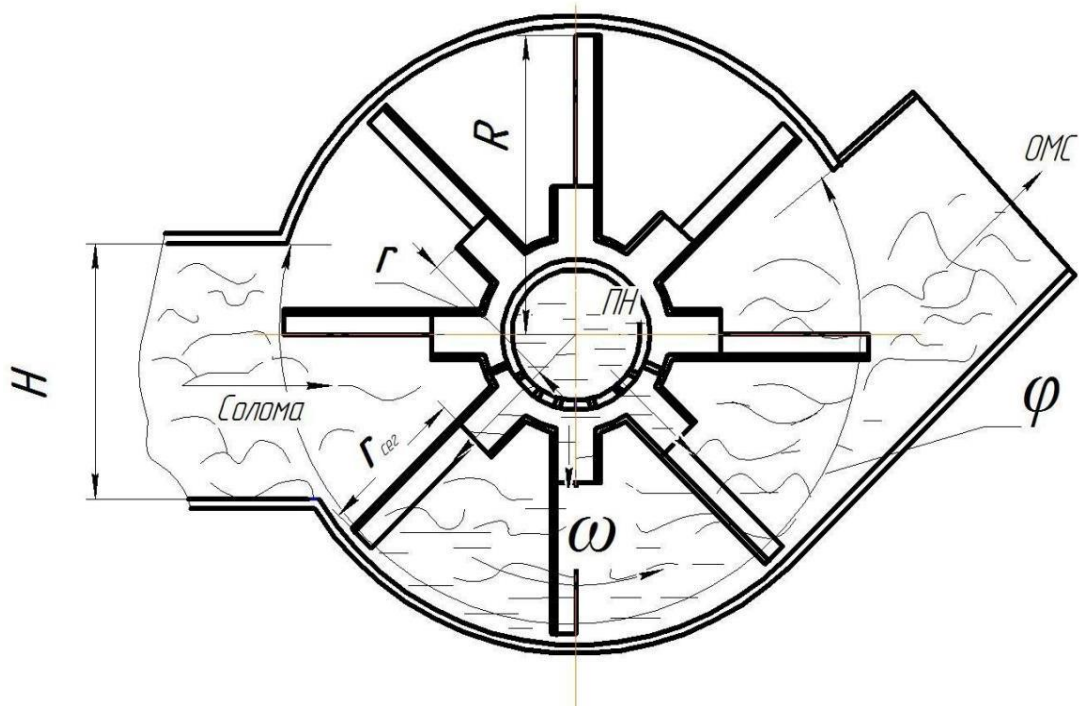


Рисунок 2.4 - Схема визначення робочого об'єму камери змішування
 Розрахунок робочого об'єму сегмента виконується за таким математичним виразом:

$$V_{\text{сег}} = S_{\text{сег}} \cdot L_{\text{б}} , \quad (2.9)$$

Час повороту лопати на кут φ визначається:

$$t = \frac{\varphi}{2\pi n_{\text{см}}} , \quad (2.10)$$

Маса речовини, захопленої лезом, визначається за допомогою використання об'єму призми деформації.

$$m_{\text{л}} = V_{\text{д}} \cdot \rho_{\text{см}} , \quad (2.11)$$

Сукупний об'єм складатиметься із 2-х частин:

$$V_{\text{д}} = V_1 + V_2 , \quad (2.12)$$

Визначення об'єму захопленої суміші лопаткою (рис. 2.5) буде базуватися на таких факторах:

$$V_1 = l_1 \cdot \frac{\pi r_{\text{вл}}^2}{2} , \quad (2.13)$$

$$V_2 = l_1 \cdot \frac{b_1 + b_2}{2} \cdot h, \quad (2.14)$$

де b_1 і b_2 – нижня та верхня основи призми, м;

$r_{вл}$ - радіус внутрішньої циліндричної частини лопатки, м;

l_1 - Довжина робочої частини лопатки, м;

h – висота призми, м-код.

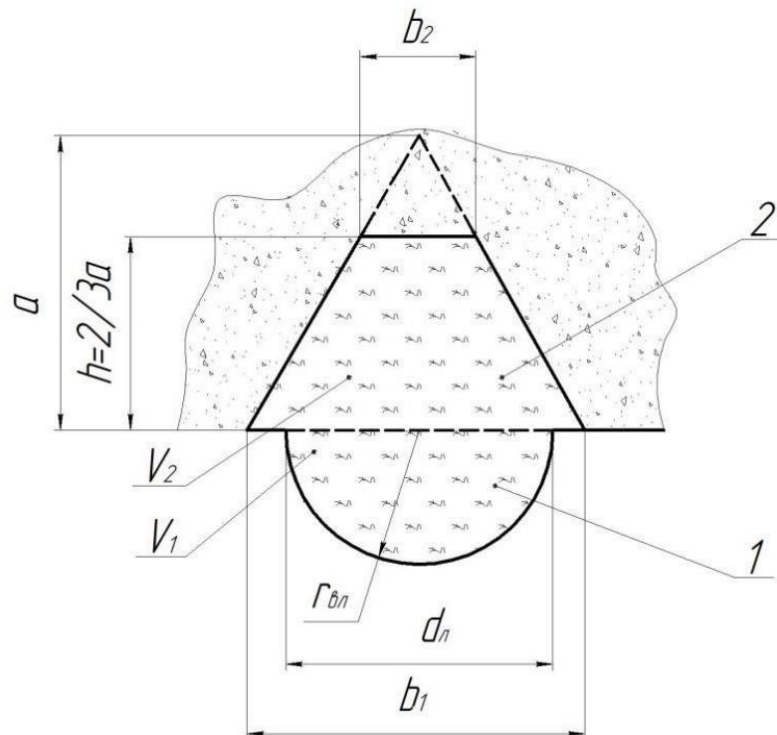


Рисунок 2.5 – Схема визначення ваги суміші, що захоплюється лопаткою:

1)обсяг суміші у лопатці, 2)об'єм суміші над лопаткою

У такому разі загальний об'єм такий [13]:

$$V_d = l_1 \cdot \left(\frac{\pi r_{вл}^2}{2} + \frac{b_1 + b_2}{2} \cdot h \right). \quad (2.15)$$

Конфігурація лопаток на валу барабана розташована за спіральною схемою зі зміщеним обертанням одна відносно одної за допомогою кутового зміщення, позначеного як δ , і розташованих на певній відстані kl одна від одної. Поряд з цим, суміш примусово скидається за допомогою двох лопатей, як показано на малюнку 2.6.

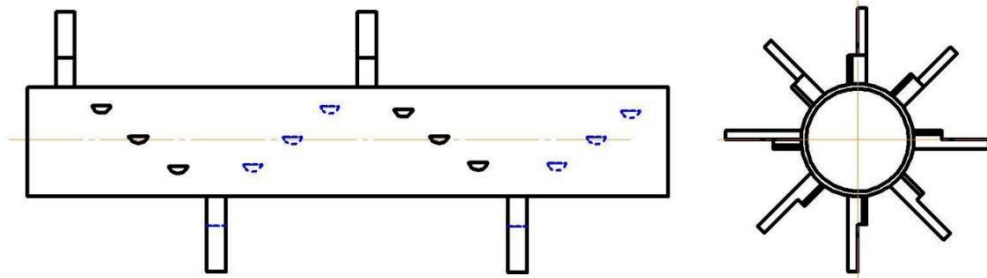


Рисунок 2.6 - Розташування лопатей на валу барабана змішувача таке, що основні характеристики процесів, що відбуваються на лопатях функціонального змішувача, залишаються незмінними. Це можна узагальнити в такій послідовності: матеріал, або поданий, або зібраний лезом, перетинає його довжину протягом певного часу, ковзаючи вздовж нього завдяки впливу відцентрової сили. Досягнувши кінця леза, матеріал викидається через дефлектор.

Протягом усієї процедури змішування рух лопаті змішувача створює різні типи опору руху. Цей опір виникає через тертя між змішувальними компонентами та робочою та бічними поверхнями лопаті, а також тертям суміші об стінки змішувального барабана. Крім того, матеріали виявляють стійкість до деформації, оскільки вони зсуваються шпателем відносно сусідніх частинок. Нарешті, сили енергії сприяють додатковому опору, коли лезо спочатку проникає в суміш на початку робочого руху.

Основним фактором, що сприяє опору в даному процесі, є тертя між матеріалом і стінкою корпусу, а також робочою поверхнею лез. Враховуючи, що солома вводиться в барабан змішувача без стиснення, логічно припустити, що опір матеріалу деформації, коли він зміщується лопатею відносно сусідніх частинок, відіграє певну роль. Тим не менш, передбачається, що енергетичні сили, створені проникненням лопаті в суміш під час початкового робочого руху, разом із ударом вільно рухомих частинок об лопаті валу змішувача у верхній частині корпусу, будуть мінімальними.

Оскільки викид суміші гною та соломи та її подальше бокове формування відбуваються одночасно, важливо визначити фактори, які впливають на висоту та дальність польоту суміші. На дальність польоту частинок суміші впливає кілька змінних, включаючи початкову швидкість підйому частинки від лопаті, кут підйому, висоту точки викиду над землею та опір повітря, серед інших. [14]. Ці параметри повинні бути оцінені за допомогою аналітичних засобів і перевірені за допомогою експериментальних процедур.

Тіло, кинуте під кутом до горизонту, рухається по параболічній траєкторії. При дослідженні руху компостного матеріалу враховують диференціальне рівняння його руху відносно прийнятої системи координат. Слід зазначити, що опір повітря не є фактором у цьому рівнянні, згідно з посиланням [15], показаним на малюнку 2.7.

$$\frac{mdv_x}{dt} = 0; \quad \frac{mdv_y}{dt} = -mg, \quad (2.16)$$

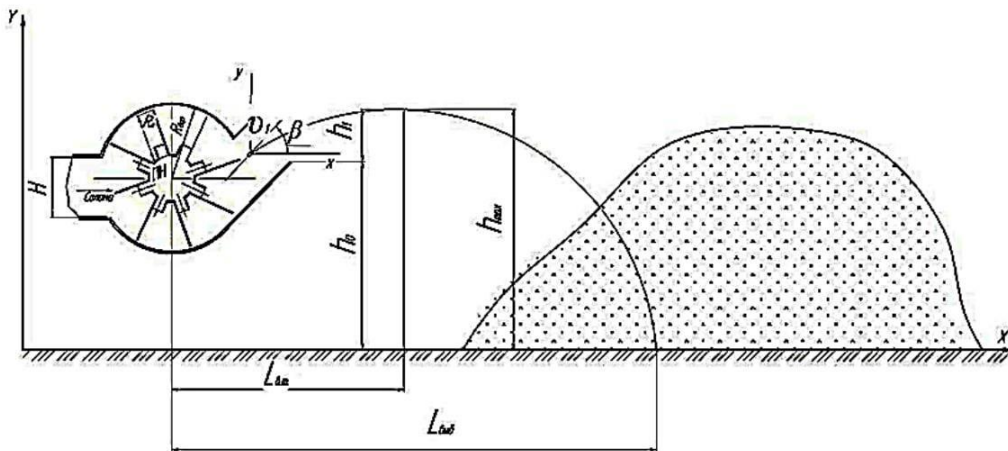


Рисунок 2.7 - Схема викиду частинок компосту лопатками з мобільного змішувача в борт

Формула, яка використовується для визначення швидкості, з якою сегмент матеріалу вилітає в повітря, впливаючи таким чином на діапазон, з яким суміш гною та соломи викидається, є наступною [16]:

$$v_0 = L_{\text{выб}} \cdot \sqrt{\frac{g}{2 \sin 2\beta - 2(h_{\text{max}} - h_0) \cos^2 \beta}}, \quad (2.17)$$

Тоді, як швидкість, з якою сегмент матерії починає свою траєкторію, можна розрахувати за допомогою наступного рівняння:

$$v_0 = \frac{\pi n R_{ок}}{30}, \quad (2.18)$$

Після прирівнювання правих частин рівнянь (2.17) і (2.18) і подальшого вирішення для $L_{вибр}$ діапазон випромінювання можна визначити наступним чином:

$$\frac{\pi n R_{ок}}{30} = L \sqrt{\frac{g}{2 \sin 2\beta - 2(h_{max} - h_0) \cos^2 \beta}}. \quad (2.19)$$

$$L_{вибр} = \frac{\pi n R_{ок} (\pi n R \sin^2 2\beta + \sqrt{\pi^2 n^2 R^2 \sin^2 2\beta + 7200g(h_{max} - h_0) \cos^2 \beta})}{1800g}. \quad (2.20)$$

Дальність польоту часток компосту, як виражено в рівнянні (2.20), залежить від багатьох факторів. Зокрема, радіус лопаті (R), кут кидання (β) і частота обертання барабана змішувача (n) відіграють ключову роль у визначенні кінцевої відстані, пройденої згаданою частинкою.

Максимальна висота, на яку може піднятися частинка компосту, залежить від її фізичних і механічних характеристик, а також від опору повітря. Включення коефіцієнта плавучості K до рівняння (2.20), яке враховує вищезгадані властивості та опір навколишньому середовищу, дає:

$$L_{вибр} = \frac{K \pi n R_{ок} (\pi n R \sin^2 2\beta + \sqrt{\pi^2 n^2 R^2 \sin^2 2\beta + 7200g(h_1 - h_0) \cos^2 \beta})}{1800g}. \quad (2.21)$$

Збільшення траєкторії польоту компосту в максимальній мірі можна описати наступною формулою:

$$L_{в.т.} = \frac{v_0^2 \cos \beta \sin \beta}{g} = \frac{(\pi n R_{ок})^2 \cos \beta \sin \beta}{900g}. \quad (2.22)$$

Постійність радіуса та кута обертання лопаті вимагає, щоб відстань, на яку політ частинок досягає максимальної висоти, залежала від частоти обертання змішувального барабана.

2.3 Висновки

Після вивчення методу поєднання компонентів компосту очікувалося кілька теоретичних зв'язків. Ці залежності дозволяють визначити технологічні параметри, такі як подача, і режимні параметри, в тому числі швидкість донного конвеєра, швидкість подачі напіврідкого гною, частоту обертання вала змішувального барабана. Ці параметри є невід'ємною частиною оптимальної роботи процесу.

Подача компонентів компосту пересувними змішувачами залежить від фізико-механічних характеристик елементів, які беруть участь у процесі змішування, а також конструктивно-функціональних конфігурацій змішувача. Таким чином, необхідно оцінити емпіричними методами фізичні та механічні властивості соломи та напіврідкого гною, а також конструктивні та експлуатаційні параметри обладнання.

Ефективність енергетичної ефективності установки залежить від двох основних факторів: маси змішувального барабана та кутової швидкості, з якою обертаються лопаті змішувача.

Щоб досягти бажаних розмірів компостної купи, необхідно провести експериментальне дослідження, щоб визначити діапазон і висоту частинок компостної суміші, які викидаються із змішувальної камери лопатями.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Було проведено дослідження, щоб визначити можливості мобільного накопичувача компосту з використанням макета з шириною камери 0,5 м, як показано на малюнку 3.1.

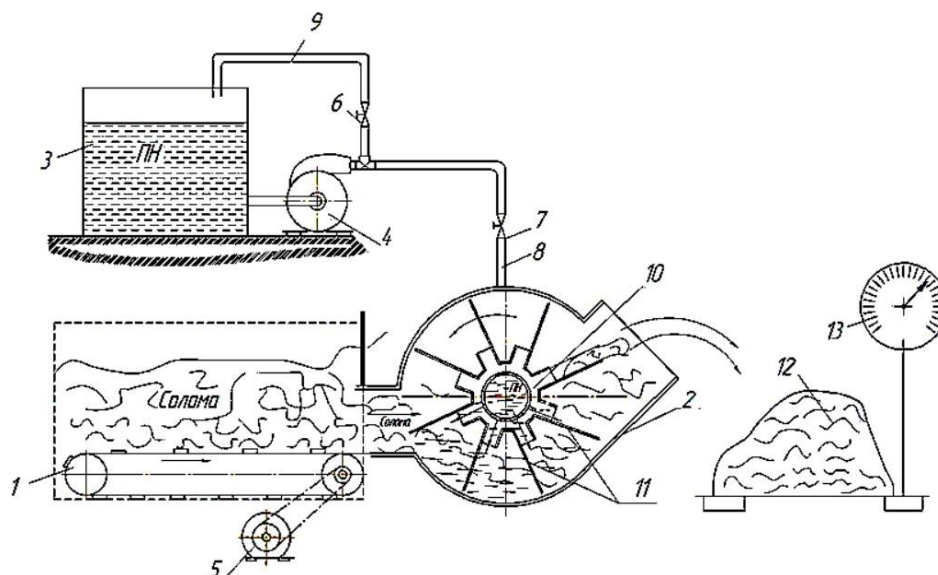


Рисунок 3.1 – Схема технологічної лінії виробництва компосту мобільним змішувачем: 1)транспортер, 2)змішувальна камера, 3)ємність для ПН, 4)фекальний насос, 5)двигун постійного струму, 6,7)регулювальні крани, 8)нагнітальний трубопровід, 9)перепускний трубопровід, 10)порожнистий вал, 11)лопатки змішувача, 12)компост, 13)ваги

Після аналізу літератури щодо процесів змішування, проведення теоретичних досліджень і перегляду попередніх експериментів було вибрано інтервали та рівні варіації для факторів (як показано в таблиці 3.1).

Таблиця 3.1 - Рівні та інтервали варіювання факторів

Фактори	Позначення	Рівні варіації факторів			Інтервал варіювання
		-1	0	1	
Частота обертання валу змішувального барабана $n_{смб}$, c^{-1}	X_1	4,5	6	7,5	1,5
Висота відкриття вікна подачі соломи H , м	X_2	0,3	0,4	0,5	0,1
Вологість соломи W , %	X_3	15,4	20	24,6	4,6

Експеримент, який розглядається, характеризувався трифакторним планом, де кожен фактор мав три рівні, позначені як $m=3$ і $k=3$ відповідно. Загальна кількість спостережень, отриманих під час експерименту, становила $N=mk = 3^3 = 27$. Щоб оцінити значущість спостережуваних відмінностей між групами, для цього трифакторного експерименту було проведено дисперсійний аналіз (ANOVA) з 3^3 [17] як результативну тестову статистику.

Управління факторами, яке передбачає встановлення та підтримку постійних значень протягом усього експерименту, було виконано за допомогою наступної методології.

Швидкість обертання валу змішувального барабана змінювалася за рахунок модифікації моменту відбору потужності (ВОМ) на тракторі, що призвело до зміни динаміки змішування. Подібним чином висота отвору вікна подачі соломи зазнала змін через акт підйому засувки, таким чином регулюючи швидкість потоку соломи в змішувальну камеру. Вміст вологи в соломі

змінювався шляхом нанесення вологи на певний сегмент соломи, що впливало на змішування та ущільнення матеріалу.

Експерименти були проведені згідно з встановленою процедурою, яка передбачає характеристику неясної функції відгуку ($y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$) за допомогою рівняння регресії другого порядку.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{k-1,k}x_{k-1}x_k + \dots + b_{11}x_1^2 + \dots + b_{kk}x_k^2. \quad (3.1)$$

Під час проведення експериментів було відібрано кілька зразків для перевірки вмісту вологи в різних матеріалах, включаючи, але не обмежуючись, солому, напіврідкий гній і компост. Одночасно тривалість кожного експерименту ретельно фіксувалася за допомогою секундоміра. Аналізуючи нависання, отримане за результатами експерименту, об'ємну продуктивність було встановлено за допомогою формули (2.22). Крім того, на основі кінцевої вологості компосту і вологості як соломи, так і напіврідкого гною (SMF), ефективність фекального насоса була попередньо встановлена. Ця попередньо встановлена ефективність гарантує постійне співвідношення 1:4 між соломою та гноєм.

Істотними факторами для правильної роботи пересувного змішувача є кут φ , який описує сектор зони змішування компонентів, і n - частота обертання вала змішувача. Ці два робочі параметри відіграють важливу роль у забезпеченні успішного змішування компонентів компосту в мобільному змішувачі.

Кутове зміщення лопаті на території змішування конгломерату забезпечує неявну міру висоти соломи під час її подачі в порожнину змішування (як показано на малюнку 3.2).

У ході експериментів величина кута змінювалася в межах:

При частоті обертання валу змішувача від $n_{\min}=4,5\text{c}^{-1}$ до $n_{\max}=7,5\text{c}^{-1}$ значення мінімального кута повороту $\varphi_{\min}=180^\circ$, кута повороту в усталеному

режимі $\varphi_{\text{ср}}=210^\circ$, та максимальний кут повороту $\varphi_{\text{макс}}=240^\circ$. Ці результати були отримані шляхом тестування.

Час, необхідний для повороту леза на певний кут, було оцінено на основі кругової швидкості обертання леза. Кутова швидкість змінювалася від $28,26\text{с}^{-1}$ до $47,1\text{с}^{-1}$ залежно від особливостей конструкції лопаті. У цьому дослідженні було визначено значення $\omega_{\text{ср}} 37,68\text{с}^{-1}$.

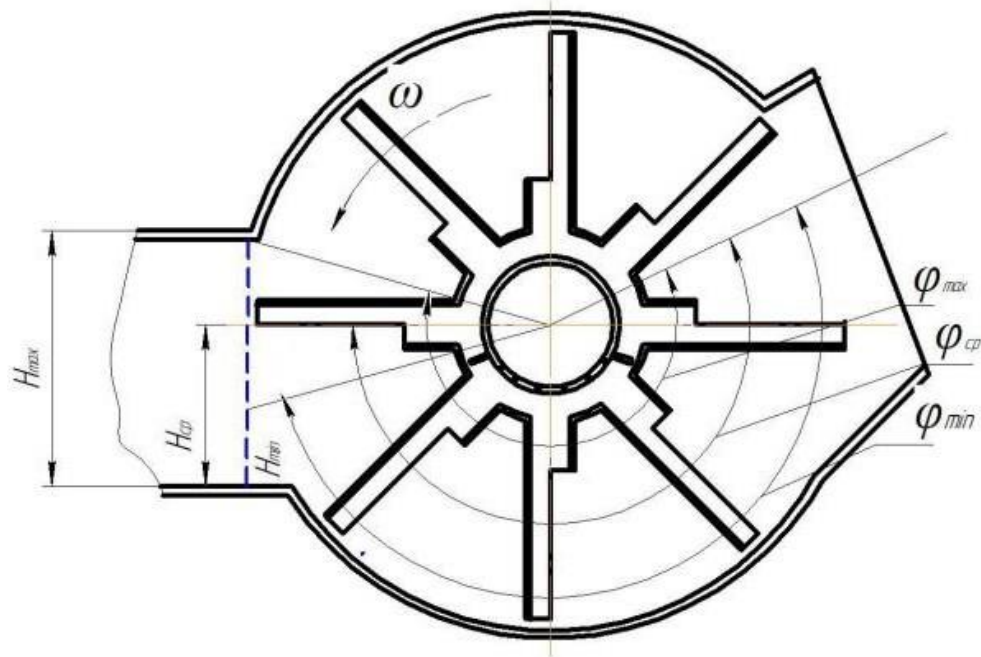


Рисунок 3.2 – Методика розрахунку кута від верху подачі шару соломи до камери змішування Н.

В досліджах використовували солому озимої пшениці з типовим розміром частинок 7-11 міліметрів. Вміст вологи в солоті, виміряний W_c , був у межах 15-19%.

У ході експериментів рівень вологи в напіврідкому гної, наданому для використання, коливався в діапазоні від 88,2% до 91,76%.

3.1. Методика визначення нерівномірності змішування компонентів компосту

Основними елементами, необхідними для створення компостів, є солома, МУ та напіврідкий гній. Розділ 1.2 демонструє, що солома є основним матеріалом, що поглинає вологу. Правильно змішуючи ці компоненти, можна контролювати процес виробництва компосту для досягнення бажаного рівня вологості. Для підтримки оптимального перебігу технологічного процесу найбільш логічним є використання напіврідкого гною з вологістю від 89% до 92%, в результаті чого суміш вологістю 70%, як показано в табл. 1.7. Ці фактори впливають на середню витрату соломи і напівтвердого гною, яка становить приблизно 1:4 і 1:3 відповідно при початковій вологості соломи від 16 до 24.

Попередніми дослідженнями підтверджено доцільність внесення мінеральних (МД) у концентрації 1-3% від маси органічних добрив (ОД) при завантаженні транспортно-технічних засобів напіврідким гноем. Під час транспортування до місця виробництва компосту МД та ОД ретельно змішуються для отримання органо-мінеральної суміші (ОМС) із заданим об'ємом.

Основним параметром для оцінки ефективності змішування компонентів є рівень вологи в компостній частині, як показано на малюнку 3.3. Цей критерій оцінки базується на трьох різних рівнях вологості 75%, 70% і 65%.

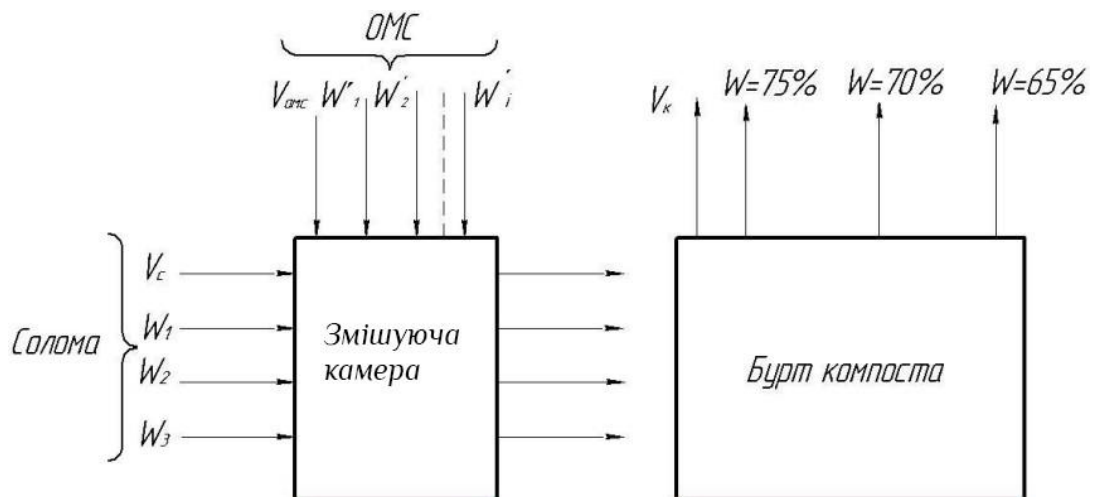


Рисунок 3.3 – Схема процесу приготування компосту

Оцінку якості змішувачів, що вбирають вологу з напіврідким гноем, визначали за показником нерівномірності змішування, який встановлювали за

середньою кількістю включень соломи, присутніх у змішувачі. Через рівні проміжки часу вибирали три різні місця всередині суміші, і 500 грамів збирали з кожного з цих місць у трьох повторах. Згодом кожен із взятих зразків промивали у воді, відокремлювали будь-яку наявну соломинку та записували вагу соломинки (як показано на малюнку 3.4).



Рисунок 3.4 – Наважки соломи, взятої з викинутої суміші (а) та промитої у воді (б)

Для оцінки якості змішування компонентів було проведено багатофакторний експеримент. Критерієм оцінки в цьому багатофакторному експерименті був індекс v , який вимірює нерівномірність змішування і не повинен перевищувати $\pm 25\%$.

3.2 Методика обробки результатів експериментів

Середнє арифметичне значення розраховується за такою формулою [18]:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3.2)$$

Доречно також розглянути оцінку похибки результату, отриманого з комплексної серії n -вимірів, з огляду на конкретне значення коефіцієнта надійності. Оцінка помилки може бути визначена як значення, яке представляє цей розрахунок.

$$\Delta x = x - \bar{x}, \quad (3.3)$$

У дослідженнях сільськогосподарської техніки та технологічних процесів прийнятий рівень значущості, який позначається як α , умовно встановлюється на рівні 5%. Це свідчить про те, що ймовірність отримання правильного значення становить 95%, що є важливим фактором при оцінці експериментальних результатів.

Щоб визначити відхилення похибки результату повної серії на основі обмеженої кількості n експериментів, використовується середньоквадратична похибка вимірювань у серії. Це значення еквівалентно:

$$\Delta S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (3.4)$$

Статистичну значущість коефіцієнтів регресії оцінювали за допомогою критерію Стюдента.

$$t_p > t_T(V, P), \quad (3.5)$$

Розрахунок меж довірчого інтервалу було встановлено за допомогою коефіцієнта Стюдента відповідно до наступного рівняння [19]:

$$b_i - t_T S_{bi} \leq \beta_i \leq b_i + t_T S_{bi}, \quad (3.6)$$

Виведення довірчих інтервалів для коефіцієнтів регресії служить важливим інструментом у статистичному висновку. Оцінку справжнього значення коефіцієнта регресії отримують шляхом розрахунку вибіркового коефіцієнта. З цієї оцінки визначається діапазон значень, в межах якого очікується, що справжнє значення коефіцієнта потрапить через довірчий інтервал. Цей статистичний параметр обчислюється за допомогою розподілу ймовірностей для вибіркового коефіцієнта та вказується рівень значущості. Потім довірчий інтервал будується за допомогою двобічного тесту з використанням вищезгаданого розподілу та рівня значущості. Кінцевим результатом є діапазон значень, у межах якого можна очікувати, що справжнє значення коефіцієнта регресії буде лежати з певним рівнем довіри.

Статистичний аналіз значущості рівняння регресії оцінювався за допомогою F-критерію Фішера.

$$F_P \geq F_T, \quad (3.7)$$

Статистичний аналіз даних, зібраних під час експерименту, проводився з використанням персонального комп'ютера з процесором IBM Pentium II. Для аналізу використовувалася програма Statistica 5.5, широко визнана та надійна статистична програма.

3.3 Визначення об'ємної продуктивності мобільного змішувача компонентів компосту

Таблиця 3.2 відображає результати, отримані в результаті виконання багатофакторного експерименту, а також значення критеріїв оптимізації $Q_{смб}$ і $V_{см}$.

Таблиця 3.2 – Результати експериментального визначення продуктивності змішувального барабана й нерівномірності суміші

№	Рівні факторів			n_0	H	W_c	$Q_{смб}$	$V_{см}$
	X_1	X_2	X_3					
	X_1	X_2	X_3					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-1	-1	-1	4.5	0.3	15.4	10.76	16.67
2	-1	-1	0	4.5	0.3	20	12.532	17.83
3	-1	-1	1	4.5	0.3	24.6	14.558	19.55
4	-1	0	-1	4.5	0.4	15.4	9.22	17.27
5	-1	0	0	4.5	0.4	20	10.742	17.91
6	-1	0	1	4.5	0.4	24.6	12.478	19.81
7	-1	1	-1	4.5	0.5	15.4	8.04	17.42
8	-1	1	0	4.5	0.5	20	9.399	18.29
9	-1	1	1	4.5	0.5	24.6	10.918	20.41

10	0	-1	-1	6	0.3	15.4	15.06	20.07
11	0	-1	0	6	0.3	20	17.545	21.6
12	0	-1	1	6	0.3	24.6	20.381	22.41
13	0	0	-1	6	0.4	15.4	12.91	18.72
14	0	0	0	6	0.4	20	14.036	22.3
15	0	0	1	6	0.4	24.6	17.469	24.83
16	0	1	-1	6	0.5	15.4	11.3	19.07
17	0	1	0	6	0.5	20	13.159	27.22
18	0	1	1	6	0.5	24.6	15.286	29.71
19	1	-1	-1	7.5	0.3	15.4	17.93	20.27
20	1	-1	0	7.5	0.3	20	20.887	22.23
21	1	-1	1	7.5	0.3	24.6	24.263	23.55
22	1	0	-1	7.5	0.4	15.4	15.37	22.74
23	1	0	0	7.5	0.4	20	17.903	25.21
24	1	0	1	7.5	0.4	24.6	20.797	27.9
25	1	1	-1	7.5	0.5	15.4	13.45	25.31
26	1	1	0	7.5	0.5	20	15.666	28.9
27	1	1	1	7.5	0.5	24.6	18.197	32.41

Так ми змогли отримати рівняння регресії.

$$Q_{\text{смб}} = 15,23844 + 3,65644 \cdot x_1 - 0,62122 \cdot x_1^2 - 2,13894 \cdot x_2 + 2,23928 \cdot x_3 \quad (3.8)$$

Наслідки коефіцієнтів рівняння регресії заслуговують на увагу. Як свідчить значення $t_T(22)$, що дорівнює 2.07, нерівність $|t_p| \geq t_T(22)$ виконується для всіх коефіцієнтів рівняння регресії. Отже, можна встановити, що кожен окремий коефіцієнт у рівнянні регресії має значення.

Модель регресії, отримана за допомогою критерію Фішера, демонструє значення $F_T(4.22) = 2,82$ і значення $F_P(4.22) = 154.07$. Отже, оскільки F_P більше

за F_t , рівняння регресії разом із його компонентами вважається статистично значущим. Крім того, рівняння точно представляє бажану кореляцію між $Q_{смб}$ ($n_{смб}$, H , W_c) та його відповідними змінними.

Розраховане значення R^2 , яке представляє коефіцієнт детермінації, становить 0,97. Точність рівняння регресії становить 97%, оскільки розраховане значення R^2 більше або дорівнює 0,75. Це вказує на те, що отримане рівняння регресії здатне задовольнити 97% вихідних даних із високим ступенем точності.

Коли рівняння регресії розшифровано, його формат виглядає наступним чином:

$$Q_{смб} = -10,5071 + 5,7508 \cdot n_{смб} - 0,2761 \cdot n_{смб}^2 - 21,3894 \cdot H + 0,4868 \cdot W_c \quad (3.9)$$

Неможливо переоцінити важливість коефіцієнтів рівняння регресії. У випадку $t_T(22) = 2,07$, $|t_p|$ виконується $\geq (22)$ для всіх коефіцієнтів, що вказує на те, що кожен коефіцієнт у рівнянні регресії є значущим.

Критерій Фішера $F_T(4.22) = 2.82$ і $F_p(4.22) = 154.07$ підтверджують достатність рівняння регресії. Ці значення демонструють, що ефективність мобільного мікзера залежить від частоти обертання барабана.

$Q_{см}$ при $W_c = \text{const}$

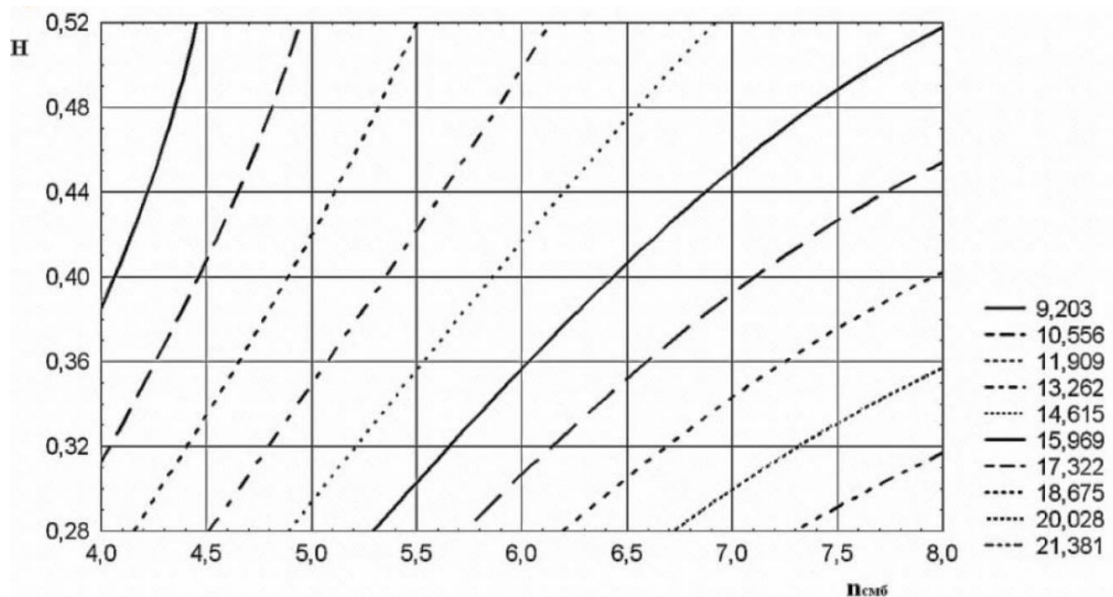


Рисунок 3.5 – Ізолінії продуктивності мобільного змішувача за постійної вологості соломи $W_c = 20\%$ ($X_3 = \text{const}$)

На підставі даних, наведених на рисунках 3.5 і 3.6, видно, що коли вологість соломи залишається постійною зі значенням $W_c = 20\%$, кількість змішувальних лопатей, $n_{\text{смб}}$, збільшується з 4.5 до 7.5 с^{-1} разом із при збільшенні висоти H від 0.3 до 0.5 м продуктивність змішувального барабана змінюється від 9.2 до 21.4 т/год.

$Q_{\text{см}}$ при $H = \text{const}$

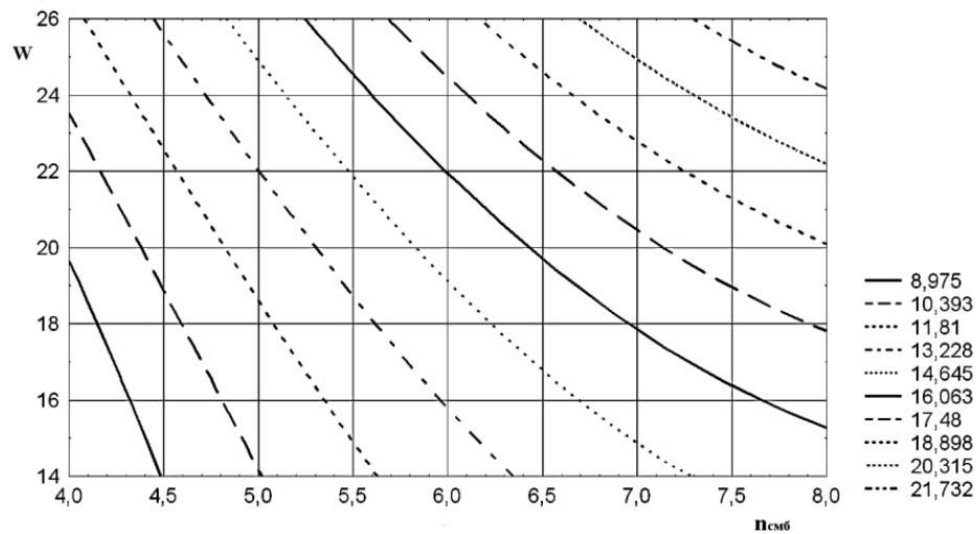


Рисунок 3.6 – Ізолінії продуктивності агромашини за постійної висоти відкриття вікна подачі соломи $H = 0,4\text{м}$ ($X_2 = \text{const}$)

Результати, зображені на рисунку 3.6, ілюструють, що коли висота відкриття вікна подачі соломи H підтримується постійною на рівні 0.4 м, продуктивність коливається від 8.98 до 21.7 т/год залежно від змін частоти обертання вала змішувального барабана, $n_{\text{смб}}$, і вологості соломи, W_c .

$Q_{\text{см}}$ при $n_{\text{смб}} = \text{const}$

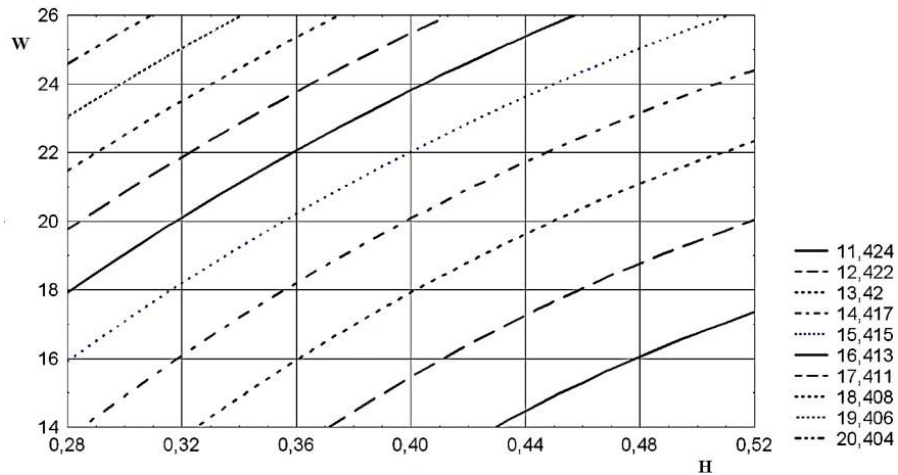


Рисунок 3.7 – Ізолінії продуктивності агромашини, за постійної частоти обертання валу барабана $n_{\text{смб}} = 6\text{с}^{-1}$ ($X_1 = \text{const}$)

Коли оберти вала змішувального барабана залишаються постійними при $n_{\text{смб}} = 6\text{с}^{-1}$ і значення H і W_c потрапляють у заздалегідь визначені межі спостерігаються зміни продуктивності в діапазоні від 11.4 до 20.4 т/год.

Якість процесу змішування безпосередньо пов'язана з підбором раціональних параметрів.

3.4 Результати визначення нерівномірності змішування компонентів компосту

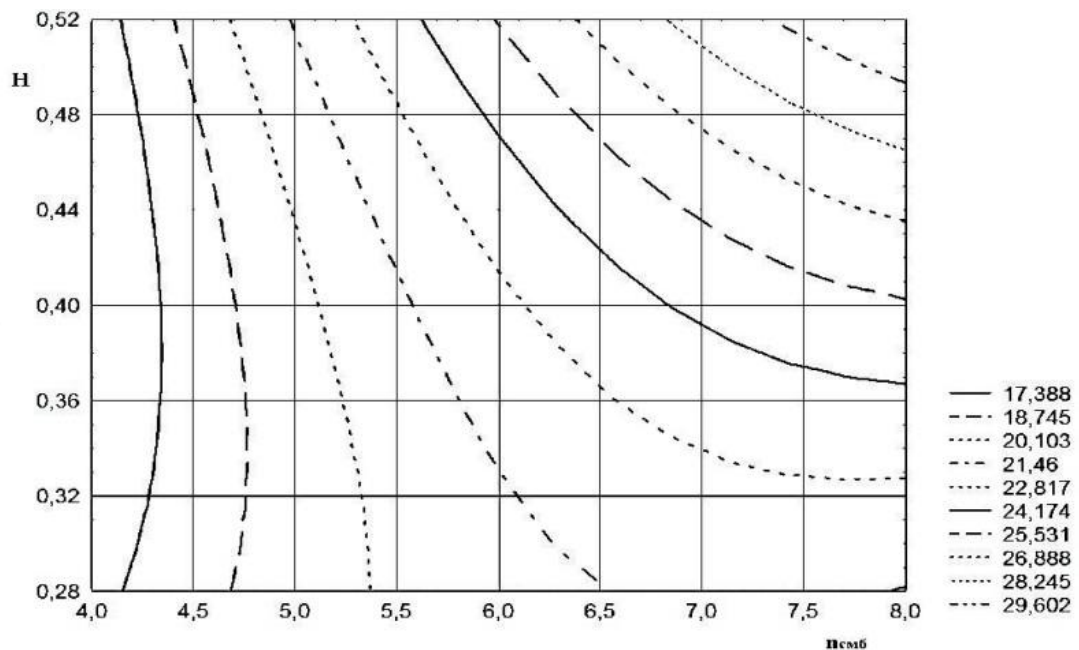


Рисунок 3.8 – Зміни нерівномірного змішування інгредієнтів компосту через зміну частоти обертання вала та зміни висоти відкриття вікна подачі соломи (при $X_3 = \text{const}$)

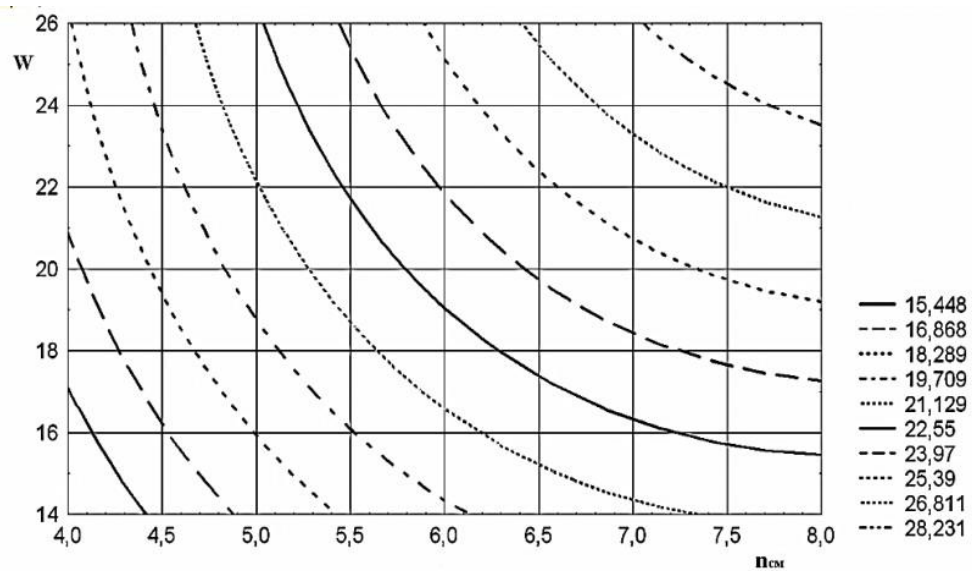


Рисунок 3.9 – Зміна нерівномірності змішування компонентів компосту зі зміною вологості соломи та частоти обертання валу змішувального барабана (при $X_2 = \text{const}$)

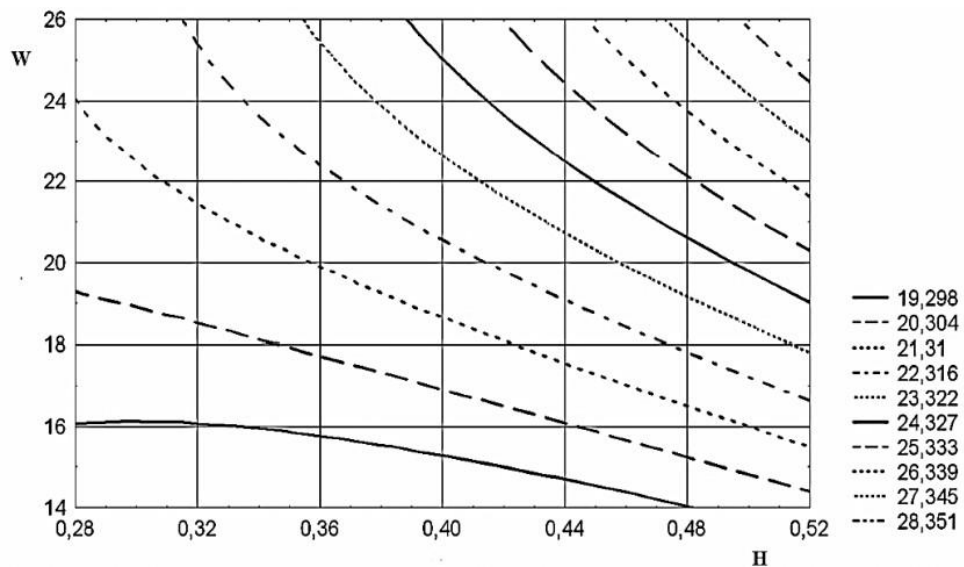


Рисунок 3.10 – Зміни в нерівномірному змішуванні інгредієнтів компосту через зміни вмісту води в соломі та зміни висоти отвору вікна подачі соломи (при $X_1 = \text{const}$)

Вплив $n_{\text{смб}}$, H і W_c на рівномірність змішування компонентів видно з малюнків 3.8, 3.9 і 3.10. Зокрема, зі збільшенням $n_{\text{смб}}$ від 4.5 с^{-1} до 7.5 с^{-1} і збільшенням H від 0.3 до 0.5 м (при постійній вологості W_c 20%) нерівномірність перемішування зростає з 17.4% до 29.6%. Це пояснюється тим, що збільшення $n_{\text{смб}}$ зменшує час, який суміш проводить у барабані змішувача. Коли вікно подачі соломи відкрито на $H = 0,3 \text{ м}$ (з постійним $n_{\text{смб}}$), а вологість соломи змінюється від 15.4% до 24.6%, нерівномірність змішування нижча від 16.3% до 24.3%. Однак збільшення висоти вікна до 0,5 м збільшує нерівність до 28%. Це пояснюється тим, що менша кількість соломи в змішувальному барабані енергійніше змішується з напіврідким гноєм.

Важливо визнати, що найбільша диспропорція у змішуванні компонентів компосту, як вказують максимальні значення X_1 ($n_{\text{смб}}$), X_2 (H) і X_3 (W), становить 29.6%, що перевищує необхідні 25 % [20]. Отже, режимні параметри визначаються основним технологічним показником – ефективністю мобільного компостозмішувача за критерієм «нерівномірність змішування».

3.5 Висновки

Експериментальна перевірка показує, що швидкість 0.112 м/с подачі соломи через нижній конвеєр у поєднанні з висотою відкриття вікна подачі соломи (H) у діапазоні від 0.3 до 0.5 м призводить до продуктивності 0.0036 т/с до 0.0062 т/с при вологості 19.4%. Розбіжність між теоретичними та експериментальними оцінками продуктивності коливається від 10.72% до 13.36%.

При подачі в змішувальний барабан напіврідкого гною з рівнем вологості 90 % отримана продуктивність коливалась від 0.007 до $0.0175 \text{ м}^3/\text{с}$. Встановлено, що відхилення між теоретичними та експериментальними значеннями становило від 10.37 до 14.13%.

На ефективність мобільного компостозмішувача безпосередньо впливає рівень нерівномірності змішування компонентів, верхня межа якого становить 23,4%. Продуктивність змішувача коливається від 11.5 до 19.01 т/год за конкретних умов експлуатації. Швидкість нижнього конвеєра є ключовим фактором із діапазоном від 0.075 до 0.15 м/с. Висота вікна подачі соломи також відіграє важливу роль, оптимальні результати досягаються на висоті від 0.3 до 0.5 м. Крім того, для оптимальної продуктивності вологість соломи повинна бути в межах від 15.4 до 24.6%.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Розділ "Охорона праці" в рамках кваліфікаційної роботи на тему "Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів агромашини для механізації процесу змішування компонентів компосту" є важливою складовою, оскільки забезпечення безпечних умов праці є пріоритетним завданням у сільськогосподарському виробництві. Робота з агромашинами, особливо з тими, що здійснюють змішування компонентів компосту, супроводжується певними небезпеками та ризиками, які можуть негативно впливати на здоров'я та життя працівників.

Основні небезпеки та ризики

1. Механічні небезпеки. Робота з агромашинами передбачає використання рухомих частин обладнання (валів, лопатей, шнеків), що можуть спричинити травми, такі як удари, порізи чи затискання кінцівок. Основними факторами ризику є незахищені рухомі частини, неправильна експлуатація машини та порушення правил техніки безпеки.

2. Електричні ризики. Більшість агромашин працюють від електричної мережі або використовують електричні системи для автоматизації процесів. Це створює ризик ураження електричним струмом, особливо у випадку пошкодження ізоляції проводів, неправильної заземленості або підвищеної вологості на робочому місці.

3. Шумове навантаження та вібрація. Під час роботи агромашини можуть генерувати підвищений рівень шуму та вібрації, що негативно впливає на здоров'я працівників, викликаючи втомлюваність, зниження концентрації, а також можливі хронічні захворювання органів слуху і нервової системи.

4. Пил та хімічні речовини. Процес змішування компосту часто супроводжується виділенням пилу та органічних частинок, які можуть потрапляти в дихальні шляхи працівників, викликаючи алергічні реакції чи

респіраторні захворювання. Також під час компостування можливе виділення шкідливих газів (наприклад, аміаку або метану), що також потребує уваги.

5. Небезпека від перевантаження та неправильного підйому вантажів. Робота з великими об'ємами матеріалів (компонентів компосту) може створювати ризик перенапруги м'язів або травм опорно-рухового апарату через неправильне підняття важких вантажів.

Способи запобігання небезпечних ситуацій та зменшення ризику їх виникнення

1. Механічна безпека. Для зменшення ризику механічних травм необхідно обладнати агромашини захисними кожухами на рухомих частинах. Крім того, працівники повинні дотримуватись безпечних відстаней під час роботи з машинами, а також зупиняти машини перед проведенням технічного обслуговування або очищення обладнання.

2. Захист від електричного ураження. Агромашини повинні бути обладнані надійною електричною ізоляцією та заземленням. Регулярний огляд електричних систем для виявлення пошкоджень та їх оперативного ремонту також є необхідним заходом безпеки. Працівникам необхідно забезпечити використання засобів індивідуального захисту (діелектричних рукавиць, взуття).

3. Зменшення шумового та вібраційного навантаження. Використання засобів індивідуального захисту, таких як навушники або беруші, дозволяє знизити рівень впливу шуму на працівників. Щодо вібрації, важливо застосовувати віброзахисні елементи конструкції машини, а також забезпечувати регулярні перерви у роботі для уникнення тривалого впливу вібрацій.

4. Захист від пилу та хімічних речовин. Для зниження рівня пилу на робочому місці необхідно використовувати системи пиловидалення або зволоження матеріалів, що обробляються. Працівникам слід застосовувати респіратори, захисні окуляри та інші засоби індивідуального захисту, особливо в умовах роботи з хімічно активними або токсичними речовинами.

5. Правильна організація робочого процесу та підйом вантажів. Для зменшення ризику травмування під час підйому важких матеріалів важливо використовувати механізми для підйому (крани, підйомники) та навчати працівників правильним технікам підняття вантажів. Крім того, необхідно забезпечити наявність відпочинку для уникнення перевантаження м'язів.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці під час роботи з агромашинами дозволяє знизити ризик виникнення небезпечних ситуацій і забезпечити безпечні умови праці для всіх учасників виробничого процесу.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Переваги, які надає нещодавно розроблений апарат для змішування компосту, подвійні: підвищення продуктивності та зниження споживання енергії. Ці переваги мають технічний характер і оцінюються з огляду на експлуатаційні витрати, при цьому не враховуються якісні параметри одержуваного корму. Спосіб обчислення операційних витрат такий:

$$Z = n \cdot t \cdot f \cdot \delta \cdot D, \text{ грн.}, \quad (5.1)$$

де n – чисельність операторів, люд.;

t – тривалість роботи мобільного змішувача компосту на добу, год.;

f – тарифна ставка оператора за годину, грн/год.;

δ – коефіцієнт нарахування на виплату заробітної плати;

D – всього робочих днів на рік;

Відповідно до добової потреби в компості на фермі великої рогатої худоби протягом однієї зміни встановлюють графік роботи компостозмішувача:

$$t = \frac{Q_n}{Q_{зм}}, \text{ год.}, \quad (5.2)$$

Для розрахунку амортизаційних відрахувань використовується наступна формула:

$$A = \frac{B \cdot \alpha}{100}, \text{ грн.}, \quad (5.3)$$

Розрахунок відрахувань, призначених на утримання та ремонт агрегату, визначається за допомогою наступного рівняння:

$$P = \frac{B \cdot \beta}{100}, \text{ грн.}, \quad (5.4)$$

У сфері управління енергетичними ресурсами, зокрема щодо електроенергії, метод розрахунку собівартості базується на наступній формулі:

$$E = N \cdot t \cdot D \cdot c_e, \text{ грн.}, \quad (5.5)$$

Підсумкові витрати, понесені в процесі експлуатації, становитимуть:

$$EB = Z + A + P + E, \text{ грн.} \quad (5.6)$$

Зниження операційних витрат можна досягти за рахунок економії:

$$EEB = EB_1 - EB_2, \text{ грн.} \quad (5.7)$$

Термін окупності нового мобільного компостозмішувача:

$$P = \frac{B_2}{EEB}, \text{ грн.}, \quad (5.8)$$

У представлений таблиці можна знайти попередні дані та відповідні результати обчислень (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Показники економічної ефективності змішувача

№ з.п.	Показник	ПРР-1М	Новий подрібнювач
1	2	3	4
1.	Кількість операторів, люд.	1	1
2.	Годинна тарифна ставка, грн/год.	54,2	54,2
3.	Кількість робочих днів на рік	365	365
4.	Поголівя корів на малій фермі, гол.	20	20
5.	Добова потреба в компості, кг/гол.	22	22
6.	Добова потреба в компості по фермі, кг	440	440
7.	Продуктивність змішувача, кг/год	300	330
8.	Тривалість роботи змішувача на добу, год.	1,47	1,33
9.	Балансова вартість змішувача, грн.	8850	8900

10.	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію, %	10	10
11.	Коефіцієнт відрахувань на ремонт і ТО, %	8	8
12.	Вартість електроенергії, грн/кВт×год	2,32	2,32
13.	Потужність на привід, кВт	2,5	2
14.	Витрати на заробітну плату, грн.	35398,38	32180,35
15.	Амортизаційні відрахування, грн.	885,00	890,00
16.	Відрахування на ремонт і ТО, грн.	708,00	712,00
17.	Витрати на електроенергію, грн.	3104,93	2258,13
18.	Експлуатаційні витрати, грн.	40096,31	36040,48
19.	Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	4055,83
20.	Строк окупності нового змішувача, років	-	2,2

При порівнянні використання запропонованого мобільного компостозмішувача видно, що його впровадження призводить до значного зниження питомих енерговитрат, на 41,5%. Крім того, річний економічний ефект, отриманий від цього впровадження, еквівалентний 4055,83 грн. Додаткові капіталовкладення, необхідні для впровадження цього методу, окупаються за короткий термін, оскільки термін окупності розрахований на 2,2 року.

ВИСНОВКИ

Ефективність змішувача залежить від кількох змінних, включаючи частоту обертання валу, швидкість заповнення камери (по відношенню до фактичного об'єму змішувача), конфігурацію та розташування лопатей на валу та фізико-механічні характеристики речовини, що змішується.

Одним із можливих способів вирішення проблеми використання напіврідких добрив у тваринництві є впровадження методології виробництва компосту за допомогою портативного змішувача в сільському господарстві.

Використання мобільних агромашин для перемішування відіграє вирішальну роль у забезпеченні точних доз інгредієнти в призначену змішувальну камеру, а також полегшення вивантаження отриманої суміші шляхом одночасного встановлення меж заздалегідь визначених розмірів.

Лопатевий змішувач є найбільш універсальним серед доступних змішувачів і здатний змішувати як рідкі, так і гігроскопічні речовини, серед яких напіврідкий гній і солома.

Теоретичні закономірності, технологія та режим були отримані шляхом ретельного вивчення процесу змішування компонентів компосту. Цей аналіз дав важливу інформацію про параметри установки, включаючи відповідну нижню швидкість конвеєра, швидкість подачі напіврідкого гною та швидкість обертання вала змішувального барабана.

Успішне впровадження мобільного змішувача, який містить компостні компоненти, залежить від кількох факторів, включаючи фізичні та механічні характеристики компонентів, що змішуються, а також конструкцію та робочі характеристики системи. Для цього необхідно провести емпіричні дослідження для визначення фізико-механічних властивостей соломи, напіврідких добрив та інших відповідних матеріалів, а також визначити оптимальні структурні та експлуатаційні параметри установок.

Ефективність енергоспоживання обладнання залежить від двох основних факторів: загальної маси змішувального барабана та кутової швидкості лопатей змішувача при обертанні.

Щоб встановити відповідні розміри компостної купи, необхідно провести емпіричний аналіз, спрямований на встановлення діапазону та висоти частинок компосту, які викидаються із змішувальної камери лопатями.

Експериментальна перевірка підтвердила, що при швидкості нижнього конвеєра подачі соломи 0,112 м/с і вікні подачі соломи (Н) 0,3-0,5 м продуктивність коливається від 0,0036 до 0,0062 т/с при вологості 19,4%. Відхилення між теоретичними та експериментальними показниками коливається від 10,72% до 13,36%. Крім того, при подачі напіврідких добрив у змішувальні барабани при вологості 90% продуктивність коливається в межах 0,00699-0,0175 м³/с, з різницею між теоретичними та експериментальними значеннями від 10,37 до 14,13%. Продуктивність мобільного змішувача для компостування інгредієнтів з нерівномірним перемішуванням при максимальній швидкості 23,4% становить від 11,5 до 19,01 т/год, зі змінною швидкістю конвеєра від 0,075 до 0,15 м/с. Зміна висоти вікна подачі соломи (Н) від 0,3 до 0,5 м і вологості соломи від 15,4 до 24,6% суттєво не змінила продуктивність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адамчук, В., Камінський, В., Булгаков, В., & Надикто, В. (2022). Теоретичне дослідження та розроблення нового показника інтенсивності впливу ходових систем машинно-тракторних агрегатів на ґрунт. *Вісник аграрної науки*, 100(4), 57-63.
2. Адамчук, В., Булгаков, В., Надикто, В., Троханяк, О., & Чорна, Т. (2023). Теоретичне дослідження стійкості руху асиметричного посівного машинно-тракторного агрегату. *Вісник аграрної науки*, 101(5), 57-64.
3. Товстенко, В. (2021). Удосконалення технічного обслуговування та ремонту машинно-тракторного парку в майстерні фермерського господарства «Славутич» Веселівського району Запорізької області: пояснювальна записка до дипломної роботи здобувача СВО Бакалавр.
4. Домуці, Д. П., Яковенко, А. М., Осадчук, П. І., Ліпін, А. П., Житков, С. С., & Павлішин, П. М. (2020). РЕМОНТ ТРАКТОРІВ І АВТОМОБІЛІВ: навч. посібн.: у 2-х кн.–Кн. 1.
5. Іванов, Б. О., & Тітова, Л. Л. (2022). СТАН СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ НАДІЙНІСТЬ ЙОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ. *Збірник тез доповідей I Міжнародної науково-практичної конференції «HSEAgro–2022». 8-9 лютого 2022 року. МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Науково-виробничий журнал «Промислова безпека», Державна служба України з питань праці. Київ. 2022. 186 с., 119.*
6. Василенко, М. О., Шаповал, Л. І., & Соколенко, О. М. (2017). Обґрунтування строків проведення ремонтно-обслуговуючих робіт мобільної сільськогосподарської техніки з використанням стратегії адаптивного технічного обслуговування і ремонту. *Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха*, 245-255.

7. Галич, І. В. (2019). Аналіз джерел вібрацій та коливань елементів машинно-тракторного агрегату. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*, (30), 72-79.

8. Антощенко, Р. В., & Антощенко, В. М. (2016). Дослідження енергетичних параметрів функціонування багатоелементних машинно-тракторних агрегатів. *Інженерія природокористування*, (2), 105-112.

9. Сіренко, Ю. В., & Сілюченко, В. М. (2022). ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Запоріжжя, 01-25 листопада 2022 р.)/ТДАТУ: ред. кол., СВ Кюрчев, ВМ Кюрчев, ВТ Надикто, ОГ Скляр [та ін.]*. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2022.–239 с. У збірнику представлені матеріали міжнародної науково-практичної, 56.

10. Барабаш, Р. І. (2021). *Обґрунтування виробничої структури пунктів технічного обслуговування тракторів ХТЗ* (Doctoral dissertation, Львівський національний аграрний університет).

11. Труханська, О. О. (2020). Підвищення якості ремонту і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. *Техніка, енергетика, транспорт АПК.-Вінниця, 2018.-№ 3 (102)-С. 52-61*.

12. Борисюк, Д. В., & Зелінський, В. Й. (2017). Методика розрахунку економічної ефективності впровадження технічного діагностування тракторів. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*, (5), 135-142.

13. Грицаєнко, Г. І., & Грицаєнко, І. М. (2020). РОЗВИТОК АГРАРНОГО ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ТА РИНКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ УКРАЇНИ. *Редакційна колегія: ОГ Бондар, доктор юридичних наук, професор*, 105.

14. Аулін, В. В., & Замота, О. М. (2017). *Економічна ефективність системи технічного обслуговування і ремонту мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки з елементами прогнозування* (Doctoral dissertation, ТНТУ).

15. Устюянов, П. Д., Домущі, Д. П., Супрунук, В. П., & Гуславський, А. В. (2022). ОСНОВНІ НАПРЯМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОГО СТАНУ ТЕХНІКИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ. *науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та*, 309.

16. Лесюк, В. С., & Калініченко, О. В. (2020). ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ. *Редакційна колегія: ОГ Бондар, доктор юридичних наук, професор*, 274.

17. Антощенко, Р. В., Лебедєв, А. Т., & Антощенко, В. М. (2017). Керування енергетичними витратами машинно-тракторного агрегата. *Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового лісового та транспортного комплексів»*, (7), 172-179.

18. Адамчук, В., Булгаков, В., Надикто, В., Кюрчев, В., & Камінський, В. (2022). Дослідження впливу ширини захвату машинно-тракторного агрегату на його експлуатаційні показники. *Вісник аграрної науки*, 100(10), 29-36.

19. Dnes, V., Kudrynetskyi, R., & Skibchyk, V. (2020). Методичні засади визначення ефективності використання техніки під час обробітку ґрунту, внесення добрив і сівби ярих культур за енергетичним показником. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research*, (24), 77-82.

20. Бакляк, І. В. (2021). ПЛАНОВО-ЗАПОБІЖНА СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*, 465.

ДОДАТКИ

Додаток А