

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а
до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення механізованої технологічної лінії утилізації гною на
свинофермі з удосконаленням аератора-змішувача**

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-4-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Луценко Владислав Денисович

Керівник: _____ Алієв Ельчин Бахтияр огли

Рецензент: _____ Луц Павло Михайлович

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

прізвище, ініціали

«05» травня 2026 р

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Луценку Владиславу Денисовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення механізованої технологічної лінії утилізації гною на свинофермі з удосконаленням аератора-змішувача

керівник проєкту Алієв Ельчин Бахтияр огли, д.т.н., старший дослідник

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «5» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом проєкту 12.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Аналіз сучасного стану тваринництва та наявних технологій видалення гною. Проведення патентного пошуку, вивчення наукових публікацій і останніх досліджень за обраним напрямом.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз технічних і технологічних рішень свиноферм. 2. Проектування лінії видалення та утилізації гною. 3. Проектування змішувача-аератора з фрезерно-барабанными робочими органами. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна ефективність проєкту. Висновки та пропозиції. Бібліографія. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Схема технологічна (А1). 2. Креслення загального виду (А1). 3. Барабан. Складальне креслення (А2). 4. Кронштейн. Складальне креслення (А3). 5. Труба (А4). 6. Вставка (А4). 7. Кронштейн (А4). 8. Косинка (А4). 9. Лопатка мала (А4). 10. Лопатка велика (А4). 11. Корпус (А2). 12. Економічні показники (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Алієв Е.Б., професор	05.05.2026	12.06.2026
нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент	12.06.2026	

7. Дата видачі завдання: «05» травня 2026 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 12.05.2026 р.	
2	Технологічний	до 19.05.2026 р.	
3	Конструкційний	до 26.05.2026 р.	
4	Охорона праці	до 02.06.2026 р.	
5	Економічний	до 09.06.2026 р.	
6	Графічна частина	до 12.06.2026 р.	

Студент

(підпис)

Луценко В. Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Алієв Е.Б.

(прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення			Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
					<u>Текстові документи</u>			
1	A4	46ДП.165000.000.ПЗ			Пояснювальна записка	68		
					<u>Графічні матеріали</u>			
2	A1	46ДП.165000.000.ТХ			Схема технологічна	1	1	
3	A1	46ДП.165100.000.ВЗ			Креслення загального виду	1	2	
4	A2	46ДП.165101.000.СК			Барабан	1	3	
5	A3	46ДП.165103.000.СК			Кронштейн	1	3	
6	A4	46ДП.165101.001			Труба	1	3	
7	A4	46ДП.165101.002			Вставка	1	3	
8	A4	46ДП.165101.003			Кронштейн	1	4	
9	A4	46ДП.165101.004			Косинка	1	4	
10	A4	46ДП.165101.005			Лопатка мала	1	4	
11	A4	46ДП.165101.006			Лопатка велика	1	4	
12	A2	46ДП.165102.000.СК			Корпус	1	4	
13	A1	46ДП.165000.000.ПЕ			Економічні показники	1	5	
					46ДП.165000.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розробив	Луценко В.Д.				Удосконалення механізованої технологічної лінії утилізації гною на свинофермі з удосконаленням аератора-змішувача		літе	аркуш
Перевірів	Алієв Е.Б.							4
								68
Н. контр.	Івлєв В.В.						ДДАЕУ АІС-4-23	
Затверд.	Дудін В. Ю.							

АНОТАЦІЯ

Луценко В. Д. Удосконалення механізованої технологічної лінії утилізації гною на свинофермі з удосконаленням аератора-змішувача / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У проєкті розглянуто сучасні технічні та технологічні рішення організації виробничих процесів на свинофермах з акцентом на механізацію та автоматизацію. Проведено аналіз систем утримання свиней, основних виробничих процесів і способів видалення гною, що дозволило обґрунтувати вибір ефективної технології для проєктування лінії видалення та утилізації гною. Виконано розрахунок продуктивності та здійснено підбір засобів механізації відповідно до зоотехнічних вимог.

У роботі також розроблено конструкцію змішувача-аератора з фрезерно-барабанним робочим органом, наведено його розрахункове обґрунтування та визначено основні конструктивні параметри. Додатково виконано розрахунок площі майданчика для компостування та геометричних параметрів буртів.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці, екологічної безпеки та техніко-економічної ефективності запропонованих рішень. Результати роботи можуть бути використані при проєктуванні та модернізації свинарських підприємств із впровадженням ресурсоефективних технологій утилізації гною.

Ключові слова: свиноферма, технологія утримання свиней, механізація виробництва, видалення гною, щілинна підлога, лінія утилізації гною, змішувач-аератор, компостування.

Зміст

Вступ.....	7
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ СВИНОФЕРМ.....	9
1.1 Обґрунтування вибору технології утримання свиней.....	9
1.2 Основні механізовані виробничі процеси	13
1.3 Основні системи видалення гною для свиноферми	16
1.4 Висновки до розділу.....	18
2 ПРОЕКТУВАННЯ ЛІНІЇ ВИДАЛЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ГНОЮ	20
2.1 Вихідні параметри та зоотехнічні вимоги до організації процесу	20
2.2 Постановка проєктного завдання	22
2.3 Обрання технології та технічних засобів механізації лінії	23
2.4 Визначення продуктивності лінії	25
2.5 Вибір засобів механізації	27
2.6 Висновки до розділу.....	30
3 ПРОЄКТУВАННЯ ЗМІШУВАЧА-АЕРАТОРА З ФРЕЗЕРНО- БАРАБАННИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ.....	32
3.1 Обґрунтування важливості питання	32
3.2 Стан питання та шляхи його вирішення	35
3.3 Розрахунок фрезерно-барабанного робочого органу змішувача- аератора	41
3.4 Обґрунтування геометричних розмірів бортів та розрахунок площі майданчика для компостування	46
3.5 Висновки до розділу.....	48
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	50
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ	53
ВИСНОВКИ	56
БІБЛІОГРАФІЯ	58
Додатки	61

Вступ

Сучасний розвиток агропромислового комплексу України, зокрема галузі свинарства, характеризується підвищенням рівня інтенсифікації виробництва та концентрації поголів'я тварин. Це, у свою чергу, супроводжується значним збільшенням обсягів утворення гною, який за відсутності ефективних технологій утилізації може стати джерелом забруднення навколишнього середовища, поширення неприємних запахів, патогенних мікроорганізмів і шкідливих газів.

Рациональне поводження з гноєм є важливою складовою екологічної безпеки та економічної ефективності свинарських господарств. Сучасні технології утилізації передбачають не лише видалення гною, а й його переробку з метою отримання цінних органічних добрив або енергетичних ресурсів. Водночас ефективність цих процесів значною мірою залежить від рівня механізації технологічних ліній, а також від конструктивних і режимних параметрів застосовуваного обладнання.

Одним із ключових елементів технологічної лінії утилізації гною є процес перемішування та аерації, який забезпечує інтенсифікацію біохімічних процесів, зменшення запахів, покращення однорідності субстрату та підвищення ефективності подальшої переробки. Недосконалість існуючих аераторів-змішувачів, зокрема недостатня ефективність перемішування, нерівномірність подачі повітря та значні енерговитрати, обумовлює необхідність їх удосконалення.

Актуальність теми роботи полягає у необхідності підвищення ефективності механізованих технологічних ліній утилізації гною на свинофермах шляхом удосконалення конструкції та режимів роботи аератора-змішувача. Це дозволить покращити екологічні показники виробництва, знизити експлуатаційні витрати та підвищити якість кінцевого продукту.

Метою роботи є удосконалення механізованої технологічної лінії утилізації гною на свинофермі з розробкою та обґрунтуванням параметрів аератора-змішувача.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні **завдання**:

- провести аналіз сучасних технологічних і технічних рішень свинарських підприємств;
- обґрунтувати вибір ефективної системи утримання свиней та організації виробничих процесів;
- дослідити існуючі способи видалення та утилізації гною і визначити найбільш доцільний варіант;
- розробити технологічну схему лінії видалення та утилізації гною; виконати розрахунок її основних параметрів та продуктивності;
- здійснити підбір і обґрунтування засобів механізації;
- розробити конструкцію змішувача-аератора з фрезерно-барабанним робочим органом та розрахувати його основні параметри;
- визначити параметри майданчика для компостування; оцінити техніко-економічну ефективність запропонованих рішень;
- проаналізувати питання охорони праці та екологічної безпеки.

Об'єктом дослідження є технологічний процес утилізації гною на свинофермі.

Предметом дослідження є конструктивні та режимні параметри аератора-змішувача в складі механізованої технологічної лінії.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості впровадження удосконаленого аератора-змішувача у виробництво, що сприятиме підвищенню ефективності утилізації гною, зменшенню негативного впливу на довкілля та покращенню економічних показників роботи свиноферм.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

СВИНОФЕРМ

1.1 Обґрунтування вибору технології утримання свиней

У свинарських фермах і промислових комплексах усе поголів'я свиней поділяють на технологічні групи відповідно до віку, фізіологічного стану та виробничого призначення. Такий поділ є основою організації потокового виробництва та забезпечення ефективного управління технологічними процесами.

1. Плідники-кн урі

Цю категорію складають:

- головні кнури – самці, яким виповнилося півтора року і більше, чия якість потомства вже оцінена та які залучаються переважно до розмноження;

- кнури у стадії випробування – ті, що перебувають у проміжку від першого спарювання до моменту визначення продуктивності за показниками нащадків (зокрема, за вагою молодняку у два місяці);

- молоді кнури для заміни стада – молоді самці, від моменту їх вибору чи купівлі аж до першого парування, призначені аби замінити вибракуваних племінних самців основного поголів'я.

2. Свиноматки

Свиноматок класифікують залежно від їхнього фізіологічного стану на кілька виробничих підгруп:

- свиноматки непідсисні – період від моменту відлучення молодняку до процедури штучного осіменіння;

- свиноматки у стані тільності, які поділяються на три фази: Перша фаза – з часу запліднення до підтвердження факту настання тільності; Друга фаза – тварини, у яких тільність підтверджена; Третя фаза – друга половина вагітності;

– свиноматки-годувальниці – самки з поросятами до досягнення ними 45–60-денного віку, а якщо відлучення відбувається раніше, то до 26–36 доби.

Окремо виділяють:

- основне поголів'я свиноматок, що регулярно залучається до процесу відтворення;
- свиноматки на оцінці – ті, що проходять етап від першого осіменіння до першого опоросу та подальшого відлучення молодняку.

3. Поросята-вигодовувані

Це молодняк, починаючи з моменту народження і аж до моменту відлучення від свиноматки.

4. Відлучений молодняк

Група молодих тварин у віці від відлучення до трьох-чотирьох місяців (або до досягнення приблизно 38 кг ваги), після чого вони переводяться у групи для дорощування чи відгодівлі.

5. Ремонтні свинки

Молоді самки, починаючи від моменту їх відбору чи придбання і до моменту встановлення першої ознаки тільності. Їхня функція полягає у поповненні та заміні свиноматок, вибракуваних з основного стада.

6. Свині на відгодівлі

До цієї групи належать тварини віком від 3–4 місяців до реалізації, а також вибракувані дорослі свині, які відгодовуються на м'ясо.

У процесі виробництва продукції на свинарських підприємствах рух технологічних груп організовується за потоковим принципом (рис. 1.1). Для кожної групи, як правило, передбачають окремі виробничі приміщення: свинарники-маточники, приміщення для холостих і поросних свиноматок, дорощування порослят, вирощування ремонтного молодняку, відгодівлі та утримання кнурів. За умови дотримання норм технологічного проєктування допускається блокування приміщень із відокремленням їх суцільними перегородками.

Згідно з нормами технологічного проєктування, у свинарстві застосовують дві основні системи утримання: вигульну; безвигульну.

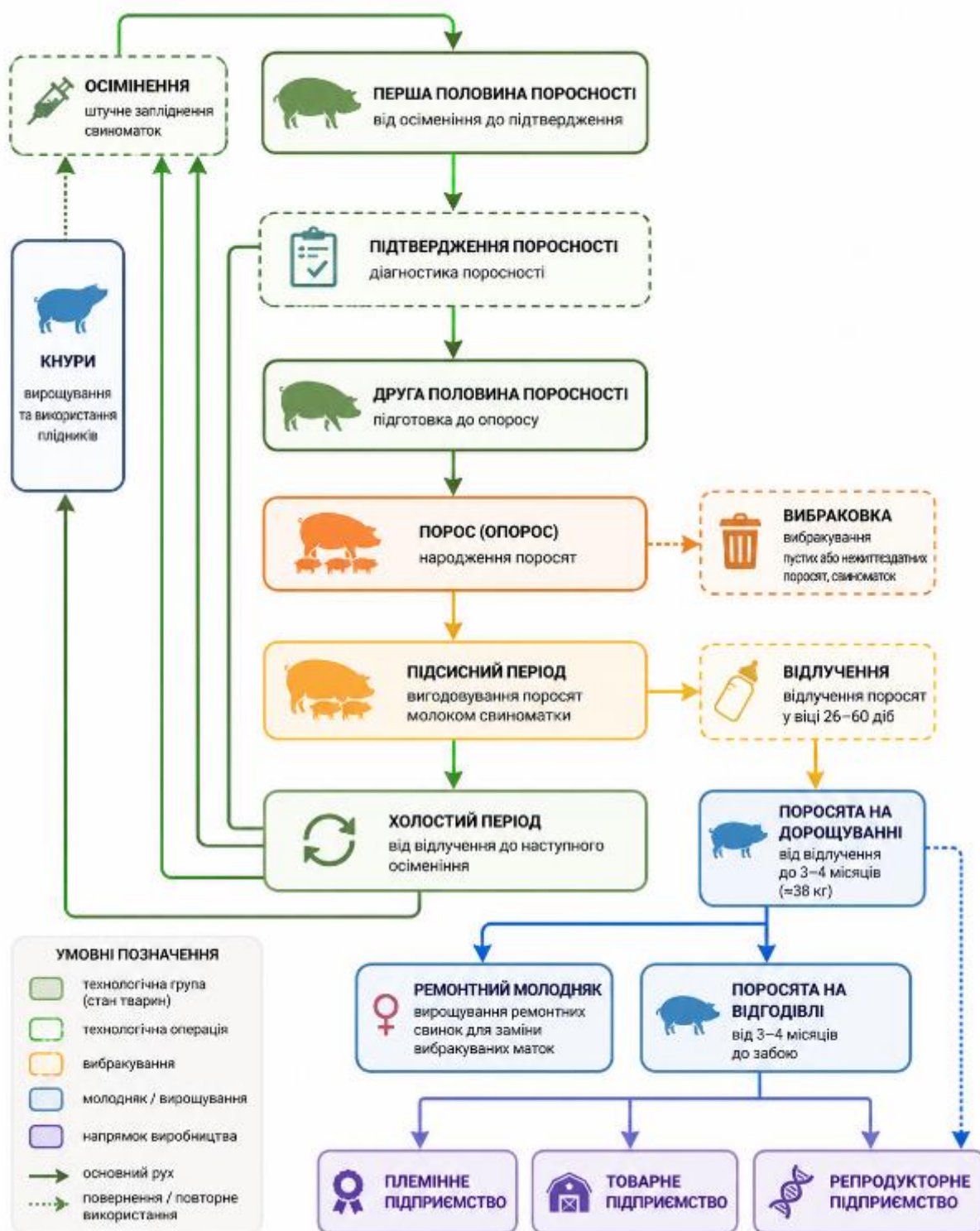


Рисунок 1.1 – Схема руху поголів'я на свинофермі

Вигульна система рекомендується переважно для племінних господарств і репродукторів, а також для кнурів-плідників, ремонтного

молодняку, холостих і поросних свиноматок (при груповому утриманні) у товарних комплексах. Інші групи тварин зазвичай утримують безвигульно.

Вигульні майданчики розміщують уздовж поздовжніх стін свинарників і поділяють на секції відповідно до чисельності груп або умов обслуговування. Для активного моціону кнурів і свиноматок у першій половині поросності можуть використовуватися механічні тренажери.

Застосовують два основні способи: груповий – тварин розміщують у секціях або групових станках; індивідуальний – утримання в окремих станках.

Індивідуально утримують кнурів-плідників, глибокопоросних і підсисних свиноматок. Холостих і нещодавно осіменених свиноматок допускається утримувати як індивідуально, так і групами. Інші категорії (поросята, ремонтний молодняк, відгодівельні свині) переважно утримують групами.

Формування груп здійснюють з урахуванням: однакового фізіологічного стану; близького віку; подібної живої маси (допустима різниця до 10%); для поросних свиноматок – різниця за строками осіменіння не більше 8 діб (на промислових комплексах – до 10 діб).

У відгодівельному свинарстві застосовують: однофазну систему – утримання від народження до реалізації в одному приміщенні; двофазну систему – поросята вирощуються разом до дорощування, після чого переводяться на відгодівлю; трифазну систему (найпоширенішу) – включає опорос, дорощування та відгодівлю в окремих приміщеннях.

З економічної точки зору найефективнішою вважається однофазна система, оскільки вона мінімізує стрес і зменшує втрати продуктивності.

Технології свинарства також класифікують за: наявністю підстилки (глибока, змінна або без підстилки); типом підлоги (суцільна, частково або повністю щілинна); видом годівлі (суха, волога, рідка); способом видалення гною (механічний, гідравлічний, комбінований); типом будівель (капітальні, ангарного типу, холодного утримання).

1.2 Основні механізовані виробничі процеси

Сучасне свинарство як високотехнологічна галузь тваринництва базується на широкому впровадженні механізованих і частково автоматизованих виробничих процесів, що дозволяє значно підвищити продуктивність праці, покращити зоогігієнічні умови утримання тварин, знизити собівартість продукції та забезпечити стабільність виробництва. На свиновідгодівельних фермах, особливо промислового типу, механізація охоплює практично всі етапи виробничого циклу: від приймання тварин і їх розміщення до годівлі, напування, видалення гною, підтримання мікроклімату та відвантаження готової продукції. Комплексна механізація цих процесів є ключовою умовою ефективного функціонування сучасного свинарського підприємства.

Одним із базових механізованих процесів є транспортування та розміщення свиней у виробничих приміщеннях. На відгодівельних фермах молодняк надходить з репродукторних господарств або комплексів дорощування і доставляється спеціалізованим автотранспортом, обладнаним вентиляцією та системами безпеки. Розвантаження тварин здійснюється через спеціальні рампи з неслизьким покриттям, що мінімізує стрес і травматизм. Далі тварини спрямовуються у групові станки або секції відповідно до віку, живої маси та технологічної групи. Механізація цього етапу передбачає використання перегородок, напрямних коридорів, автоматичних воріт та систем обліку поголів'я.

Наступним важливим виробничим процесом є годівля свиней, яка на сучасних фермах майже повністю механізована або автоматизована. Використовуються сухі, вологі або комбіновані системи годівлі. Найпоширенішими є автоматичні бункерні системи подачі сухих комбікормів, де корм транспортується шнековими, ланцюгово-скребковими або пневматичними транспортерами з кормоцеху до

годівниць у секціях. У більш технологічно розвинених господарствах застосовують комп'ютеризовані системи індивідуального або групового дозування корму, які дозволяють точно регулювати раціон залежно від віку, маси та продуктивного стану тварин. Це забезпечує оптимальне використання кормів, зменшення втрат та підвищення приростів живої маси.

Напування свиней також є повністю механізованим процесом. Найчастіше використовуються ніпельні або чашкові напувалки, підключені до централізованої системи водопостачання. У сучасних фермах передбачено автоматичне регулювання тиску води, її фільтрацію та, за потреби, дозоване введення ветеринарних препаратів або вітамінних добавок (система медикації через воду). Рівень водоспоживання контролюється автоматично, що дозволяє своєчасно виявляти відхилення у стані тварин, оскільки зниження споживання води часто є першим сигналом захворювань.

Важливим напрямом механізації є видалення гною, яке має безпосередній вплив на санітарний стан приміщень і мікроклімат. На свиновідгодівельних фермах застосовуються різні системи гноєвидалення: механічні, гідравлічні та комбіновані. Найбільш поширеними є щілинні підлоги з підпідлоговими каналами, де гній самопливом або за допомогою скреперних установок переміщується до збірних колодязів. У деяких системах використовуються гідросплавні технології, коли гній змивається водою і транспортується каналами до гноєсховищ. Далі гній може подаватися насосами на сепараційні установки або в системи біогазових комплексів. Механізація цього процесу значно зменшує трудові витрати та покращує санітарно-гігієнічні умови утримання тварин.

Окреме місце займає забезпечення оптимального мікроклімату у свинарниках, що є критично важливим для ефективного відгодівельного процесу. Системи вентиляції на сучасних фермах є автоматизованими і включають припливно-витяжні установки з регулюванням температури,

вологості та швидкості руху повітря. Використовуються осьові та відцентрові вентилятори, повітроводи, жалюзійні заслінки, а також датчики температури і вологості, які передають інформацію на центральний контролер. У зимовий період застосовуються системи підігріву повітря або локального обігріву зон утримання поросят. Влітку ефективними є системи випарного охолодження. Автоматизація мікроклімату дозволяє підтримувати стабільні умови незалежно від зовнішніх факторів.

Важливим механізованим процесом є прибирання та санітарна обробка приміщень. Після кожного технологічного циклу проводиться очищення станків, підлог, годівниць та напувалок за допомогою високонапірних мийок. Далі здійснюється дезінфекція з використанням спеціальних розпилювальних установок або генераторів аерозолі. Це дозволяє знизити мікробне навантаження і попередити виникнення інфекційних захворювань. Механізація цього процесу суттєво скорочує час підготовки приміщень до нового циклу відгодівлі.

Не менш важливим є процес контролю та обліку тварин. На сучасних фермах впроваджуються електронні системи ідентифікації, зокрема RFID-мітки або чіпи, які дозволяють відстежувати індивідуальні показники кожної тварини: прирости, споживання корму, стан здоров'я. Дані автоматично передаються до програмного забезпечення управління фермою, де здійснюється аналіз ефективності відгодівлі. Це дає можливість оперативно приймати управлінські рішення та оптимізувати технологічні процеси.

Завершальним етапом виробничого циклу є відвантаження свиней на забій, яке також механізоване. Використовуються спеціальні перегінні коридори, мобільні перегородки та транспортувальні рампи, що забезпечують мінімізацію стресу у тварин. Завантаження здійснюється у спеціалізований автотранспорт з урахуванням ветеринарно-санітарних вимог і правил гуманного поводження з тваринами.

Таким чином, основні механізовані виробничі процеси на свиновідгодівельній фермі утворюють єдину технологічну систему, що охоплює всі етапи виробництва. Комплексна механізація дозволяє значно підвищити ефективність виробництва свинини, забезпечити стабільність технологічних параметрів, покращити умови праці персоналу та підвищити рівень біобезпеки. Подальший розвиток галузі пов'язаний із впровадженням автоматизованих систем управління, роботизованих комплексів та цифрових технологій моніторингу, що формують основу сучасного високопродуктивного свиначства.

1.3 Основні системи видалення гною для свиноферми

Однією з визначальних рис утримання свиней на підлозі з щілинами є абсолютне відокремлення різних технологічних груп тварин. Водночас, загальноприйняті гідравлічні методи прибирання рідкого гною (наприклад, системи з відстійними лотками, безперервної самопливної дії чи гідропромивні) через особливості свого дизайну та експлуатації не здатні гарантувати такого розділення, адже вони проєктуються для обслуговування приміщення в цілому як єдиного комплексу.

Саме тому, коли застосовується цей метод утримання, використовують вакуумно-самопливну систему для відведення гною.

Тверді та рідкі складові гнійних виділень проходять крізь щілинні покриття до відведених для збору гною сховищ, де накопичуються завдяки герметичному закриттю зливних отворів. Щойно резервуар буде заповнено, зливний вентиль відчиняють вручну, застосовуючи для цього спеціальний інструмент (гак). Після цього гнійна суміш прямує до зливного отвору і далі по трубопровідній системі переміщується поза межі свинарника до місця попереднього зберігання гною, звідки вона або самопливом, або за допомогою насосного обладнання для рідких відходів направляється на подальшу стадію переробки.

Щілинна підлога на сучасних свинарських підприємствах виконується переважно у двох варіантах – пластикова та бетонна. Пластикові елементи застосовують у секціях опоросу та дорошування, тоді як бетонні – у відгодівельних приміщеннях.

Типові розміри пластикових секцій становлять приблизно 600×400 мм, тоді як бетонні елементи мають розміри в межах 1000–3000×500 мм із кроком 100 мм по довжині. Пластикові секції монтуються на Т- або дельтаподібні склопластикові балки, які спираються на стінки ванн або проміжні опори.

Під час проектування вакуум-самосплавних систем необхідно дотримуватися конструктивних вимог. Зокрема, площа однієї ванни не повинна перевищувати 35 м², її ширина має бути не меншою за 1/4 довжини. Глибина ванни визначається з розрахунку накопичення гною за 14 діб, але не може бути меншою за 0,4 м. Основа робиться абсолютно пласкою, а посередині проектується невеличка яма (септична чаша) розміром один на один метр або ж із діаметром один метр та глибиною десять сантиметрів.

Ця заглиблення з'єднується із основним, довгим колектором, виготовленим із ПВХ-труб діаметром від двохсот п'ятдесяти до трьохсот міліметрів. Такий колектор укладається з нахилом у величині 0,005 у напрямку до поперечного (бокового) колектора. На самому початку кожного з поздовжніх колекторів треба змонтувати зворотний клапан для вентиляції. Після цього поздовжні колектори за допомогою спеціальних переходів чи розгалужень (трійників) приєднуються до поперечного колектора.

Монтаж системи в приміщенні відгодівлі з бетонною щілинною підлогою здійснюється поетапно. Спочатку укладають трубопроводи каналізації, в які відповідно до плану встановлюють гноєвідводи. Це дозволяє уникнути підрізання труб і зменшує кількість відходів матеріалу.

Далі основу вирівнюють, укладають гідроізоляційну плівку,

монтують арматурну сітку та виконують бетонування шаром не менше 150 мм. Під час заливки формують прямки за допомогою шаблонів. Після затвердіння бетону формують стінки ванн із армованого бетону товщиною 120–150 мм.

Завершальним етапом є монтаж щілинної підлоги та встановлення міжсекційних перегородок. У разі великих ванн додатково встановлюють проміжні опори з опорними залізобетонними балками. Перед введенням системи в експлуатацію необхідно очистити ванни від сторонніх предметів, перевірити стан пробок, а також заповнити їх шаром води (близько 50 мм) для зволоження поверхні бетону та запобігання налипанню гною. У процесі експлуатації слід дотримуватися регламенту обслуговування: видалення гною здійснюється кожні 14 діб, починаючи з найдалшої ванни від виходу. Одночасне спорожнення кількох ванн заборонено – кожна наступна ванна обслуговується лише після повного очищення попередньої. Час спорожнення однієї ванни становить 2–3 хвилини. Під час зливу гною тимчасово вимикають подачу води в напувалки та кормові автомати. Після завершення процесу пробки встановлюють у вихідне положення та контролюють їх правильну фіксацію. При цьому категорично забороняється зупиняти відведення гною шляхом механічного перекриття пробкою.

1.4 Висновки до розділу

У свинарських підприємствах виробничий процес організований за принципом поділу поголів'я на технологічні групи відповідно до віку, фізіологічного стану та виробничого призначення, що забезпечує потокову систему виробництва та ефективне управління стадом. Для кожної групи застосовуються спеціалізовані умови утримання, годівлі та обслуговування, що дозволяє підвищити продуктивність і знизити втрати. Сучасне свинарство базується на комплексній механізації та автоматизації

основних процесів, включаючи годівлю, напування, мікроклімат, видалення гною, облік і переміщення тварин. Загалом інтеграція потокової організації виробництва та механізованих технологій є основою сучасного високоефективного свинарства.

2 ПРОЕКТУВАННЯ ЛІНІЇ ВИДАЛЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ГНОЮ

2.1 Вихідні параметри та зоотехнічні вимоги до організації процесу

Вихідні параметри для проектування механізованої технологічної лінії видалення та утилізації гною формуються з урахуванням виробничих умов конкретного тваринницького підприємства, особливостей утримання поголів'я та рівня технічного оснащення ферми.

У даній роботі прийнято такі вихідні дані:

– вид і чисельність тварин – свині на відгодівлі у кількості 1000 голів;

– технологія утримання – утримання тварин на глибокій підстилці;

– наявні виробничі приміщення, інженерні мережі та засоби механізації, характеристика яких наведена у першому розділі роботи.

Застосування системи утримання на глибокій підстилці обумовлює утворення значних обсягів підстилкового гною з підвищеним вмістом органічної речовини, що впливає на вибір способів його видалення, транспортування та подальшої переробки. Такі умови вимагають використання ефективних засобів механізації, здатних забезпечити безперебійність технологічного процесу та мінімізацію ручної праці.

До систем видалення, обробки та підготовки гною до подальшого використання висувається комплекс зоотехнічних і ветеринарно-санітарних вимог, спрямованих на забезпечення біобезпеки господарства та охорону навколишнього середовища.

Основними з них є такі:

– у гної, підготовленому до внесення в ґрунт або іншого використання, не повинні міститися збудники інфекційних та інвазійних

захворювань, а також життєздатне насіння бур'янів, що може призвести до погіршення фітосанітарного стану угідь;

– при проєктуванні систем обробки гною необхідно передбачати обов'язкове карантинування всіх його видів, включаючи гнойові стоки. При цьому мають застосовуватися ефективні технологічні рішення та технічні засоби знезараження (дезінфекції та дезінвазії), вибір яких здійснюється з урахуванням епізоотичної ситуації в господарстві та регіоні;

– для витримування підстилкового гною та твердої фракції передбачаються спеціалізовані сховища секційного типу з твердим, водонепроникним покриттям, що запобігає інфільтрації забруднюючих речовин у ґрунт і підземні води. Для рідкого або напіврідкого гною застосовуються герметичні ємності аналогічної секційної конструкції;

– у разі виникнення інфекційних захворювань у поголів'ї гній підлягає обов'язковому знезараженню одним або комбінацією таких методів: біологічним (шляхом тривалого компостування або витримування), хімічним (обробка аміаком, формальдегідом або іншими реагентами), фізичним (термічна обробка, сушіння або спалювання).

Крім того, технологічна лінія повинна забезпечувати своєчасне видалення гною з приміщень, недопущення накопичення шкідливих газів (аміаку, сірководню, метану), зниження вологості та покращення мікроклімату у свинарниках. Важливою вимогою є також герметичність транспортуючих елементів і мінімізація втрат органічної речовини та поживних компонентів гною.

Таким чином, врахування наведених вихідних даних і зоотехнічних вимог є необхідною передумовою для обґрунтованого вибору та подальшого удосконалення технологічної лінії утилізації гною, зокрема розробки ефективного аератора-змішувача.

2.2 Постановка проєктного завдання

З урахуванням цілей і вихідних положень, сформульованих у попередньому розділі, а також виробничих параметрів запроєктованої свиноферми (1000 голів на відгодівлі) і встановлених ветеринарно-санітарних вимог, у даному розділі визначається комплекс завдань, пов'язаних із розробкою механізованої технологічної лінії видалення та утилізації гною.

Основною метою проєктування є створення ефективної, надійної та екологічно безпечної системи, яка забезпечить своєчасне видалення гнойових мас із тваринницьких приміщень, їх транспортування, обробку та підготовку до подальшого використання або зберігання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- обґрунтувати вибір раціональної технології видалення та утилізації гною з урахуванням способу утримання тварин (глибока підстилка);
- розробити структурно-технологічну схему лінії, що забезпечує безперервність і узгодженість виконання всіх операцій;
- здійснити підбір основного та допоміжного обладнання, включаючи засоби транспортування, перемішування, аерації та зберігання гною;
- визначити оптимальний склад машин і механізмів та розрахувати їх необхідну кількість відповідно до продуктивності ферми;
- обґрунтувати конструктивні та режимні параметри ключового елемента системи – аератора-змішувача;
- забезпечити відповідність розробленої лінії вимогам охорони праці, екологічної безпеки та енергоефективності.

Особлива увага при проєктуванні приділяється вибору такого варіанту технологічного процесу, який дозволить мінімізувати витрати праці та енергоресурсів, знизити негативний вплив на навколишнє

середовище та підвищити ефективність використання гною як органічного добрива.

Таким чином, у межах даного розділу формується обґрунтована інженерна база для подальшої розробки та удосконалення технологічної лінії утилізації гною з використанням сучасних технічних рішень.

2.3 Обрання технології та технічних засобів механізації лінії

Вибір технології видалення, транспортування та утилізації гною визначається конкретними виробничими умовами господарства, зокрема способом утримання тварин, типом приміщень, консистенцією гнойових мас і рівнем технічного оснащення ферми. У практиці свиначства застосовується кілька технологічних схем, кожна з яких має свої особливості, переваги та обмеження.

Процес технологічний, що стосується утримання свиней та подальшого використання їхніх відходів, включає низку взаємозалежних етапів: надання поголів'ю підстилкового матеріалу та його рівномірне розстеляння; прибирання стійл та вивезення гною; переправлення гнійних мас у зони короткочасного зберігання чи переробки; дезінфекція та термічна обробка; формування компосту; доставка органічних добрив на угіддя та їхнє внесення у земельну ділянку. Найбільш обґрунтованими вважаються такі методики, які дають змогу знизити ступінь вологості гною та максимально зберегти елементи живлення, потрібні для покращення гумусного шару ґрунту.

У випадку застосування щілинних підлог гній накопичується у підпідлогових каналах або резервуарах, звідки його періодично видаляють у міру заповнення. Така система забезпечує високий рівень автоматизації процесу, однак потребує складних інженерних рішень і обмежує використання підстилки, що може негативно впливати на комфорт утримання тварин.

За безпідстилкової технології формується напіврідкий гній, який транспортується механізованими або насосними системами до гноєзбірників. Після витримування його використовують для компостування або як добриво. Перевагами цього підходу є можливість автоматизації та безперервності процесу, тоді як недоліками виступають висока вартість обладнання та залежність від його надійності.

Гідравлічні системи передбачають видалення гною за допомогою води, внаслідок чого утворюється рідка маса, яка надходить у накопичувальні ємності. Надалі гній піддається механічному розділенню, гомогенізації, знезараженню та використовується у вигляді різних фракцій. Однак значні витрати води, підвищення вологості повітря в приміщеннях, ускладнення транспортування і зберігання, особливо в холодний період, істотно обмежують ефективність таких систем.

Перспективним напрямом є анаеробна переробка гною з отриманням біогазу. Ця технологія дозволяє одночасно вирішити питання енергозабезпечення та отримання знезаражених органічних добрив. Водночас її впровадження потребує значних капіталовкладень і є економічно доцільним переважно для великих тваринницьких комплексів.

З огляду на виробничу спеціалізацію господарства (відгодівля свиней) та наявність достатньої кількості підстилкового матеріалу (соломи), доцільним є застосування технології утримання тварин на глибокій підстилці. Така система забезпечує покращення санітарно-гігієнічних умов, зменшення тепловтрат у приміщенні, а також сприяє частковому біотермічному розкладу гною безпосередньо в місцях його накопичення. Крім того, вона характеризується відносно невеликими капітальними та експлуатаційними витратами.

Враховуючи зазначені фактори, для даної свиноферми приймається технологічна схема, за якою видалення гною із станків здійснюється періодично із застосуванням мобільних засобів механізації. Для цього використовуються наявні в господарстві машини та агрегати, зокрема

трактори типу ДТ-75 з навісним обладнанням ПФП-1,2, а також МТЗ-80 у комплекті з причепом 2ПТС-4-887Б. Видалення гною проводиться, як правило, у період зміни відгодівельного поголів'я або за необхідності очищення приміщень.

Після вилучення гній транспортується до спеціально відведених майданчиків, де здійснюється його карантинування, знезараження та компостування. У подальшому отримане органічне добриво використовується на полях господарства, що забезпечує замкнений цикл використання поживних речовин і підвищує ефективність рослинницької галузі.

Таким чином, обрана технологія та засоби механізації відповідають виробничим умовам господарства, забезпечують необхідний рівень ефективності та екологічної безпеки, а також створюють передумови для подальшого удосконалення технологічної лінії, зокрема шляхом впровадження аератора-змішувача.

2.4 Визначення продуктивності лінії

Для обґрунтування параметрів технологічної лінії видалення гною необхідно визначити загальний добовий та сумарний обсяг гнойових мас, що утворюються у свинарнику-відгодівельнику. Загальний вихід гною від поголів'я визначається як добуток індивідуального виходу на кількість тварин відповідної групи.

Загальна кількість гною, що утворюється за добу, розраховується за виразом:

$$M_{\text{гн}} = (q_i \cdot m_i) / 1000, \text{ т} \quad (2.1)$$

де q_i – добовий вихід гною від однієї тварини i -ї групи, кг/гол·добу; m_i – кількість свиней у групі, гол.

Добовий обсяг гною від однієї тварини визначається як сума всіх складових гнойового потоку:

$$q_i = q_p + q_t + q_n, \text{ кг/гол} \cdot \text{добу} \quad (2.2)$$

де q_p – рідка фракція гною; q_t – тверда фракція гною; q_n – кількість підстилкового матеріалу, що додається на одну тварину за добу.

Згідно з вихідними даними [12], для відгодівельного поголів'я свиней приймаємо: $q_p = 4$ кг/гол·добу, $q_t = 7$ кг/гол·добу, $q_n = 3$ кг/гол·добу.

Тоді добовий вихід гною від однієї тварини становить:

$$q_i = 4 + 7 + 3 = 14 \text{ кг/гол} \cdot \text{добу}.$$

За умови утримання 1000 голів свиней добовий вихід гною буде:

$$M_{\text{гн}} = (14 \cdot 1000) / 1000 = 14 \text{ т/добу}.$$

Таким чином, свинарник формує значний добовий обсяг органічних відходів, що потребує своєчасного та ефективного видалення.

Для визначення навантаження на систему видалення гною необхідно врахувати повний обсяг гнойових мас, що накопичуються за один виробничий цикл утримання тварин.

Загальна маса гною за період відгодівлі визначається за формулою:

$$M_{\text{гн}} = (q \cdot m \cdot T) / 1000, \text{ т} \quad (2.3)$$

де q – добовий вихід гною від однієї тварини, кг/гол·добу; m – поголів'я тварин, гол ($m = 1000$); T – тривалість періоду відгодівлі, діб ($T = 113$ діб).

Підставляючи значення, отримуємо:

$$M_{\text{гн}} = (14 \cdot 1000 \cdot 113) / 1000 = 1582 \text{ т}.$$

Отже, за один цикл відгодівлі у приміщенні накопичується 1582 т гною, що має бути своєчасно видалено технологічною лінією.

Продуктивність лінії видалення гною визначається як відношення загальної маси гною до допустимого часу його видалення:

$$Q_{\text{л}} = M_{\text{гн}} / T_{\text{видал}}, \text{ т/год} \quad (2.4)$$

де $T_{\text{видал}}$ – допустимий час видалення гною з приміщення, год.

З урахуванням технологічного циклу встановлено, що між періодами відгодівлі передбачено 7 діб, з яких:

– 3 доби відводяться на видалення гною;

- 3 доби – на дезінфекцію приміщення;
- 1 доба – на внесення та підготовку підстилки.

Таким чином, максимально допустимий фонд часу для механізованого видалення гною становить:

$$T_{\text{видал}} = 3 \text{ доби} \times 24 = 72 \text{ год.}$$

З урахуванням організації праці (3 зміни по 7 годин) фактичний робочий час становить:

$$T_{\text{видал}} = 63 \text{ год.}$$

Тоді розрахункова продуктивність технологічної лінії:

$$Q_{\text{л}} = 1582 / 63 = 25,1 \text{ т/год.}$$

Отримане значення продуктивності показує, що технологічна лінія видалення гною повинна бути розрахована на інтенсивність роботи не менше 25,1 т/год, що забезпечує своєчасне очищення приміщення та дотримання технологічного циклу утримання свиней.

2.5 Вибір засобів механізації

Відповідно до прийнятої технологічної схеми видалення гною у свинарнику-відгодівельнику та з урахуванням наявного машинно-тракторного парку підприємства, операції очищення станків від гною, його завантаження та транспортування до місця зберігання виконуються із застосуванням комплексу мобільних засобів механізації. Зокрема, для внутрішньогосподарських робіт передбачається використання трактора ДТ-75 із навісним фронтально-перекидним завантажувачем ПФП-1,2, а для транспортування гною до гноєсховища – трактор МТЗ-80 у агрегаті з причепом-самоскидом 2ПТС-4-887Б.

Завантажувач ПФП-1,2 являє собою фронтально-перекидний робочий орган із ковшем, змонтованим на П-подібній рамі. Робота здійснюється циклічно: ківш опускається на поверхню гною, заповнюється при поступальному русі, після чого за допомогою гідроциліндра

піднімається, розвертається та вивантажує матеріал у кузов транспортного засобу. Паспортна продуктивність такого обладнання становить до 125 т/год [25]. Однак з урахуванням фізико-механічних властивостей підстилкового гною (середня щільність близько 800 кг/м³), а також реальних умов експлуатації, розрахункова продуктивність приймається на рівні:

$$Q_3 = 60 \text{ т/год}$$

Необхідна кількість завантажувачів визначається за залежністю:

$$n = Q_L / Q_3 \quad (2.5)$$

де Q_L – продуктивність лінії видалення гною, т/год; Q_3 – продуктивність завантажувача, т/год.

Підставляючи значення, отримуємо:

$$n = 25,1 / 60 = 0,42$$

Тож, аби провести роботи з очищення та завантаження, вистачить однієї машини ПФП-1,2, у парі з трактором ДТ-75, що вже є у наявності в господарстві.

Далі визначається потреба в мобільних транспортних засобах для вивезення гною до місця зберігання. Мінімальна кількість транспортних агрегатів визначається як відношення необхідної кількості рейсів до продуктивності одного агрегату:

$$n_{\text{моб}} = i_p / i_1 \quad (2.6)$$

де i_p – загальна кількість рейсів для перевезення гною; i_1 – кількість рейсів, які виконує один агрегат за відведений час.

Загальна кількість рейсів визначається як:

$$i_p = M_{\text{гн}} / G_{\text{моб}} \quad (2.7)$$

де $M_{\text{гн}}$ – загальна маса гною, т ($M_{\text{гн}} = 1582$ т);
 $G_{\text{моб}}$ – вантажопідйомність причепа 2ПТС-4-887Б ($G_{\text{моб}} = 4$ т).

Тоді:

$$i_p = 1582 / 4 = 395,5 \approx 396 \text{ рейсів.}$$

Кількість рейсів одного агрегату за допустимий час роботи

визначається:

$$i_1 = T_{\text{видал}} / T_{\text{ц.моб}} \quad (2.8)$$

де $T_{\text{видал}}$ – допустимий час видалення гною, год ($T_{\text{видал}} = 63$ год); $T_{\text{ц.моб}}$ – тривалість одного транспортного циклу, год.

Повний цикл роботи мобільного агрегату включає:

$$T_{\text{ц.моб}} = T_x + T_{\text{зав}} + T_p + T_{\text{розв}} \quad (2.9)$$

де T_x – час холостого пробігу; $T_{\text{зав}}$ – час завантаження; T_p – час руху з вантажем; $T_{\text{розв}}$ – час розвантаження.

Час холостого пробігу визначається:

$$T_x = l / v_x \quad (2.10)$$

$$T_x = 0,5 / 33 = 0,015 \text{ год}$$

де $l = 0,5$ км – відстань до гноєсховища; $v_x = 33$ км/год – швидкість порожнього агрегату.

Час завантаження:

$$T_{\text{зав}} = G_{\text{моб}} / Q_z \quad (2.11)$$

$$T_{\text{зав}} = 4 / 60 = 0,07 \text{ год}$$

Час руху з вантажем:

$$T_p = l / v_p \quad (2.12)$$

$$T_p = 0,5 / 26 = 0,02 \text{ год}$$

де $v_p = 26$ км/год – швидкість завантаженого агрегату.

Час розвантаження приймається за технічними характеристиками причепа:

$$T_{\text{розв}} = 0,02 \text{ год.}$$

Тоді загальна тривалість циклу:

$$T_{\text{ц.моб}} = 0,015 + 0,07 + 0,02 + 0,02 = 0,125 \text{ год}$$

Кількість рейсів одного агрегату:

$$i_1 = 63 / 0,125 = 504 \text{ рейси}$$

Кількість необхідних транспортних агрегатів:

$$n_{\text{моб}} = 396 / 504 = 0,78$$

Отже, розрахунки показують, що для забезпечення безперервного та

своєчасного вивезення гною достатньо одного мобільного транспортного агрегату у складі трактора МТЗ-80 та причепа 2ПТС-4-887Б.

Таким чином, для реалізації технологічного процесу видалення та транспортування гною приймається наступний склад машинно-тракторного парку:

- один гноєприбиральний агрегат ДТ-75 + ПФП-1,2 для очищення станків та завантаження гною;
- один транспортний агрегат МТЗ-80 + 2ПТС-4-887Б для перевезення гною до гноєсховища.

Склад основного обладнання наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік апаратури для лінії вивозу гною

Стадія виробництва	Тип апарату	Число одиниць
Видалення гною	Колісний плуг ДТ-75 із навісним відвалом ПБ-35	1
Транспортування гною до сховища для відходів	Пересувний комплекс МТЗ-80 з причепом 2ПТС-4-887Б	1

2.6 Висновки до розділу

У результаті виконання другого розділу проєкту було проведено комплексне обґрунтування технологічної лінії видалення та утилізації гною для свиноферми на 1000 голів відгодівельного поголів'я, утримуваного на глибокій підстилці. На основі аналізу вихідних виробничих умов і зоотехнічних вимог встановлено, що обрана система повинна забезпечувати ефективне, безперервне та санітарно безпечне видалення значних обсягів підстилкового гною з одночасним мінімальним впливом на навколишнє середовище.

У процесі розрахунків визначено, що добовий вихід гною становить 14 т/добу, а за повний цикл відгодівлі накопичується до 1582 т органічних відходів. Встановлено, що для забезпечення технологічного процесу

необхідна продуктивність лінії на рівні не менше 25,1 т/год, що відповідає вимогам безперебійного функціонування системи в межах встановленого виробничого циклу.

На основі розрахунків механізованих операцій обґрунтовано вибір технічних засобів. Для внутрішнього очищення станків та завантаження гною достатньо одного агрегату у складі трактора ДТ-75 з навісним завантажувачем ПФП-1,2. Для транспортування гною до місця зберігання достатньо одного мобільного транспортного агрегату МТЗ-80 із причепом 2ПТС-4-887Б. Виконані розрахунки підтвердили, що наявний парк машин повністю забезпечує потреби технологічного процесу без необхідності додаткового обладнання.

Таким чином, розроблена технологічна схема видалення та утилізації гною є технічно обґрунтованою, ресурсно доцільною та відповідає сучасним вимогам до механізації тваринницького виробництва. Вона забезпечує своєчасне очищення приміщень, раціональне використання техніки, зниження трудових витрат та покращення санітарно-гігієнічних умов утримання тварин. Отримані результати створюють необхідну основу для подальшого вдосконалення системи утилізації гною, зокрема впровадження елементів інтенсифікації та підвищення екологічної ефективності, таких як аерація та змішування органічних мас.

3 ПРОЄКТУВАННЯ ЗМІШУВАЧА-АЕРАТОРА З ФРЕЗЕРНО-БАРАБАННИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

3.1 Обґрунтування важливості питання

Аналіз технологічних рішень видалення та подальшої утилізації гною, розглянутих у попередньому розділі, свідчить, що існуючі підходи до обробки органічних відходів не забезпечують достатньо високої ефективності виконання всіх технологічних операцій. Значна частина процесів, зокрема компостування, здійснюється переважно природним шляхом без активного керованого впливу технічних засобів, що істотно знижує інтенсивність біотермічних процесів і подовжує загальну тривалість утилізації.

У результаті тривалого природного перепрівання компостних сумішей відбуваються значні втрати поживних і органічних речовин. Частина з них переходить у газоподібний стан (переважно у вигляді аміаку, вуглекислого газу та інших летких сполук), інша частина вимивається разом із фільтраційними та промивними водами, що призводить не лише до зниження агрономічної цінності кінцевого продукту, але й до додаткового навантаження на навколишнє середовище.

У зв'язку з цим доцільним є вдосконалення технологічної лінії шляхом включення механізованих операцій інтенсифікації процесу компостування. Йдеться насамперед про забезпечення керованого аеробного розкладу органічних речовин у складі гною та органічних відходів, що дозволяє отримати стабільний, екологічно безпечний органічний продукт із високими агрохімічними властивостями, наближеними до природного гумусу. Узагальнена схема процесу компостування наведена на рис. 3.1.

З інженерної точки зору компостування слід розглядати як складний біотехнічний процес, у якому поєднуються біологічні, фізико-хімічні та

механічні явища. При проектуванні, створенні та експлуатації відповідних систем необхідно враховувати, що основу процесу становить життєдіяльність мікроорганізмів (бактерій, актиноміцетів, грибів), які здійснюють розклад органічної речовини в аеробних умовах.

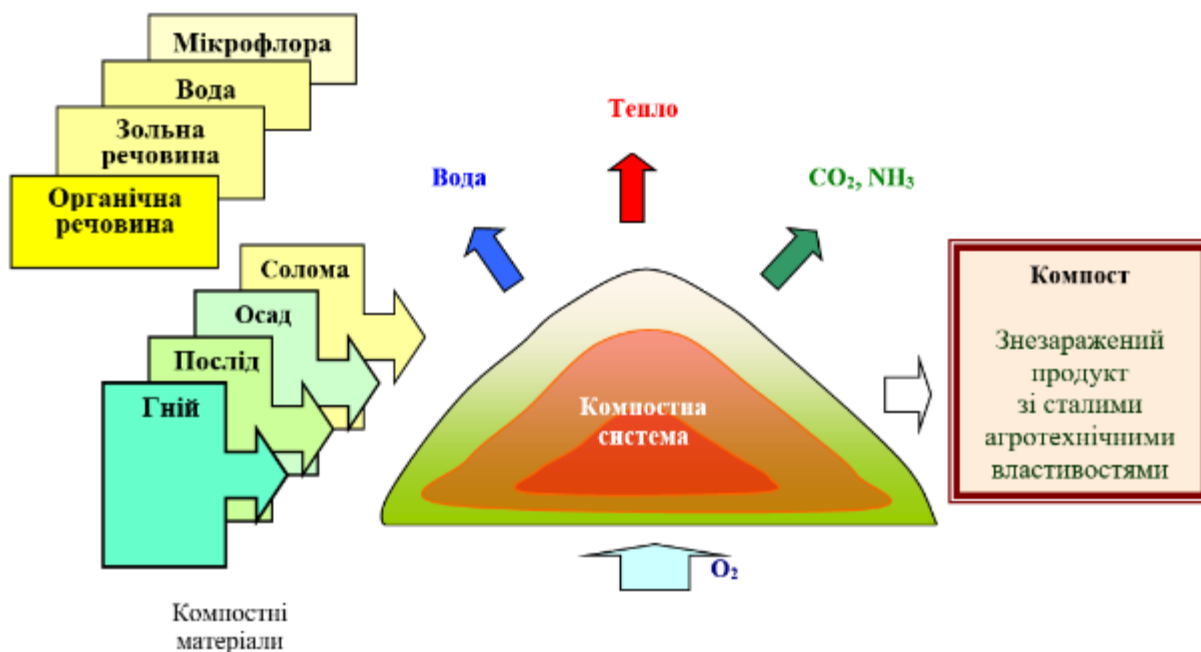


Рисунок 3.1 – Узагальнена схема процесу компостування

У результаті цього процесу основними продуктами біотрансформації є діоксид вуглецю, вода, мінеральні залишки та теплова енергія, що виділяється під час біохімічного окиснення органічних сполук (рис. 3.1). Ефективність процесу значною мірою залежить від доступу кисню, вологості, температурного режиму та ступеня механічного перемішування маси.

Таким чином, основним принципом створення ефективної компостної системи є раціональне поєднання механізованих технологічних операцій із керованими мікробіологічними процесами, що базується на можливості регулювання та контролю ключових режимних параметрів (аерації, вологості, температури та структури матеріалу).

Водночас впровадження технологій біоконверсійної переробки гною з використанням органічних наповнювачів (солома, тирса, рослинні

залишки) стримується відсутністю спеціалізованих, надійних і технологічно ефективних технічних засобів для виконання ряду важливих операцій, таких як змішування компонентів, перелопачування буртів, механічна аерація та переміщення компостних мас.

На практиці ці операції часто виконуються універсальними або непристосованими машинами (завантажувачами періодичної або безперервної дії), а також експериментальними або нестандартними технічними засобами, що не забезпечують стабільної якості процесу та високої енергоефективності.

У зв'язку з цим у даному розділі обґрунтовується необхідність розробки змішувача-аератора з фрезерно-барабанним робочим органом, який забезпечуватиме одночасне виконання операцій розпушування, інтенсивного перемішування, механічної аерації компостних сумішей та формування буртів. Це дозволить суттєво інтенсифікувати процес компостування, скоротити його тривалість, зменшити втрати поживних речовин і підвищити якість кінцевого органічного добрива.

Вихідними даними для виконання розрахунків та подальшого обґрунтування параметрів розроблюваного обладнання приймаються основні технологічні та виробничі характеристики процесу компостування. Вони формують базу для вибору конструктивних рішень, визначення режимів роботи та оцінки ефективності функціонування системи.

До таких вихідних даних належать:

- склад компостних сумішей, що підлягатимуть механічній обробці (співвідношення гною, підстилкового матеріалу та структуроутворюючих добавок, їх вологість, щільність та фізико-механічні властивості);

- технологічні вимоги до процесу компостування, які включають необхідний ступінь аерації, оптимальні температурно-вологісні режими, тривалість біотермічного розкладу та вимоги до якості кінцевого продукту;

– характеристика існуючих технічних засобів для компостування, їх продуктивність, конструктивні особливості, а також виявлені недоліки та обмеження у процесі експлуатації.

Урахування зазначених вихідних даних є необхідною умовою для коректного інженерного розрахунку та обґрунтування параметрів змішувача-аератора, а також для забезпечення його відповідності сучасним вимогам до ефективності та екологічної безпеки технологічних процесів.

3.2 Стан питання та шляхи його вирішення

Сучасні закордонні технології та технічні засоби для перелопачування компостних сумішей здебільшого базуються на двох основних принципах роботи: поздовжньому переміщенні вздовж бурта або поперечному (паралельному) охопленні його частини. У першому випадку машина за один прохід здатна обробити весь об'єм бурта, забезпечуючи повне перемішування матеріалу. У другому випадку робочий орган охоплює лише частину масиву, що зумовлює необхідність багаторазових проходів для повної обробки бурта. Це, у свою чергу, впливає на загальну продуктивність процесу та енерговитрати.

Загалом технічні засоби для компостування можна систематизувати за рядом ознак: тип робочого органа (фрезерний, барабанний, шнековий тощо), схема розташування відносно бурта (бокове, верхнє, фронтальне), джерело енергії (механічний, гідравлічний, електричний привід), а також спосіб агрегування з тяговим засобом (причіпні, навісні, самохідні). Незважаючи на різноманітність конструкцій, ключовим технологічним процесом залишається механічне перелопачування компостної маси з метою її аерації та гомогенізації.

Одним із відомих закордонних рішень є серія машин Midwest Bio-Systems (США), зокрема Aeromaster PT Series (PT-120, PT-130, PT-170), призначених для роботи з компостними буртами. Як приклад, на рис. 3.2

наведено Aeromaster PT-130, який є причіпним аератором-перелопачувачем буртів.



а

б

Рисунок 3.2 – Причіпний аератор-перелопачувач компостних буртів
Aeromaster PT-130: а – загальний вигляд; б – робочий процес
перелопачування бурта

Зазначені машини виконані у вигляді причіпних агрегатів із трапецієподібною рамою на ходових колесах і агрегуються з тракторами потужністю від 80 до 140 к.с. Робочий орган, як правило, являє собою горизонтальну фрезу, що приводиться в дію від валу відбору потужності трактора з частотою обертання 150–270 об/хв. Така конструкція дозволяє за один прохід не лише перемішувати, а й формувати бурт висотою до 1,4 м і шириною до 3 м. Регулювання положення робочого органа здійснюється гідравлічно, що підвищує адаптивність до різних умов роботи.

Іншим прикладом є австралійські машини Sittler MFG (моделі 507, 509, 512), які агрегуються з тракторами потужністю 60–120 к.с. та відрізняються різною довжиною ротора (від 2,1 до 3,6 м). Особливістю окремих модифікацій є наявність додаткових пристроїв, наприклад для покриття бурта плівкою з метою регулювання вологості та температури процесу.

Певний інтерес також становлять машини Ritlee Rhino (Південно-Африканська Республіка), зокрема моделі TM3 та TM3,5, які поєднують

функції перелопачування та зволоження компостних буртів. Вони оснащені гідравлічним регулюванням висоти ротора та забезпечують продуктивність до 850 м³/год при швидкості руху до 300 м/год.



Рисунок 3.3 – Причіпний аератор-перелопачувач компостних буртів Sittler 507 з пристроєм для покривання бурта плівкою



Рисунок 3.4 – Причіпний аератор-перелопачувач компостних буртів Ritlee-TM3 Compost Turner

Аналіз існуючих технічних засобів показує, що незважаючи на широкий спектр конструктивних рішень, більшість машин виконує лише частину технологічних функцій: перемішування, аерацію або формування буртів, але не забезпечує їх одночасного комплексного виконання. Крім того, значна частина конструкцій має обмеження щодо інтенсивності обробки, рівномірності аерації та енергоефективності процесу.

З огляду на це, актуальним є створення більш універсального технічного засобу, здатного одночасно виконувати змішування, розпушування, механічну аерацію та формування компостних буртів в одному технологічному проході. Саме з цією метою запропоновано конструкцію змішувача-аератора з фрезерно-барабанним робочим органом.

Запропонований агрегат складається з корпусу, кронштейна та двох робочих органів фрезерно-барабанного типу. Його конструктивна схема наведена на рис. 3.5.

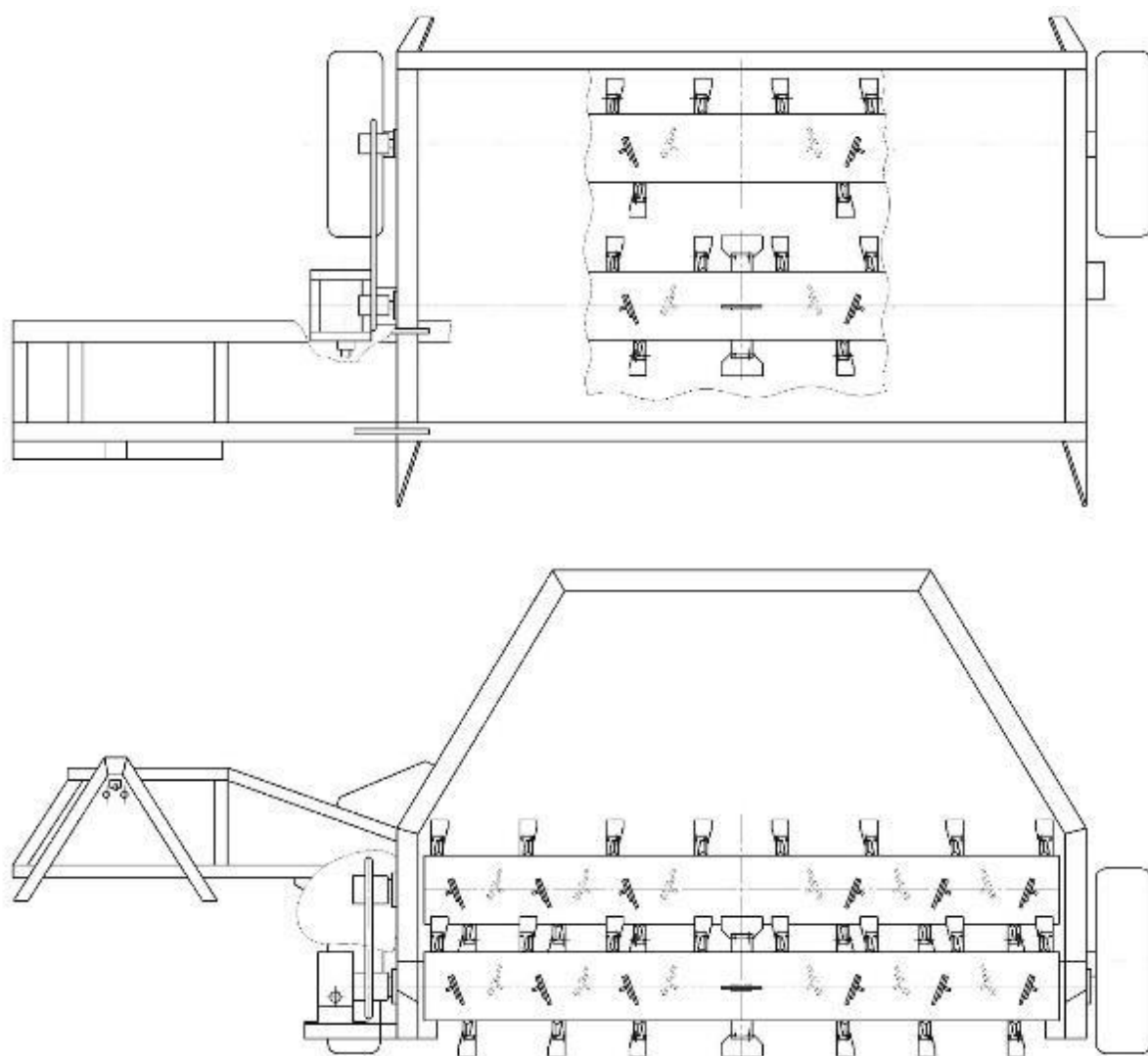


Рисунок 3.5 – Схема змішувача-аератора

Фрезерно-барабанні робочі органи (рис. 3.6) включають барабан, прямі та похилі лопаті. Прямі лопаті розташовані радіально в центральній частині барабана та забезпечують інтенсивне руйнування щільних зон бурта. Похилі лопаті встановлені симетрично по гвинтових лініях із протилежними напрямками навивки, що забезпечує одночасне переміщення матеріалу до центру та його рівномірне перемішування. Кут атаки лопатей підібраний таким чином, щоб забезпечити оптимальне поєднання розпушування та транспортування матеріалу.

Під час роботи агрегат здійснює поступальний рух зі швидкістю v та одночасний обертальний рух робочого органа з кутовою швидкістю ω . У результаті цього відбувається інтенсивна взаємодія лопатей із компостною масою, що забезпечує її розпушування, аерацію та перемішування. Похилі лопаті захоплюють матеріал із периферійних зон бурта, переміщують його до центру та формують новий борт позаду машини (рис. 3.7).

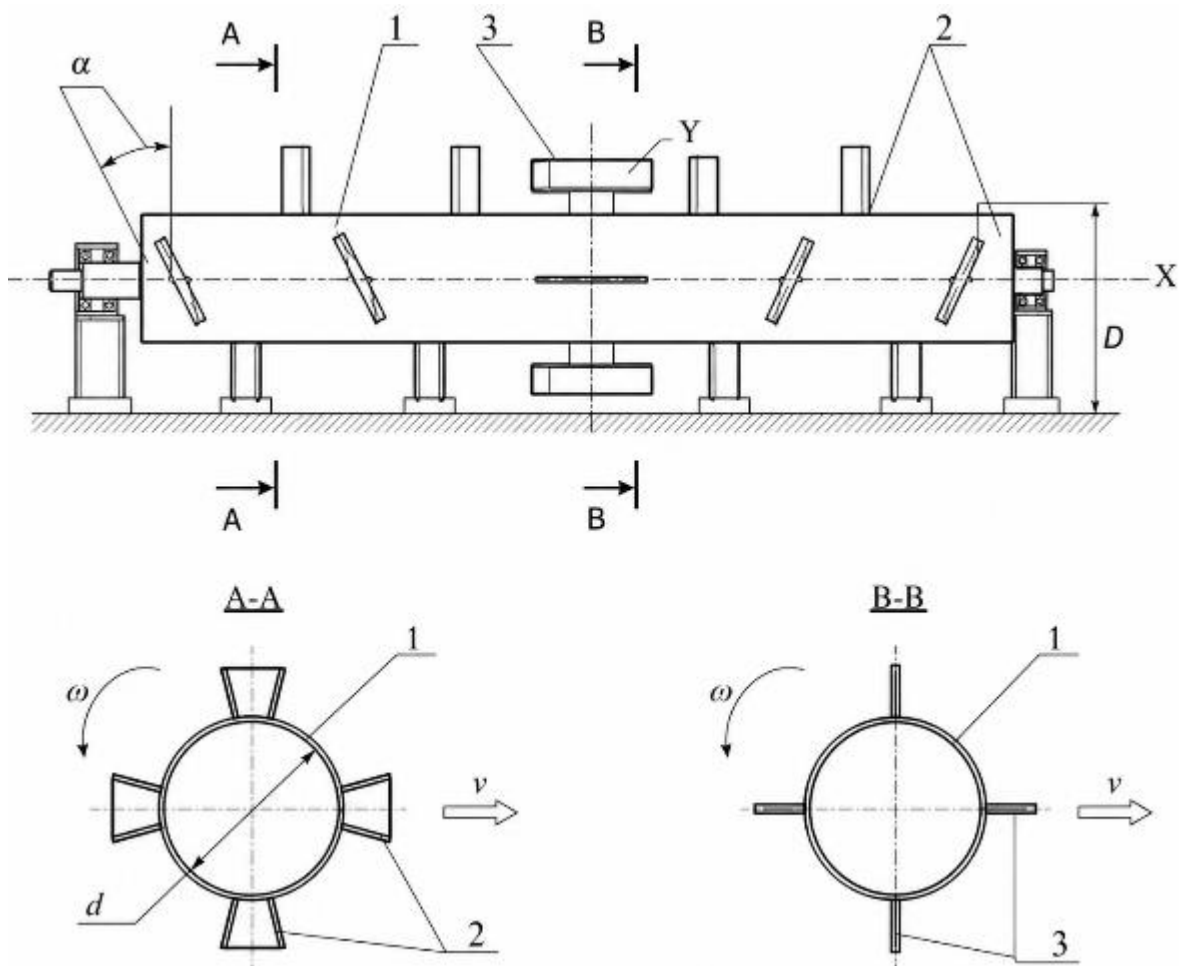


Рисунок 3.6 – Конструктивно-технологічна схема фрезерно-барабанного робочого органу

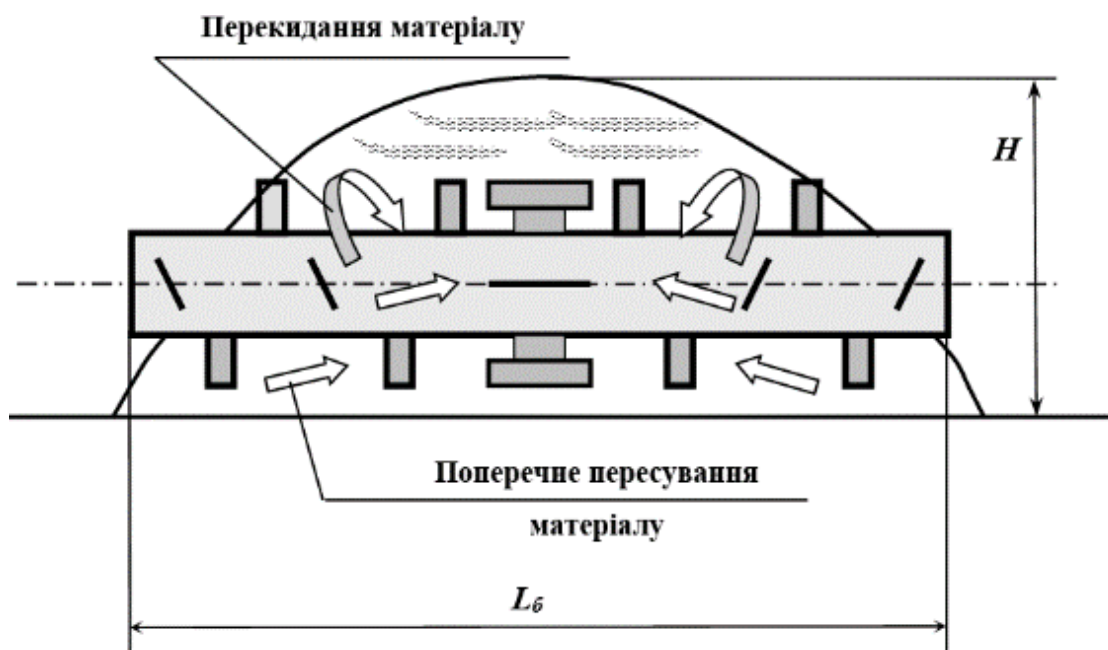


Рисунок 3.7 – Схема принципу роботи похилих лопатей (поперечний переріз бурта)

Прямі лопаті, у свою чергу, працюють у найбільш щільній центральній зоні бурта, забезпечуючи його руйнування та рівномірний розподіл матеріалу. Важливою конструктивною особливістю є утворення вільної технологічної зони за робочим органом, що запобігає повторному ущільненню та перекиданню вже обробленої маси.

Таким чином, проведений аналіз свідчить, що існуючі технічні засоби не повністю задовольняють вимоги комплексного компостування, а запропонована конструкція змішувача-аератора з фрезерно-барабанним робочим органом є перспективним рішенням, яке дозволяє підвищити інтенсивність процесу, покращити якість аерації та скоротити тривалість біотермічної обробки компостних сумішей.

3.3 Розрахунок фрезерно-барабанного робочого органу змішувача-аератора

Проектування фрезерно-барабанного робочого органу здійснюється з урахуванням геометричних та технологічних параметрів компостних буртів, оскільки саме вони визначають умови взаємодії робочого органу з матеріалом і впливають на продуктивність процесу аерації та змішування.

Аналіз технології компостування показує, що раціональними геометричними параметрами буртів є: ширина не менше 2,5 м та висота не менше 1,2 м. Форма поперечного перерізу бурта може бути трикутною або трапецієподібною, що залежить від фізико-механічних властивостей компостної суміші, зокрема вологості, щільності та кута природного укосу матеріалу. Такі параметри є універсальними і можуть бути рекомендовані як для невеликих фермерських господарств, так і для великих промислових комплексів.

Довжина буртів у технологічному процесі не має жорстких обмежень і визначається розмірами компостувальних майданчиків, обсягами утворення органічних відходів та прийнятою схемою організації процесу. Водночас з позиції ефективності роботи спеціалізованих машин доцільно приймати мінімальну довжину буртів не менше 20 м, оскільки надто короткі бурти знижують експлуатаційну продуктивність агрегатів через часті розвороти та втрати робочого часу.

Виходячи з наведених умов, максимальна конструктивна довжина фрезерно-барабанного робочого органу приймається:

$$L_6 \leq 2,5 \text{ м}$$

Це значення забезпечує достатню маневреність агрегату та ефективне перекриття робочої зони бурта за один прохід.

Геометрія бурта також визначає допустимі розміри діаметра робочого органу. З урахуванням умови ефективного охоплення масиву компосту приймається припущення, що площа взаємодії робочого органу з

матеріалом не повинна перевищувати площу поперечного перерізу бурта. Виходячи з цього встановлюється обмеження:

$$D \leq H / 2$$

де D – діаметр фрезерно-барабанного робочого органу, H – висота бурта.

Аналіз існуючих конструкцій фрезерно-барабанних робочих органів для компостування показує, що мінімальний діаметр по ріжучих крайках становить близько $D \approx 0,55$ м, що відповідає наведеній геометричній умові та забезпечує достатню глибину обробки матеріалу. Водночас відношення діаметра барабана до діаметра по ріжучих крайках зазвичай знаходиться в межах 0,4–0,6. Більші значення характерні для високопродуктивних машин, що працюють із підвищеними навантаженнями.

Для подальших теоретичних розрахунків приймається діаметр основного барабана:

$$d_6 \approx 0,25 \text{ м}$$

з подальшим уточненням його значення за результатами розрахунків міцності та експериментальних досліджень.

Окремо слід враховувати кінематичні параметри існуючих компостопереробних машин. За даними аналізу сучасних причіпних, навісних та самохідних аераторів із продуктивністю 400–800 м³/год, швидкість їх переміщення вздовж бурта знаходиться в межах 0,06–0,13 м/с. Частота обертання робочих органів при приводі від валу відбору потужності трактора (540 об/хв) змінюється в діапазоні 150–270 об/хв, тоді як у самохідних машин вона може бути ще вищою залежно від встановленої потужності та режиму роботи.

Таким чином, вихідні дані до розрахунку фрезерно-барабанного робочого органу формують комплекс геометричних і кінематичних обмежень, які забезпечують його узгоджену роботу з параметрами компостних буртів і створюють основу для подальшого інженерного обґрунтування конструкції.

Для обґрунтування кінематичних параметрів фрезерно-барабанного робочого органу розглянемо взаємодію аератора з компостним буртом. Складемо розрахункову схему (рис. 3.8), яка відображає процес захоплення, переміщення та розвантаження матеріалу.

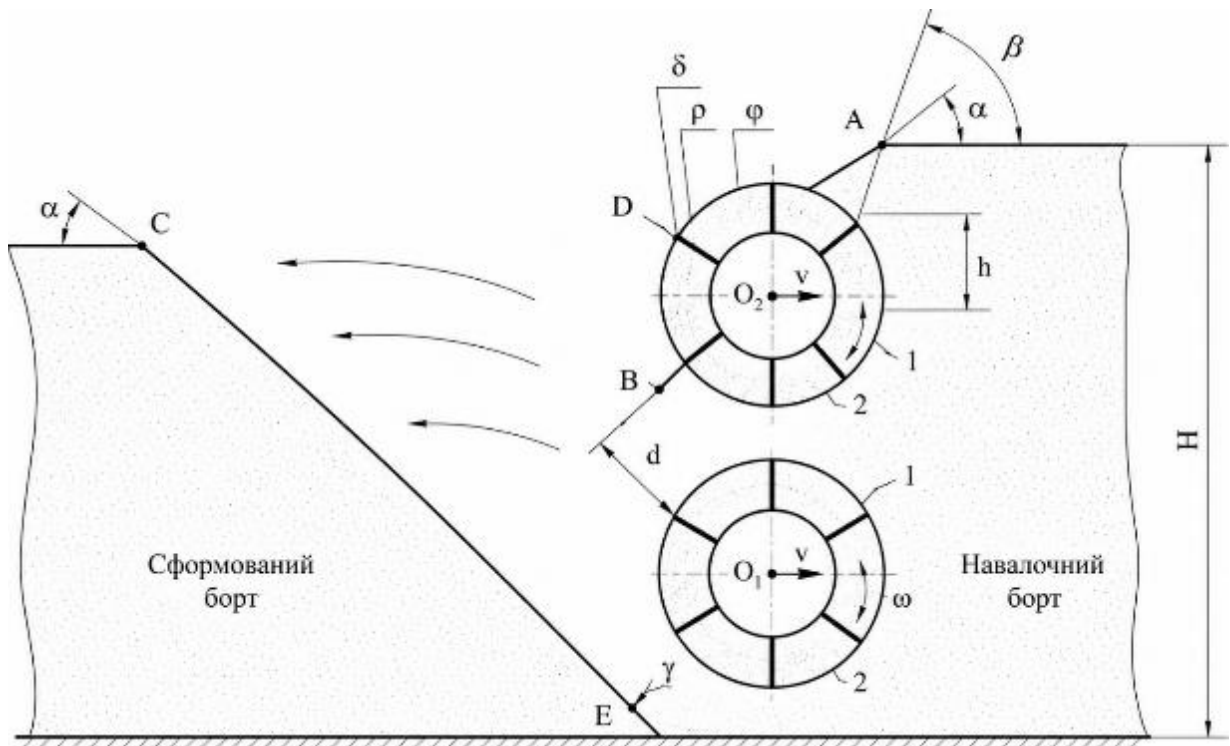


Рисунок 3.8 – Схема взаємодії барабана з компостом

Подача компостної маси на робочий орган аератора за час t визначається об'ємом шару, що охоплюється його поступальним рухом:

$$A_1 = v t H \quad (3.1)$$

де v – швидкість поступального руху аератора, м/с; t – час взаємодії, с; H – висота бурта, м.

Пропускна здатність фрезерно-барабанного робочого органу, що визначається його геометрією та режимами обертання, описується виразом:

$$A_2 = \frac{1}{8} \omega t (D^2 - d^2) k_3 \quad (3.2)$$

де ω – кутова швидкість барабана, рад/с; D – зовнішній діаметр барабана, м; d – внутрішній діаметр барабана, м; k_z – коефіцієнт заповнення барабана компостною масою; A_k – площа компосту, що проходить через барабан за один оберт; A_b – ефективна площа поперечного перерізу барабана.

Ефективна площа поперечного перерізу барабана визначається як:

$$A_e = \pi (D^2 - d^2) / 4$$

Коефіцієнт заповнення k_z залежить від фізико-механічних властивостей компостної маси, режимів роботи аератора, висоти бурта та умов аерації і зазвичай знаходиться в межах 0,4...0,8. Його максимальне значення досягається при оптимальному поєднанні вологості, структури матеріалу та кінематичних параметрів машини.

Для забезпечення якісного технологічного процесу необхідно, щоб пропускна здатність робочого органу була не меншою за подачу матеріалу:

$$A_1 \leq A_2 \quad (3.3)$$

З метою мінімізації енергетичних витрат приймаємо граничний режим роботи, при якому виконується рівність між подачею та пропускною здатністю. Тоді, прирівнюючи (3.1) та (3.2), отримаємо залежність для визначення швидкості руху аератора:

$$v = \frac{\omega (D^2 - d^2) k_z}{8H} \quad (3.4)$$

Отриманий вираз дозволяє встановити взаємозв'язок між поступальною швидкістю агрегату та кутовою швидкістю обертання барабана, що є ключовим для узгодження продуктивності процесу змішування та аерації.

Додатково слід враховувати умову недопущення зайвого енергетичного перевитрачання, пов'язаного з повторним впливом лопатей на вже сформований бурт. Лопаті робочого органу не повинні взаємодіяти з компостом у зоні сформованого бурта, що забезпечується правильним вибором кінематичних параметрів.

Геометрично це означає, що поверхня сформованого бурта, яка знаходиться під кутом природного укосу α , повинна бути дотичною до кола, що описує траєкторію руху крайніх точок робочого органу.

Розглянемо процес розвантаження прямої лопаті з урахуванням таких припущень:

- поверхня бурта має кут природного укосу α до горизонту;
- процес розвантаження починається, коли лопать займає положення під кутом β ;
- завершення розвантаження відповідає положенню лопаті в точці геометричного виходу Е.

Кут початку розвантаження визначається виразом:

$$\beta = \arcsin \frac{H - D / 2}{\sqrt{\left(\frac{H}{\sin \alpha} - \frac{D / 2}{\operatorname{tg}(\alpha / 2)} \right)^2 + (D / 2)^2}} \quad (3.5)$$

Кут завершення розвантаження:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \alpha \quad (3.6)$$

Як видно з геометричної схеми (рис. 3.8), тривалість процесу розвантаження однієї лопаті визначається кутовим переміщенням барабана між відповідними положеннями початку та завершення розвантаження:

$$t_p = \frac{\pi - \beta + \gamma}{\omega}$$

Таким чином, отримані залежності дозволяють встановити узгоджений зв'язок між кінематичними параметрами аератора та геометрією бурта, що є основою для забезпечення енергоефективної та стабільної роботи змішувача-аератора з фрезерно-барабанним робочим органом.

Процес вивантаження компостної маси з фрезерно-барабанного робочого органу умовно поділяється на дві характерні фази. Перша фаза охоплює проміжок часу від моменту, коли лопать досягає кута β , до

моменту її проходження точки В. Друга фаза триває від точки В до точки Е, коли відбувається повне вивантаження матеріалу.

У першій фазі рух матеріалу у міжлопатевому просторі ускладнюється наявністю верхнього шару компосту, який чинить додатковий тиск і перешкоджає вільному сходженню маси. У процесі обертання барабана товщина цього шару поступово зменшується і наприкінці першої фази прямує до нуля. У другій фазі матеріал переміщується практично без опору, що відповідає вільному розвантаженню.

Розроблена механіко-математична модель процесу дозволила обґрунтувати раціональні параметри робочого органу, зокрема встановити оптимальний діаметр барабанів $D_{opt}=0,666$ м, якому відповідає кутова швидкість $\omega=32,63$ рад/с при заданих умовах: висоті бурту $H=1,2$ м та куті природного укосу компостного матеріалу $\alpha=45^\circ$.

На основі виконаних розрахунків визначено також доцільний діапазон швидкості переміщення аератора, який для прийнятих конструктивно-режимних параметрів становить $v=0,45\dots0,68$ м/с, що забезпечує стабільність процесу змішування та ефективну аерацію компостної маси.

3.4 Обґрунтування геометричних розмірів буртів та розрахунок площі майданчика для компостування

Відповідно до прийнятої технологічної схеми видалення та утилізації гною (рис. 3.9) і встановлених конструктивно-режимних параметрів змішувача-аератора, виконано обґрунтування раціональних геометричних розмірів компостних буртів. Метою даного етапу є забезпечення ефективної роботи фрезерно-барабанного робочого органу, рівномірного перемішування маси та стабільного протікання аеробних процесів.

З урахуванням конструктивної довжини робочого органу аератора (2,5 м), ширину бурта доцільно прийняти не більшою за це значення, тобто ($b = 2,5$) м. Це забезпечує повне охоплення поперечного перерізу бурта за один прохід та виключає утворення не оброблених зон.

Для забезпечення якісного перемішування та ефективної аерації встановлено, що висота бурта не повинна перевищувати приблизно трьох радіусів дії робочого органу. З урахуванням цього умови прийнято висоту бурта ($h = 1,65$) м. Перевищення цього значення призводить до погіршення проникнення робочих елементів у масу компосту та зниження однорідності процесу.

Довжина бортів з урахуванням застосування механізованих засобів формування, перелопачування та аерації прийнята не менше ($a = 90$) м. Такий підхід дозволяє зменшити кількість технологічних маневрів техніки, підвищити продуктивність процесу та знизити питомі витрати енергії на одиницю обробленого матеріалу. Кут природного укосу компостної маси становить ($\alpha = 30^\circ$).

Об'єм компостного матеріалу в одному борті визначається за виразом:

$$V = a \cdot h \cdot (b - h \cdot \operatorname{tg} \alpha) \quad (3.7)$$

Підставляючи числові значення, отримуємо:

$$V = 90 \cdot 1,65 \cdot (2,5 - 1,65 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ) = 230 \text{ м}^3$$

Річний обсяг утворення гною. Загальна кількість гною, що утворюється у господарстві за рік, визначається залежністю:

$$M = q \cdot n \cdot T \quad (3.8)$$

де n – поголів'я свиней у станку, гол.; T – кількість днів у році (365 діб); q – добовий вихід гною від однієї тварини, кг/добу.

Тоді:

$$M = 14 \cdot 1000 \cdot 365 = 5110 \text{ т}$$

Необхідна кількість буртів для розміщення всього обсягу гною визначається як:

$$N = \frac{M}{\rho V} \quad (3.9)$$

де $\rho = 1,8$) т/м³ – середня густина компостної маси.

$$N = \frac{5110}{1,8 \cdot 230} = 12$$

Отже, для повного розміщення гною необхідно 12 компостних буртів.

Під час виконання технологічних операцій використовується трактор МТЗ-80. З урахуванням ширини проходу техніки ($x = 3$) м та радіуса розвороту агрегату із змішувачем-аератором ($y = 9$) м визначаються габарити майданчика.

$$x = 3 \text{ м} \quad y = 9 \text{ м} \quad (3.10)$$

Довжина майданчика:

$$A = a + 2y = 90 + 2 \cdot 9 = 108 \text{ м} \quad (3.11)$$

Ширина майданчика:

$$B = x + N \cdot (b + x) = 3 + 12 \cdot (2,5 + 3) = 69 \text{ м} \quad (3.12)$$

Загальна площа майданчика $108 \text{ м} \times 69 \text{ м} = 7452 \text{ м}^2$

Таким чином, розрахована площа компостного майданчика становить 7452 м², що забезпечує раціональне розміщення буртів, вільний проїзд техніки та ефективне виконання всього комплексу операцій компостування.

3.5 Висновки до розділу

Виконано обґрунтування та проєктування змішувача-аератора з двома фрезерно-барабанными робочими органами для інтенсифікації процесу компостування органічних відходів.

Встановлено, що існуючі технології переробки гною не забезпечують достатньої ефективності через відсутність комплексної механізації

ключових операцій (змішування, аерації та перелопачування). На основі аналізу сучасних конструкцій техніки показано доцільність створення універсального агрегату, здатного виконувати ці операції одночасно.

Розроблено конструкцію змішувача-аератора та описано принцип його роботи, який базується на поєднанні поступального та обертального рухів робочого органу. Це забезпечує інтенсивне перемішування, розпушування та формування буртів із покращеною аерацією.

Виконано кінематичні та механіко-математичні розрахунки, за результатами яких визначено раціональні параметри: оптимальний діаметр барабанів $D_{opt}=0,666$ м, кутова швидкість $\omega=32,63$ рад/с та швидкість руху агрегату $v=0,45\dots0,68$ м/с.

Обґрунтовано геометричні розміри компостних буртів ($2,5\times1,65\times90$ м), визначено об'єм одного бурта та встановлено необхідність формування 12 буртів для річного обсягу гною. Розрахована площа компостного майданчика становить 7452 м².

Отримані результати підтверджують працездатність запропонованого технічного рішення та його ефективність для підвищення інтенсивності та якості процесу компостування.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Організація безпечної експлуатації аератора-змішувача гноєкомпостної суміші на свиновідгодівельній фермі є важливою складовою технологічного процесу утилізації органічних відходів, оскільки робота обладнання пов'язана з підвищеною небезпекою для обслуговуючого персоналу, а також потенційним впливом на навколишнє середовище. У процесі компостування та механічного обробітку гною утворюються біологічно активні речовини, газоподібні викиди, пилові фракції та аерозолі, що потребують комплексного підходу до забезпечення безпеки праці та екологічної стабільності виробництва.

Охорона праці при роботі з аератором-змішувачем повинна базуватися на дотриманні чинних нормативних вимог щодо експлуатації сільськогосподарської техніки, правил техніки безпеки під час роботи з машинно-тракторними агрегатами, а також санітарно-гігієнічних норм у тваринництві. Перед початком роботи оператор зобов'язаний пройти інструктаж з охорони праці, ознайомитися з конструкцією та принципом дії обладнання, а також перевірити справність усіх вузлів і механізмів. Особлива увага приділяється перевірці кріплень робочого органу, стану приводу, захисних кожухів, гідросистеми та системи керування.

Під час експлуатації аератора-змішувача забороняється перебування сторонніх осіб у зоні дії робочого органу. Робоча зона повинна бути огорожена або позначена попереджувальними знаками. Усі регулювальні та ремонтні роботи виконуються лише при повній зупинці агрегату та відключенні джерела енергії. Недопустимим є очищення робочих органів під час їх обертання, оскільки це створює високий ризик травмування.

Значну увагу слід приділяти безпеці під час агрегування аератора з трактором. Під'єднання та від'єднання обладнання повинно виконуватися на рівному майданчику із застосуванням справних зчіпних пристроїв.

Перед запуском агрегату оператор зобов'язаний переконатися у відсутності людей у небезпечній зоні, а також у надійності фіксації всіх механічних з'єднань.

Особливістю роботи з компостними сумішами є наявність біологічно активного середовища, яке може містити патогенні мікроорганізми, грибки та продукти розкладу органічних речовин. У зв'язку з цим персонал повинен використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, гумові рукавички, захисні окуляри та респіратори. Це дозволяє мінімізувати контакт із пилом, аерозолями та неприємними запахами, що утворюються в процесі компостування.

Окремим аспектом охорони праці є забезпечення допустимих рівнів шуму та вібрації під час роботи агрегату. Робота фрезерно-барабанного робочого органу супроводжується значними динамічними навантаженнями, тому оператор повинен дотримуватися регламентованих режимів роботи, не перевищувати допустиму тривалість безперервної експлуатації та здійснювати періодичний контроль технічного стану машини.

Важливим є також дотримання правил пожежної безпеки, оскільки процес компостування супроводжується виділенням тепла, а в окремих випадках можливе саморозігрівання органічної маси. На території компостного майданчика повинні бути передбачені засоби пожежогасіння, а також забезпечений вільний доступ до води або інших засобів локалізації можливого загоряння.

З точки зору захисту навколишнього середовища, застосування аератора-змішувача спрямоване на мінімізацію негативного впливу тваринницьких відходів. Компостування є екологічно доцільним методом утилізації гною, оскільки дозволяє перетворювати органічні відходи у стабільне органічне добриво, знижуючи рівень забруднення ґрунтів, водних об'єктів та атмосферного повітря.

Під час традиційного зберігання гною без аерації відбуваються значні втрати азоту у вигляді аміаку, а також утворення парникових газів, зокрема метану та діоксиду вуглецю. Використання механізованого змішування та інтенсивної аерації дозволяє значно зменшити анаеробні процеси, стабілізувати температуру компостної маси та прискорити біотермічне розкладання органічних речовин. Це сприяє зниженню викидів шкідливих газів у атмосферу та покращенню екологічного стану території ферми.

Важливим елементом екологічного захисту є запобігання забрудненню ґрунтових та поверхневих вод. Для цього компостні майданчики повинні мати водонепроникне покриття та систему збору фільтрату. Всі рідкі стоки, що утворюються в процесі компостування, необхідно спрямовувати на повторне використання або очищення. Забороняється їх безконтрольне потрапляння у навколишнє середовище.

Зменшення запахового навантаження також є важливим екологічним завданням. Інтенсивна аерація компостних буртів за допомогою змішувача-аератора сприяє швидкому окисненню органічних сполук, що є джерелом неприємних запахів. Крім того, правильне формування буртів та контроль вологості дозволяють значно знизити інтенсивність газоутворення.

Екологічна ефективність процесу підвищується також завдяки скороченню площ, необхідних для зберігання гною, оскільки прискорене компостування дозволяє швидше виводити готовий продукт із технологічного циклу. Отриманий компост може бути використаний як органічне добриво, що сприяє відновленню родючості ґрунтів та зменшенню потреби у мінеральних добривах.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

Базова технологія передбачає механізоване видалення гною з приміщень за допомогою гноєприбирального агрегату ДТ-75 з навіскою ПФП-1,2. Завантаження виконується у транспортний засіб МТЗ-80 з причепом-самоскидом 2ПТС-4-887Б з подальшим транспортуванням до гноєсховища, де відбувається природне перепрівання.

Проектна технологія включає аналогічний процес видалення та транспортування, але замість тривалого природного зберігання передбачає прискорене компостування на спеціальному майданчику з використанням розробленого змішувача-аератора (розділ 3), що забезпечує перемішування та аерацію буртів.

Ключова відмінність полягає у впровадженні змішувача-аератора, що дозволяє отримати більш якісне органічне добриво та скоротити терміни компостування.

Оцінювання виконується за такими показниками: експлуатаційні витрати; капітальні вкладення; додатковий прибуток; річний економічний ефект; строк окупності.

Загальні експлуатаційні витрати:

$$Z = Z_o + Z_a + Z_t + Z_c$$

Сучасна середня ставка для оператора техніки прийнята: $f = 120$ грн/год.

Тривалість роботи змішувача:

$$D_a = M/Q_a = 1582 / 500 = 3,16 \text{ год}$$

З урахуванням 6 циклів на рік: $D = 18,96$ год

Оплата праці: $Z_o = 1 \times 120 \times 1,372 \times 18,96 \approx 3122$ грн

Прийнята оновлена вартість обладнання: $C_{prs} = 400\,000$ грн

Балансова вартість: $C_a = 400000 \times 1,28 = 512000$ грн

Амортизація: $Z_a = 512000 \times 15\% = 76800$ грн

Ремонт і ТО: $Z_t = 512000 \times 25\% = 128000$ грн

Паливо. Сучасні ціни: дизель ≈ 55 грн/л ≈ 65 грн/кг

$$Z_{\text{ПММ}} = N \cdot q \cdot n \cdot D \cdot C_{\text{ПММ}} \approx 55,2 \times 0,29 \times 18,96 \times 65 \approx 19\,730 \text{ грн}$$

Загальні витрати

$$Z = 3122 + 76800 + 128000 + 19730 = 207\,652 \text{ грн}$$

Питомі витрати

$$Z^p = 207652 / 1582 \approx 131,3 \text{ грн/т}$$

Загальні капітальні вкладення:

$$K = K_{\text{об}} + K_{\text{буд}}$$

Обладнання: $K_{\text{об}} = 512000$ грн

Будівництво майданчика: $K_{\text{буд}} = S \cdot C_{\text{буд}}$

$$K_{\text{буд}} = 8170 \times 40 = 326800 \text{ грн}$$

Разом:

$$K = 512000 + 326800 = 838800 \text{ грн}$$

Ціна продукції: базовий перегній: 180 грн/т, компост (проект): 400 грн/т

Базовий дохід: $D_{\text{б}} = 180 \times 1582 = 284\,760$ грн

Проектний дохід: $D_{\text{п}} = 400 \times 1582 = 632\,800$ грн

Додатковий прибуток: $D = 632800 - 284760 = 348\,040$ грн

Економічний ефект за цикл:

$$E_{\text{е.п}} = D - Z = 348040 - 207652 = 140\,388 \text{ грн}$$

Річний ефект (3 цикли): $E_{\text{е.р}} = 140388 \times 3 = 421\,164$ грн

Строк окупності

$$T = K/E_{\text{е.р}} = 838800 / 421164 \approx 1,99 \text{ року}$$

У результаті проведених економічних розрахунків встановлено, що впровадження змішувача-аератора для прискореного компостування гною є економічно доцільним. Основні результати: питомі експлуатаційні витрати становлять 131 грн/т; капітальні вкладення – 838,8 тис. грн; додатковий річний ефект – 421 тис. грн; строк окупності – 2 роки. Отримані результати підтверджують ефективність переходу від традиційного зберігання гною до

технології прискореного компостування з аерацією, що забезпечує як економічні, так і екологічні переваги.

Таблиця 5.1 – Порівняльні показники економічної ефективності технологічних ліній

Показник	Базова технологія	Проектна технологія
Технологія обробки гною	Природне перепрівання	Прискорене компостування з аерацією
Основне обладнання	ДТ-75 + ПФП-1,2; МТЗ-80 + 2ПТС-4-887Б	ДТ-75 + ПФП-1,2; МТЗ-80 + 2ПТС-4-887Б; змішувач-аератор
Річний обсяг переробки, т	1582	1582
Оплата праці, грн	2 100	3 122
Амортизаційні відрахування, грн	42 000	76 800
Ремонт і технічне обслуговування, грн	68 000	128 000
Витрати на паливо, грн	12 500	19 730
Загальні експлуатаційні витрати, грн	124 600	207 652
Питомі експлуатаційні витрати, грн/т	78,8	131,3
Капітальні вкладення в обладнання, грн	Використовується наявне обладнання	512 000
Підготовка майданчика, грн	Не потребує	326 800
Загальні капітальні вкладення, грн	Не потребує додаткових вкладень	838 800
Вартість готової продукції, грн/т	180	400
Річний дохід від реалізації, грн	284 760	632 800
Додатковий прибуток, грн	—	348 040
Економічний ефект за цикл, грн	—	140 388
Річний економічний ефект, грн	—	421 164
Строк окупності, років	—	1,99

ВИСНОВКИ

1. У свинарських підприємствах виробничий процес організований за принципом поділу поголів'я на технологічні групи відповідно до віку, фізіологічного стану та виробничого призначення, що забезпечує потокову систему виробництва та ефективне управління стадом. Для кожної групи застосовуються спеціалізовані умови утримання, годівлі та обслуговування, що дозволяє підвищити продуктивність і знизити втрати. Сучасне свинарство базується на комплексній механізації та автоматизації основних процесів, включаючи годівлю, напування, мікроклімат, видалення гною, облік і переміщення тварин. Загалом інтеграція потокової організації виробництва та механізованих технологій є основою сучасного високоефективного свинарства.

2. У результаті виконання розділу проведено обґрунтування технологічної лінії видалення та утилізації гною для свиноферми на 1000 голів. Встановлено, що добовий вихід гною становить 14 т, а за цикл – 1582 т, при необхідній продуктивності системи не менше 25,1 т/год. Підібрано технічні засоби: для прибирання – ДТ-75 з ПФП-1,2, для транспортування – МТЗ-80 з причепом 2ПТС-4-887Б. Розрахунки підтвердили достатність наявного машинного парку без додаткового обладнання. Запропонована технологічна схема є технічно обґрунтованою, забезпечує ефективне та санітарно безпечне видалення гною, знижує трудові витрати та покращує умови утримання тварин. Отримані результати створюють основу для подальшого вдосконалення системи шляхом впровадження інтенсифікації утилізації, зокрема аерації та перемішування органічної маси.

3. Виконано обґрунтування та проєктування змішувача-аератора з двома фрезерно-барабанными робочими органами для інтенсифікації процесу компостування органічних відходів.

4. Розроблено конструкцію змішувача-аератора та описано принцип його роботи, який базується на поєднанні поступального та обертального рухів робочого органу. Це забезпечує інтенсивне перемішування, розпушування та формування буртів із покращеною аерацією. Виконано кінематичні та механіко-математичні розрахунки, за результатами яких визначено раціональні параметри: оптимальний діаметр барабанів $D_{opt}=0,666$ м, кутова швидкість $\omega=32,63$ рад/с та швидкість руху агрегату $v=0,45\dots0,68$ м/с. Обґрунтовано геометричні розміри компостних буртів ($2,5\times1,65\times90$ м), визначено об'єм одного бурта та встановлено необхідність формування 12 буртів для річного обсягу гною. Розрахована площа компостного майданчика становить 7452 м^2 .

5. У результаті проведених економічних розрахунків встановлено, що впровадження змішувача-аератора для прискореного компостування гною є економічно доцільним. Основні результати: питомі експлуатаційні витрати становлять 131 грн/т; капітальні вкладення – 838,8 тис. грн; додатковий річний ефект – 421 тис. грн; строк окупності – 2 роки. Отримані результати підтверджують ефективність переходу від традиційного зберігання гною до технології прискореного компостування з аерацією, що забезпечує як економічні, так і екологічні переваги.

6. Застосування аератора-змішувача гноєкомпостної суміші на свиновідгодівельній фермі за умови дотримання вимог охорони праці та екологічної безпеки дозволяє не лише підвищити ефективність утилізації відходів, але й суттєво знизити негативний вплив виробництва на навколишнє середовище. Комплексний підхід до організації технологічного процесу забезпечує безпечні умови праці персоналу, стабільність роботи обладнання та екологічну збалансованість тваринницького виробництва.

БІБЛІОГРАФІЯ

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. Закон України. Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 24, ст.171).
3. Голуб Г.І., Кухарець С.М., Марус О.А., Павленко С.І., Лопатько К.Г., Скоробогатов Д.В. Механіко-технологічні основи процесів виробництва органічної продукції рослинництва. Монографія: НУБіП Україна, 2017. 431 с.
4. Golub G., Pavlenko S., Kukharets S. Analytical research into the motion of organic mixture components during formation of compost clamps. Eastern-European journal of Enterprise Technologies. 2017. №3/1(87). P.30-35.
5. Aliiev E., Pavlenko S., Aliieva O., Morhun O. Accelerated biothermal composting of manure-compost mixture. Agraarteadus, Journal of Agricultural Science, 2021, XXXII (2): 169–181. DOI: 10.15159/jas.21.30.
6. Aliiev E., Pavlenko S., Golub G., Bielka O. Research of mechanized process of organic waste composting. Agraarteadus, Journal of Agricultural Science, 2022, XXXIII (1): 21–32. DOI: 10.15159/jas.22.04.
7. Павленко С.І., Ляшенко О.О., Науменко М.М. Визначення кінематичних характеристик фрезерно-барабанного робочого органу для змішування і механічної аерації компостних матеріалів. Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка «Технічні системи і технології тваринництва». Вип. №132. Харків, 2013. Вип. №132. С.458-467.
8. Павленко С.І., Ляшенко О.О., Цис І.С. Моніторинг органічних відходів тваринництва в Україні. Зб.наук. праць ІМТ УААН «Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві». Вип.1 (9). Запоріжжя, 2012. С.149-157.

9. Павленко С.І., Ляшенко О.О., Поволоцький А.А. Обґрунтування основних параметрів фрезерно-барабанного робочого органу для змішування та механічної аерації компостних матеріалів. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип.97., т. 1, Глеваха. ННЦ ІМЕСГ, 2013. С.628-637.

10. Павленко С.І., Ляшенко О.О., Моделювання масового і енергетичного балансу в процесах компостування. Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Вип.1 (84). Вінниця, 2014. С.135-141.

11. Павленко С.І., Ляшенко О.О., Філоненко Ю.А. Експериментальні дослідження процесу біоконверсного компостування пташиного посліду. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. Вип.196.,ч.1. Київ,2014. С.400-409.

12. Павленко С.І. Механіко-математична модель процесу розвантаження лопаті барабанного робочого органу аератора гноє-компостної суміші. Вісник Львівського національного університету. Агроінженерні дослідження . №18. Львів,2014. С.96-99.

13. Павленко С.І. Обґартування технологічної схеми процесу компостування органічних відходів на відкритих майданчиках. Вісник Харківського національного технічного університету ім.П.Василенка. Вип.157. «Технічні системи і технології тваринництва».Харків,2015.С.197-201.

14. Павленко С.І. Теоретичні дослідження процесу взаємодії лопаті робочого органу аератора з гноє-компостною сумішшю. Зб.праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Вип.№3 (92). Вінниця, 2015. С.24-27.

15. Павленко С.І. Ресурсозбереження в біоконверсії органічної сировини. Науковий вісник національного університету біоресурсів і

природокористування України. Серія: Техніка і енергетика АПК . Вип.212/2. Київ, 2015. С.297-302.

16. Голуб Г.А., Павленко С.І. Механізація виробництва компостів у аграрному секторі. Серія: Техніка та технології АПК. Київ, №7 (82) липень 2016. С.15-20. (Здобувачу проведено аналіз організаційних та господарчих умов і факторів. Запропоновані технічні рішення)

17. Голуб Г.А., Павленко С.І. Математична модель механічного змішування компостів компостної суміші. Загальнодержавний збірник «Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип.№.3. (102) ННЦ ІМЕСХ. Глеваха, 2016. С.121-130.

18. Павленко С.І. Прискорене компостування підстилкової суміші курячого посліду та лущиння насіння соняшнику. Вісник Дніпропетровського аграрно-економічного університету. №2. Дніпро, 2016. С.62-65.

19. Abdellah, Yousif Abdelrahman Yousif, and Chunyan Li. "Livestock Manure Composting in Cold Regions: Challenges and Solutions." Agriculture (Pol'nohospodárstvo), vol. 66, no. 1, National Agricultural and Food Centre, 2020, pp. 1-14. <https://doi.org/10.2478/agri-2020-0001>.

20. M.P. Bernal, J.A. Alburquerque, R. Moral, Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review, Bioresource Technology, Volume 100, Issue 22, 2009, Pages 5444-5453, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>.

21. Goldan, E., Nedeff, V., Barsan, N., Culea, M., Panainte-Lehadus, M., Mosnegutu, E., Tomozei, C., Chitimus, D., & Irimia, O. (2023). Assessment of Manure Compost Used as Soil Amendment—A Review. Processes, 11(4), 1167. <https://doi.org/10.3390/pr11041167>

Додатки

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

Удосконалення механізованої технологічної лінії утилізації гною на свинофермі з удосконаленням аератора-змішувача

Демонстраційний матеріал до дипломного проєкту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-4-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»
Луценко Владислав Денисович

Керівник: д.т.н., старший дослідник
Алієв Ельчин Бахтияр огли

Дніпро, 2026

