

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту рівня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Удосконалення технологічного процесу обробки гною на
свинофермі з удосконаленням сепаратора гною**

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу, групи АІ-1-22
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Черніков Олександр Ігорович

Керівник: _____ Білоус Ілля Михайлович

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

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

Кафедра інжинірингу технічних систем

Освітній ступінь: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«05» травня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Чернікову Олександр Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення технологічного процесу обробки гною на свинофермі з удосконаленням сепаратора гною

керівник проєкту Білоус Ілля Михайлович, д-р філософії

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«05» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом проєкту 05.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Аналіз стану питання процесів та обладнання для переробки гною. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Характеристика підприємства. 2. Механізація процесу переробки гною. 3. Удосконалення сепаратора гною. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5. Економічна ефективність удосконалення. Загальні висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Генеральний план свиноферми. 2. Технологічна схема лінії переробки гною.
3. Сепаратор гною. 4. Креслення деталей. 5. Економічні показники.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Білоус І.М., ст. викладач		
Нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 05.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2026 р.	
2	Теоретичний	до 15.04.2026 р.	
3	Експериментальний	до 30.04.2026 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2026 р.	
5	Економічний	до 22.05.2026 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2026 р.	

Студент

(підпис)

Черніков О.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Білоус І.М.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Черніков О.І. Удосконалення технологічного процесу обробки гною на свинофермі з удосконаленням сепаратора гною / Дипломний проєкт представлений на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» спеціальності 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026, п'ять аркушів графічної частини формату А1.

У дипломній роботі розглянуто питання удосконалення преса-сепаратора рідкого гною. Проведено аналіз існуючих технологій видалення, транспортування та переробки свинячого гною, а також сучасних конструкцій обладнання для його сепарації. Обґрунтовано доцільність застосування сепаратора для розділення гною на тверду та рідку фракції.

Виконано аналіз виробничої діяльності господарства та розроблено технологічну схему переробки гною. Проведено розрахунок добового виходу гною, визначено обсяги твердої та рідкої фракцій після сепарації, розраховано параметри споруд для їх зберігання.

У роботі розроблено конструкцію удосконаленого сепаратора гною. Виконано розрахунки конструкційно-технологічних параметрів модернізованого сепаратора, визначено продуктивність, потужність приводу, крутний момент, осьове навантаження, товщину стінки сита та діаметр вала шнека.

Запропоновано вимоги з охорони праці при експлуатації сепаратора та в екстрених ситуаціях. Зроблені висновки та складено список використаної літератури. Оформлено додатки.

Ключові слова: свиноферма, гній, сепарація, прес-сепаратор, шнек, тверда фракція, рідка фракція, продуктивність, модернізація, органічні добрива.

Зміст

ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА	8
1.1 Загальні відомості про підприємство	8
1.2 Утримання тварин.....	9
1.3 Обґрунтування теми проєкту.....	12
1.4 Висновок.....	13
2 МЕХАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ ГНОЮ	14
2.1 Організація процесу гноєвидалення	14
2.2 Технологічний процес переробки гною	20
2.3 Розрахунок параметрів технологічного процесу переробки гною	26
2.3.1 Розрахунок добової потреби гною	26
2.3.2 Розрахунок кількості твердої та рідкої фракції.....	29
2.4 Висновок.....	31
3 УДОСКОНАЛЕННЯ СЕПАРАТОРА ГНОЮ	33
3.1 Аналіз існуючих конструкцій та систем	33
3.2 Розробка варіанту удосконалення	36
3.3 Розрахунки конструкційно–технологічних параметрів удосконалення	37
3.4 Висновок.....	44
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	45
4.1 Загальні вимоги охорони праці на свинофермі	45
4.2 Вимоги безпеки під час експлуатації сепаратора гною	45
4.3 Екстрені ситуації	46
4.4 Висновок.....	47
5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ	48
5.1 Економічна оцінка.....	48
5.2 Висновок.....	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	53
БІБЛІОГРАФІЯ	55
ДОДАТКИ.....	57

ВСТУП

Сучасний розвиток тваринництва характеризується впровадженням інтенсивних технологій виробництва, що забезпечують підвищення продуктивності галузі та ефективне використання ресурсів. Одночасно зі збільшенням поголів'я тварин зростають обсяги утворення органічних відходів, серед яких значну частку становить гній. Накопичення та неналежна утилізація гною можуть призводити до погіршення санітарно-гігієнічних умов на фермах, забруднення навколишнього середовища та втрат цінних поживних речовин.

Одним із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми є застосування сучасних механізованих систем переробки гною, які дозволяють розділяти його на тверду та рідку фракції з подальшим використанням як органічного добрива або сировини для виробництва енергії. Використання таких технологій сприяє підвищенню екологічної безпеки виробництва, зменшенню витрат на зберігання та транспортування відходів, а також створює додаткові можливості для ефективного використання поживних речовин у рослинництві.

Об'єктом дослідження є процес переробки гною на свинофермі ТОВ «Любимівка» Дніпровського району Дніпропетровської області. Предметом дослідження є технічні засоби та технологічні процеси механізованого розділення гною на тверду та рідку фракції.

Метою дипломного проєкту є удосконалення механізації процесу переробки гною шляхом модернізації преса-сепаратора для підвищення його продуктивності та ефективності роботи в умовах свиноферми ТОВ «Любимівка».

Практичне значення роботи полягає у підвищенні ефективності переробки гною, зменшенні навантаження на систему зберігання відходів, покращенні екологічних показників господарства та отриманні додаткової кількості органічних добрив для використання у рослинництві.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Загальні відомості про підприємство

Товариство з обмеженою відповідальністю «Любимівка» – агропромислове підприємство, розташоване у Дніпровському районі в селі Любимівка. Підприємство займається виробництвом зернових, бобових культур, а також насіння олійних культур. Також діяльність пов'язана з вирощуванням зернових та технічних культур, такі як: ячмінь озимий, пшеницю озиму, кукурудзу, соняшник та ріпак озимий. Підприємство зареєстровано 11 грудня 2000 року. Статутний капітал складає 1 415 000 грн. За 2025 рік підприємство отримало виторг у розмірі 326 163 000 грн.

Одним із основних напрямків діяльності є свинарство, що відіграє певну роль у діяльності компанії ТОВ «Любимівка», Свинарство допомагає створити безперервний виробничий ланцюг та ефективно застосовувати вирощені корми, але його внесок у загальний фінансовий результат не менший, ніж у рослинницького сектору.

Свинарський комплекс забезпечує стабільне поголів'я свиней, що дозволяє отримувати додатковий дохід від реалізації м'ясної продукції. Використання власної кормової бази значно скорочує собівартість утримання тварин та підвищує рентабельність цього напрямку.

Підприємство має розвинену виробничу інфраструктуру: власний машинно–тракторний парк, зерносховища, виробничі приміщення для зберігання та первинної обробки сільськогосподарської продукції, що мінімізує залежність від сторонніх послуг і здійснювати повний цикл виробництва – від обробітку ґрунту до зберігання та реалізації готової продукції.

1.2 Утримання тварин

Господарство розташованому в селі Любимівка, чисельністю поголів'я до 4525 голів. На підприємстві здійснюється розведення свиней данської селекції з використанням гібриду генетичної лінії DanBred (рис. 1.1), створеного на основі порід йоркшир, ландрас та дюрок. Генетична лінія славиться, доброю багатоплідністю та великим набором ваги у молодняку.



Рисунок 1.1 – Порода свиней DanBred

Для забезпечення та підтримання високого імунного статусу свиней базується на циклічній системі «усе пусто – усе зайнято»[1]. Відповідно до цього принципу все поголів'я розподілене за трьома групами. Цех відтворення: призначений для утримання кнурів–плідників, для отримання насіннєвого матеріалу, утримання холостих і поросних свиноматок, а також проведення штучного осіменіння. Цех репродукції: забезпечує проведення опоросів, утримання підсисних маток та вирощування підсисного молодняку до

досягнення ними місячного віку. Цех для дорощування орієнтований на утримання та вигодовування відлучених поросят віком від 28 до 77 діб.

У цеху відтворення холості та умовно–поросні свиноматки перебувають протягом 4 тижнів. За цей інтервал часу здійснюється відлучення маток від поросят, штучне запліднення та утримання до моменту точного підтвердження поросності. Загалом у цеху одночасно перебуває 10 технологічних груп по 50 голів. Корпус виконаний у вигляді єдиного загального залу без поділу на ізольовані камери.

Для утримання підсисних свиней та свиноматок використовуються індивідуальні станки для опоросу, встановлені на повністю щільній пластико–чавунній підлозі. Конструкція станка передбачає фіксацію матки на весь підсисний період задля запобігання травмам новонароджених поросят. Виробнича зона опоросу складається з одного цеху, який розрахований на 200 станочних місць.

Внутрішнє планування корпусу опоросу передбачає обов'язковий поділ на бокси для синхронного ведення технологічних груп. Будівля розділена на 10 однакових відокремлених камер. Усередині кожної камери змонтовано 2 ряди станків по 10 штук у кожному (разом – 20 індивідуальних місць на бокс).

Для утримання поросят на дорощуванні, що переведені на самостійне годування. У приміщенні молодняк утримується групами у спеціалізованих станках на суцільній щільній підлозі. Система гноєвидалення аналогічна іншим цехам: під підлогою станків облаштовано спільні для кожного технологічного ряду бетонні ванни, підключені до самоспальної каналізаційної мережі.

Внутрішня архітектура корпусу дорощування також базується на секційному поділі. Зал розбитий на ізольовані бокси для реалізації принципу одночасної посадки та вивантаження тварин. Це дозволяє проводити тотальну мийку, дезінфекцію та біологічний відпочинок приміщення після звільнення їх від чергової партії, що зупиняє ланцюгову передачу інфекцій.

Приміщення холостих свиноматок та штучного осіменіння ця зона призначена для свиноматок після відлучення поросят, а також для ремонтних

свинок. Головна мета цього приміщення тут – зручність проведення осіменіння. Найчастіше тварин утримують в індивідуальних станках що дозволяє контролювати стан кожної особини, дозувати корм та уникнути агресії.

Приміщення поросних свиноматок після успішного осіменіння та підтвердження вагітності, свиноматок переводять у зону утримання поросних маток, де вони перебувають до 110–112 дня вагітності після чого їх переводять у родильне приміщення.

До відлучення поросят за 5–7 днів їм починають давати корм у вигляді дрібних гранул що містить молочні компоненти (суху сироватку) для адаптації ферментної системи поросяти, яке ще п'є молоко свиноматки. Коли поросят відлучили і вони ще не набрали 10–30 кг їм починають давати легкозасвоюваний високобілковий корм. В цей період відгодівлі годівниці завжди мають бути повними, щоб поросята активно росли.

Холості та поросні: у першу половину вагітності застосовують строго обмежену годівлю близько 2,2–2,5 кг корму на добу. Якщо свиноматка розжириє в цей період, вона важко пороситиметься і виростить мало поросят. Корм містить багато клітковини, висівки та трав'яне борошно, щоб тварина відчувала ситість, але не набирала зайву вагу. Над кожним станком висить прозорий пластиковий конус (дозатор) зі шкалою. Транспортер заповнює ці конуси автоматично. Але оператор на кожному конусі вручну виставляє засувку: худій свиноматці – 2,5 кг корму, товстій – 1,8 кг.

Після опоросу свиноматка має виробляти до 8–10 літрів молока на добу. Її годують максимально ситно до 6–8 кг корму на добу залежно від кількості поросят під нею. Корм має бути високоенергетичним та збагаченим кальцієм і фосфором. Використовують сенсорні годівниці. У кориті стоїть електронний датчик рівня корму. Свиноматка підходить, з'їдає все дочиста, датчик бачить, що корито порожнє, і система через міні–шнек скидає їй свіжу порцію (наприклад, 400 грамів). Якщо вона наїлася і лягла спати – система більше корм не сипле. Це дозволяє годувати тварину свіжим кормом до 8–10 разів на добу без участі людини. На фермі застосовуються ніпельні поїлки, які працюють за принципом,

що свиня бере ніпель у рот, натискає зубами або язиком на шток , клапан відкривається, і вода тече прямо в рот.

Таблиця 1.1 Кількість поголів'я одночасного утримання

Група	Розмір технологічної групи, голів	Тривалість утримання, доби	Кількість технологічних груп	Кількість тварин одночасної постановки, голів
Кнури	10	365	1	10
Свиноматки: холості та умовно—поросні	50	49	10	500
поросні	45	77	11	495
підсисні з поросятами	40	35	5	200
Поросята 28–77 діб	400	49	8	3200
Ремонтні свинки	60	180	2	120
Всього	—	—	—	4525

1.3 Обґрунтування теми проєкту

Мета дипломного проєкту, виходячи з поточного стану свиногокомплексу ТОВ «Любимівка» у селі Любимівка, виходячи з умов утримання тварин та екологічних норм, що пред'являються до галузі, та планів щодо збільшення поголів'я тварин, полягає у вдосконаленні механізованого комплексу для

переробки гною та подальшого використання як добриво в полях, так як підприємство займається вирощуванням зернових культур.

Для досягнення цієї мети передбачається виконання таких кроків:

- Оцінити методику переробки гною з подальшим використанням як добриво
- Обрати дієву методику утилізації гною
- Створити сприятливі умови задля безпеки праці на обраній ділянці лінії.
- Розрахувати й підтвердити економічну доцільність та прибутковості впровадження запропонованих інноваційних рішень.

1.4 Висновок

У ході виконання даного розділу з'ясовано, що ТОВ «Любимівка», розташована в селі Любимівка Дніпровського району, є середнім репродуктором із поголів'ям до 5 тисяч голів. Застосування інтенсивної технології утримання тварин потребує щоденного накопичення суттєвих обсягів рідкого гною, ефективна утилізація якого без попередньої механічної обробки дуже навантажує резервуари. Впровадження сепаратора гною дасть змогу розділити його на тверду та рідку фракції, кожна з яких знайде практичне застосування у власному рослинництві підприємства як цінне органічне добриво. З огляду на це, обраний напрям дипломного проєктування є цілком обґрунтованим і актуальним для ТОВ «Любимівка».

2 МЕХАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ ГНОЮ

2.1 Організація процесу гноєвидалення

Для внесення рідких добрив на поля застосовують спеціалізовані машини: цистерни–розкидачі рідкого гною, що транспортують та рівномірно розподіляють рідину поверхнево або через інжекторні ножі безпосередньо в ґрунт, шлангові системи – насосна станція перекачує рідку фракцію по гнучких шлангах до польового розподільника, що рухається за трактором, забезпечуючи внесення без ущільнення ґрунту важкою технікою. Також самохідні дощувальні машини, що використовуються лише для повністю освітленої рідкої фракції без твердих включень, розпорошуючи її над поверхнею поля. Саме через конструктивні особливості цих машин вузькі трубопроводи, насоси та форсунки і виникає необхідність попереднього розділення гною на рідку та тверду фракції: нерозділений гній із високим вмістом волокнистих часток постійно забиває обладнання та виводить його з ладу.

Ключові вимоги, що дають змогу застосування самохідних дощувальних машин для внесення гною, є поділ гною на тверду та рідку частини за допомогою сепараторів. Ці сепараційні установки виводять із рідкої фракції майже всі тверді частинки, залишаючи в ній лише розчинені компоненти, які не спричиняють засмічення обладнання та легко перекачуються стандартними насосними агрегатами.

Обробіток рідкого гною проходить через такі етапи: відокремлення його на тверду і рідку складові, виготовлення компостів, а також аеробне бродіння. Відокремлення твердих та рідких частин рідкого гною реалізується через фільтрацію.

Для розділення гною використовуються шнекові сепаратори. Шнекові сепаратори широко застосовуються в системах переробки органічних відходів завдяки простоті конструкції та надійності роботи [23]. Принцип їх роботи полягає у переміщенні гнойової маси вздовж циліндра за допомогою шнека. Під час руху відбувається стискання маси, рідина проходить крізь отвори сита, а

тверда фракція вивантажується через вихідний отвір. Ефективність сепарації залежить від вологості гною, конструкції шнека, розміру отворів сита та рівня створюваного зворотного тиску. На продуктивність і якість розділення також істотно впливають геометричні параметри шнека та режим роботи обладнання [18].

Після сепарації тверда фракція може направлятися на компостування. У процесі компостування органічна маса проходить біотермічну обробку за участю мікроорганізмів, у результаті чого знищуються патогенні мікроорганізми, насіння бур'янів. Застосування технологій переробки органічних відходів сприяє підвищенню екологічної безпеки та ефективності сільськогосподарського виробництва [22]. Отриманий компост характеризується високим вмістом гумусових речовин і використовується як цінне органічне добриво. Альтернативним способом переробки є анаеробне зброджування гною у біогазових установках. У герметичних реакторах органічні речовини розкладаються під дією анаеробних бактерій із утворенням біогазу, який містить метан і використовується для виробництва теплової та електричної енергії. Побічним продуктом процесу є дигестат, який також застосовується як добриво.

Рідка фракція після сепарації містить переважно воду з розчиненими сполуками азоту, калію та мікроелементами. Завдяки низькому вмісту твердих домішок вона легко транспортується трубопроводами та насосними системами без ризику засмічення обладнання. Рідка фракція може зберігатися у герметичних резервуарах або лагунах протягом визначеного технологічного періоду з подальшим використанням як органічне добриво. Під час внесення у ґрунт вона швидко просочується в орний шар, що зменшує втрати азоту через випаровування та підвищує ефективність засвоєння поживних речовин рослинами. Крім того, рідка фракція є більш придатною для механізованого внесення на поля порівняно з необробленим гноєм [11]. Також рідка фракція може використовуватися як сировина для біогазових установок або подаватися на додаткове біологічне очищення.

Ефективність переробки гною безпосередньо залежить від якості та методу його первинного видалення з приміщень. Спосіб гноєвидалення визначає фізико-хімічний склад вихідного матеріалу, ступінь однорідності субстрату, а також навантаження на обладнання переробного комплексу. Тому перш ніж розглядати технологічні процес переробки гною, необхідно проаналізувати, який процес гноєвидалення використовується на фермі.

Гнойові стоки утворюються в зоні утримання тварин. Підлога приміщення виконана у вигляді щілинних решіток – спеціальних бетонних або металевих панелей із поздовжніми прорізами шириною, достатньою для проходження екскрементів, але безпечною для копит тварин (рис 2.1.) Під дією власної ваги та механічного впливу тверді фракції продавлюються крізь щілини і разом із сечею та технологічною водою стікають у розташовані нижче гноєзбірні сховища.



Рисунок 2.1 – Щілинна підлога для свиней

Сховища (рис. 2.2) являють собою закриті ємності зі збірного залізобетону, що розміщуються безпосередньо в шарі підлоги. Їхня герметичність досягається завдяки застосуванню якісної гідроізоляції на внутрішніх поверхнях стін та основи, а також міцному з'єднанню з панелями перекриття, що розташовані зверху. Такий підхід гарантує повну відсутність витоків рідини у ґрунт і водночас запобігає проникненню будь-яких зовнішніх домішок усередину.



Рисунок 2.2 – Гноєзбірне сховище

Нижні зливні отвори у ваннах надійно заглушені гумовими чи поліуретановими заглушками, внаслідок чому ванна функціонує як накопичувач: відпрацьоване вміст поступово заповнює її ємність протягом кількох діб.

Згідно з технологічними інструкціями, для початку процесу спустошення застосовуються два критерії. Перший із них – об'ємний: це досягнення визначеного рівня наповнення ванни, що зазвичай становить 85–95% від її робочого об'єму. Другий критерій – часовий: незважаючи на фактичний ступінь заповнення, злив має відбуватися мінімум один раз на два тижні [16]. Цей часовий параметр має першочергове значення з погляду санітарії та гігієни, оскільки тривале скупчення органічних речовин у закритому середовищі стимулює активне виділення аміаку, сірководню та інших отруйних газів, що негативно позначається на мікрокліматі у зоні та самопочутті тварин [3].

Після того як оператор прийняв рішення про спорожнення ванни, він підходить до ревізійного люка в підлозі, розташованого над зливною пробкою, і за допомогою металевого гака захоплює вушко на її корпусі та плавним тяговим рухом виймає пробку із зливного отвору. Конструкція пробки забезпечує надійне ущільнення в закритому положенні та легке вилучення без значних фізичних зусиль. Деякі сучасні системи доповнюють цей вузол тросовим або важільним приводом дистанційного відкриття, що підвищує зручність і безпеку роботи персоналу.

Одразу після відкриття зливного отвору вступає в дію вакуумний принцип транспортування. Проміжний накопичувач – герметична ємність із підтримуваним розрідженням повітря всередині – з'єднаний трубопроводом зі зливними отворами ванн. Різниця тисків між атмосферним тиском у ванні та вакуумом у накопичувачі створює рушійну силу, яка всмоктує рідку гноєву масу по трубопроводу. Вакуум підтримується насосом або ежектором і становить, як правило, 0,3–0,6 бар відносного розрідження – достатньо для надійного транспортування в'язкої рідини на відстань до кількох десятків метрів. Швидкість спорожнення однієї ванни залежно від її об'єму та діаметра трубопроводу становить зазвичай від 5 до 20 хвилин. При цьому весь процес транспортування відбувається у повністю закритій трубопровідній системі – без відкритих лотків, без розбризкування та без контакту з атмосферним повітрям на проміжних ділянках.

Із проміжного накопичувача гноєва маса транспортується до кінцевого місця переробки або зберігання одним із двох способів: самопливом – якщо рельєф місцевості дозволяє організувати необхідний ухил трубопроводу не менше $1\text{--}2^\circ$ до горизонталі (рис. 2.3), або за допомогою фекального насоса – якщо місце переробки розташоване на підвищенні чи на значній горизонтальній відстані. У другому випадку застосовуються відцентрові або гвинтові насоси з відкритим робочим колесом, стійкі до абразивних включень і волокнистих матеріалів. Кінцевими пунктами приймання можуть бути лагуни або гноєсховища для тривалого зберігання та природного дозрівання, біогазові установки для анаеробного зброджування з отриманням біогазу та біодобрих, а також сепараційні комплекси для механічного розділення на тверду та рідку фракції з подальшим роздільним використанням [22].

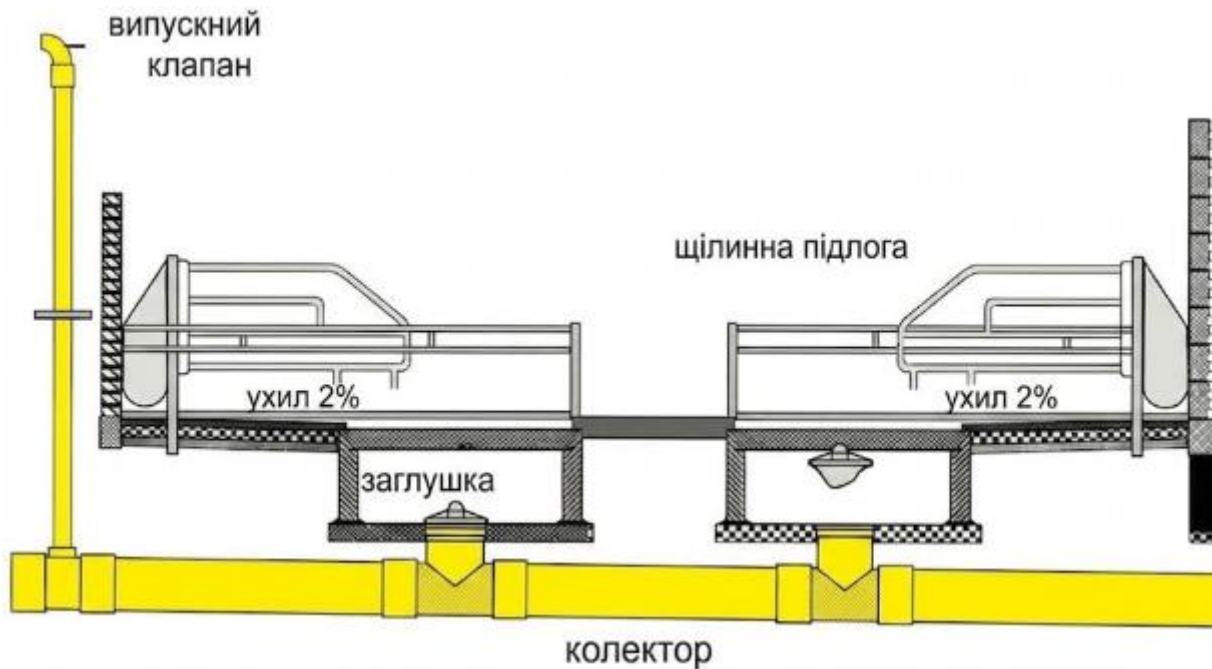


Рисунок 2.3 – Система очистки гною на свинофермі

2.2 Технологічний процес переробки гною

Поділ рідини – один із головних етапів у будь-якому комплексі з обробки гною. Його метою є розщеплення вихідного матеріалу на дві складові: тверду та рідку, кожна з яких далі обробляється окремим методом, з огляду на її властивості.

Приймання та збір вихідної сировини. Рідкий або напіврідкий гній надходить або самопливом, або за допомогою насосів у накопичувальний резервуар. Розмір цього резервуару визначається масштабом всього виробництва. Для перекачування в сепаратор приєднується відцентровим насосом. На вході в систему монтуються сита грубого очищення або пастки для видалення великих включень (як-от солома, сміття, мотузки), що допомагає запобігти заклинюванню механізмів. Подача від приймача відбувається або через трубопровід, або за допомогою відкритого транспортера. На великих фермах використовують насоси з продуктивністю 20–100 м³/год, які мають регулювання швидкості обертання (зазвичай через частотний перетворювач), що дає змогу плавно коригувати об'єм подачі, адаптуючись до густини маси.

Стік гною, що надходить із приміщень, спрямовується у накопичувальний резервуар для тимчасового зберігання та змішування перед стадією розділення. Для досягнення ефекту усереднення використовується міксер, який забезпечує однорідний стан речовини на вході. Як альтернатива може бути застосований насос (Рис 2.4). Насос, обладнаний подрібнювальним механізмом із ріжучими елементами, перекачує вже рідину до сепаратора. Надлишок стоків завдяки вбудованому клапану повертається до резервуару.. У ситовій частині сепаратора відбувається відокремлення твердих волокнистих компонентів від рідини.



Рисунок 2.4 – Схема розділення гною з використанням сепаратора

При обробці гною, такий сепаратор здатний якісно вивільнити до 90 % твердих фракцій із гнойних стоків, доводячи їх до стану доволі сухої маси. Ступінь успішності виділення твердих компонентів обумовлюється низкою факторів: це й розмір отворів сита, конструкція шнека, конкретна модель сепаратора, природа самих твердих часток. Водночас, показник відділення таких елементів як азот, фосфор, калій та інших живильних субстанцій коливається у межах від 15 до 85%.

Волокна формують фільтраційний шар, який затримує дрібніші завислі частинки в рідині. Шнек своїми лопатями проштовхує цей сформований шар до розвантажувального патрубку. Поверхня сита при цьому очищається, і формується новий фільтрувальний шар. Конструкція сита унеможливорює

засмічення. Тиск у початковій секції сита є низьким, але він наростає по мірі збільшення густини твердої фракції у вихідному продукті. Сила тертя утвореної твердої пробки в циліндричному розширенні та конструкція подвійних заслінок на вихідному отворі створюють необхідний зворотний тиск. Продуктивність системи залежить від низки параметрів: розмір отворів сита, початковий рівень вологості стоків, температура середовища, тривалість зберігання гною, що визначають ступінь віджиму.

Тверда фракція із сепаратора за допомогою транспортера дозовано подається у причеп, а потім у сушарку. Для забезпечення процесу випаровування надлишкової вологи сушарка підключена до теплогенератора, який працює на газі, генеруючи суміш гарячого повітря з топковими газами з оптимальною температурою. Під час проходження біомаси крізь сушильний барабан її вологість стрімко знижується з вихідних 60–65% до кондиційних 12–14%, що є базовою вимогою для якісного пресування. З метою відокремлення висушеної дрібнодисперсної сировини від відпрацьованого теплоносія та очищення повітряного потоку від пилу, суміш спрямовується у бункер-циклон. За рахунок відцентрової сили сухі частки гною осаджуються в нижній конічній частині циклону, а очищене повітря виводиться в атмосферу. Осаджена в циклоні суха розсипна маса через шнековий живильник завантажується безпосередньо у прес-гранулятор. У робочій камері гранулятора під дією високого тиску, що створюється пресувальними вальцями, та температури (понад 80–90 °C за рахунок тертя), сировина продавлюється крізь радіальні отвори кільцевої матриці. Термічний фактор під час пресування додатково забезпечує повну стерилізацію біомаси, знищуючи патогенну мікрофлору. Сформовані гарячі гранули за допомогою транспортера переміщуються в охолоджувальну колонку вертикального типу, де під дією зустрічного потоку повітря кімнатної температури вони охолоджуються, набуваючи необхідної міцності та твердості.

Охолоджені пелети надходять на сепаратор-грохот для калібрування за фракційним складом. Гранули оптимального розміру проходять крізь калібрувальні сита та зсипаються у бункер для готових гранул, звідки подаються

на склад фасування у мішки типу дрібну тару для подальшої реалізації. Дрібна негранульована фракція відсіюються та спрямовуються у дробарку для подрібнення. Подрібнений незгранульований матеріал по системі накопичується для повторного технологічного процесу, що забезпечує абсолютну замкненість схеми.

Як один із варіантів застосування гною – це створення органо–мінеральних компостів поруч із місцями його зберігання, куди додають торф та мінеральні добрива. На зарезервованій ділянці умовно рівномірно розкладають шар торфу, завтовшки приблизно 15–25 см, а поверх нього викладають гній та суміш фосфоритного борошна з калійною сіллю. Цю масу ретельно перемішують за допомогою дискової борони, а потім бульдозером збирають у купи (бурти), де завдяки біотермічному процесу відбувається доведення гною до потрібного стану та його знезараження. Приготування органо–мінеральних компостів можливе і з гною, який має напіврідку консистенцію [3].

Одна із альтернатив сепаратору є барабанне сито що застосовують при обробці великих обсягів більш рідких субстанцій. Перфорований барабан обертається, гній потрапляє всередину, і рідина вільно витікає назовні, а тверді залишки транспортуються лопатками вздовж осі та вивантажуються. Його перевага – менша схильність до засмічення та вища швидкість обробки. Мінус – твердий залишок виходить більш вологим (75–82% вологості).

Рідка фракція 97–98% з води, що містить розчинений азот (в основному в амонійній формі), частину органіки та мікроелементи. Ця частина спрямовується на: зберігання у спеціальних лагунах для подальшого застосування як рідке добриво, подачу на установку біогазу, або ж у систему очищення стічних вод. Рідка фракція просочується в ґрунт на глибину кількох сантиметрів у 2–3 рази швидше, ніж сирий гній. Втрати азоту через випаровування знижуються до мінімуму, економія азоту складає близько 15–25% порівняно з поверхневим внесенням нерозділеної маси. Одна з головних переваг, що рідку фракції що її можна перекачувати на великі відстані за допомогою шлангових систем. А нерозділений гній через високий вміст сухих речовин

постійно забиває форсунки та насоси. Для транспортування розділеної рідини не потрібні десятки бочок і тракторів, які трамбують ґрунт достатньо роботи насосної станції. Застосування технології розділення гною також дозволяє спростити транспортування та подальше використання отриманих фракцій у сільськогосподарському виробництві [7].

Також альтернативним рішенням є анаеробне бродіння яким основним принципом є розпад органіки мікробами, що відбувається у відсутності кисню, кінцевим продуктом чого є біогаз. Цей процес розгортається у чотири послідовні фази: розщеплення складних органічних макромолекул – протеїнів, ліпідів, полісахаридів – до простих елементів, таких як амінокислоти, жирні кислоти, цукри. Ацидогенез – трансформація цих простих сполук у органічні кислоти, спирти, вуглекислий газ та водень. Ацетогенез формування оцтової кислоти, CO_2 та водню. Метаногенез – спільнота метаногенних бактерій перетворює оцтову кислоту і водень на метан та вуглекислий газ [23].

Мікроорганізми, що продукують метан, є найбільш вимогливими: їхня життєдіяльність чутлива до рівня, температурного режиму, а також присутності різноманітних інгібіторів: аміаку, сірководню, важких металів. З огляду на це, належний моніторинг та регулювання процесу набувають першочергового значення.

Найбільш поширеним типом для обробки рідких субстратів є вертикальний циліндричний реактор, оснащений змішувальними пристроями. Їхній робочий об'єм зазвичай становить від 500 до 6000 m^3 і більше. Виготовляються такі конструкції з листової сталі часто із захисним епоксидним шаром або виконані з нержавіючої сталі або залізобетону. Вони комплектуються механічними мішалками або системами газової барботації з метою забезпечення гомогенності суміші та унеможливлення формування поверхневої кірки.

Біогаз спалюється, як правило, у газопоршневій чи газотурбінній установці, що приєднана до електричного генератора. Когенераційна система (КГУ) одночасно генерує електричну енергію (ККД сягає 35–40%) та теплову енергію у формі нагрітої води ефективність якої 40–50%. Сумарний ККД

когенераційного процесу становить від 80–90 %. Теплова енергія застосовується для підігріву сировини у біореакторі, для опалення виробничих будівель та для нагрівання води. Електрика або йде на внутрішнє споживання, або ж реалізується у загальну енергомережу.

Маса, що пройшла процес зброджування – це рідка субстанція, котра містить 4–8% сухого залишку і збагачена азотом у мінеральних формах аміачний азот може становити до 70% від загального обсягу. Дигестат являє собою кращий засіб для живлення рослин, аніж вихідний гній, оскільки азот у ньому вже перетворений на легкодоступну для засвоєння рослинами форму. Дигестат подається на сепараційну установку для поділу на рідку та тверду складові або ж напряму розподіляється по полях.

Висока агрохімічна цінність анаеробно зброженого субстрату зумовлена тим, що під час метанового бродіння складні органічні сполуки (білки, амінокислоти) під дією мікроорганізмів мінералізуються. Перехід азоту у форму іонів амонію мінімізує його вимивання у глибокі шари ґрунту та забезпечує пролонгований ефект живлення сільськогосподарських культур. Крім того, у процесі термофільної або мезофільної деструкції в біореакторі відбувається практично повна дегельмінтизація маси, знищення патогенної мікрофлори та втрата життєздатності насіння бур'янів, що робить дигестат екологічно безпечним органічним добривом.

Рідка фракція після сепарації являє собою субстрат із вмістом сухої речовини 2–5%, насичений розчиненими поживними елементами – азотом переважно в амонійній формі, калієм та мікроелементами. Залежно від подальших потреб господарства вона може оброблятися кількома способами. Перший напрямок це зберігання у закритих лагунах із перемішуванням та подальше внесення як рідкого добрива за допомогою шлангових машин або цистерн. Другий напрямок – подача до біогазової установки для анаеробного зброджування.. Третій напрямок – доочищення на аеробних або мембранних установках із метою зниження концентрації азоту та завислих речовин до норм скидання або повторного використання в системах технічного водопостачання.

При зберіганні рідкої фракції у лагунах необхідно дотримуватись санітарного терміну витримки не менше 6 місяців, а для знезараження від патогенних мікроорганізмів та гельмінтів. Лагуни облаштовуються гідроізоляцією та системою збору дощових вод, щоб запобігти забрудненню ґрунтових вод. У разі подачі рідкої фракції на біогазову установку її попередньо підігрівають до температури 35–37 °С для підтримання режиму ферментації. Для аеробного очищення застосовуються аераційні басейни із примусовою подачею повітря або установки для видалення азотних сполук.

2.3 Розрахунок параметрів технологічного процесу переробки гною

2.3.1 Розрахунок добової потреби гною

Розрахунковий час зберігання рідкого гною (або його рідкої частки після поділу) у закритих чи відкритих резервуарах (лагунах) екологічно безпечного типу складає мінімум 6 місяців для забезпечення ветеринарного знезараження перед унесенням у ґрунт [16].

Рівним чином необхідно брати до уваги й агротехнічні характеристики гною, включно з такими параметрами, як рівень забруднення домішками органічного походження.

Для початку розрахунків нам потрібні вхідні відомості: чисельність поголів'я худоби, що знаходиться на господарстві, згрупованого за технологічними категоріями, спосіб їхнього утримання, показники якості гною, а також ветеринарно–санітарні та зоотехнічні регламенти, серед іншого.

Таблиця 2.1 Сумарна кількість гною, що утворюється на свинофермі, за одну добу

Підгрупи свиней	Поголів'я, гол.	Кількість гною на гол, кг	Кількість гною на тех. групу, кг
Кнури	10	11,1	111
Свиноматки: холості та умовно–поросні	500	10	5000
поросні	495	10	4950
підсисні з поросятами	200	16	3200
Поросята 28–77 діб	3200	2	6400
Ремонтні свинки	120	7	840
Всього			20501

Розрахуємо кількість гною для кожної технічної групи свиней:

$$V = P \cdot G, \quad (2.1)$$

де P – поголів'я кожної групи свиней згідно з табл.1.1;

G – кількість гною на голову на кожну групу свиней;

Кількість гною за день з кнурів:

$$G_k = 10 \cdot 11,1 = 111 \text{ кг/груп}$$

Кількість гною за день з свиноматок:

$$G_c = 500 \cdot 10 = 5000 \text{ кг/груп}$$

Кількість гною за день з поросних свиноматок:

$$G_{\text{пор}} = 495 \cdot 10 = 4950 \text{ кг/груп}$$

Кількість гною за день з підсисних з поросят:

$$G_{\text{під}} = 200 \cdot 16 = 3200 \text{ кг/груп}$$

Кількість гною за день з поросят 28–77 діб:

$$G_{\text{п}} = 3200 \cdot 2 = 6400 \text{ кг/груп}$$

Кількість гною за день з ремонтних свинок:

$$G_{\text{р}} = 120 \cdot 7 = 840 \text{ кг/груп}$$

Загальна кількість гною на добу:

$$G_{\text{д}} = G_{\text{к}} + G_c + G_{\text{пор}} + G_{\text{під}} + G_{\text{п}} + G_{\text{р}}, \quad (2.2)$$

$$G_{\text{заг}} = 111 + 5000 + 4950 + 3200 + 6400 + 840 = 20501 \text{ кг}$$

Розрахуємо, скільки годин на добу має працювати сепаратор середньої потужності.

Час роботи сепаратора:

$$T = \frac{G_{\text{заг}}}{Q}, \quad (2.3)$$

де Q – продуктивність сепаратора $Q = 5$ т/год;

$G_{\text{заг}}$ – обсяг гною за день $G_{\text{заг}} = 20,5$ т/добу;

$$T = \frac{20,5}{5} = 4,1 \text{ год}$$

З урахуванням часу на запуск та промивку системи (близько 30% часу), загальний час роботи лінії складе приблизно 5,3 години на добу.

2.3.2 Розрахунок кількості твердої та рідкої фракції

Розрахуємо добовий вихід твердої фракції:

$$G_{\text{тф}} = G_{\text{заг}} \cdot k, \quad (2.4)$$

де $k_{\text{тф}}$ – коефіцієнт твердої фракції $k_{\text{тф}} = 0,35$;

$$G_{\text{тф}} = 20,5 \cdot 0,35 = 7,175 \text{ т}$$

Розрахуємо кількість рідкої фракції:

$$G_{\text{рід}} = G_{\text{заг}} - G_{\text{тф}} = 20,5 - 7,175 = 13,325 \text{ т}, \quad (2.5)$$

Розрахуємо добовий об'єм твердої фракції:

$$V_{\text{тф}} = \frac{G_{\text{тф}}}{\rho_{\text{тф}}}, \quad (2.6)$$

де $\rho_{\text{тф}}$ – густина твердої фракції (від 0,9–0,95 т/м³) згідно з даними літературних джерел з технологій сепарації та транспортування гною. Обираємо $\rho_{\text{тф}} = 0,9 \text{ т/м}^3$ [3].

$$V_{\text{тф}} = \frac{7,175}{0,9} = 7,97 \text{ м}^3$$

Розрахуємо добовий об'єм рідкої фракції:

$$V_{\text{рід}} = \frac{G_{\text{рід}}}{\rho_{\text{рід}}}, \quad (2.7)$$

де $\rho_{\text{рід}}$ – густина рідкої фракції $\rho_{\text{рід}} = 1,01 \text{ т/м}^3$ [3] ;

$$V_{\text{рід}} = \frac{13,325}{1,01} = 13,19 \text{ м}^3$$

Для зберігання рідкої фракції протягом 6 місяців (стандартний термін перед внесенням на поля):

$$V_{\text{х}} = V_{\text{рід}} \cdot t, \quad (2.8)$$

де t – час зберігання рідкого гною приблизно $t = 180$ діб

$$V_{\text{хр}} = 13,1 \cdot 180 = 2358 \text{ м}^3$$

Обираємо лагуну для рідкої фракції розмірами 40×23×3 м.

Для зберігання твердої фракції:

$$V_{\text{хс}} = V_{\text{тф}} \cdot t_{\text{с}}, \quad (2.9)$$

де t_T – час зберігання твердого гною 90 діб перед внесенням на поля [10];

$V_{Тф}$ – об'єм твердої фракції;

$$V_{xc} = 7,97 \cdot 90 = 717,3 \text{ м}^3$$

Розрахунок розмірів майданчика для твердої фракції:

$$S_x = \frac{V_{xc}}{h}, \quad (2.10)$$

де h – висота насипу 2 метри;

V_{xc} – об'єм твердої фракції за 90 діб;

$$S_x = \frac{717,3}{2} = 358,6 \text{ м}^2$$

Додаємо 25% площі на технологічні проходи для трактора:

$$S_{заг} = S_x \cdot 1,25, \quad (2.11)$$

$$S_{заг} = 358,6 \cdot 1,25 = 448,25 \text{ м}^2$$

Обираємо майданчик для твердої фракції 15×30 м

2.4 Висновок

Встановлено, що ефективна переробка гною починається з його правильного видалення з приміщень через щільну підлогу та герметичні гноєзбірні ванни з вакуумною системою транспортування. Така замкнена

система унеможлиблює контакт відходів із зовнішнім середовищем, запобігає поширенню патогенів і відповідає сучасним екологічним та санітарним вимогам.

Ключовим етапом технологічного процесу є механічне розділення гною на тверду та рідку фракції за допомогою шнекового сепаратора. Тверда фракція з вологістю 65–75% використовується для гранулювання, а рідка фракція з вмістом 97–98% води направляється на зберігання у лагунах.

За результатами розрахунків визначено, що добовий вихід гною на фермі становить 20 501 кг. Сепаратор продуктивністю 5 т/год забезпечує переробку всього обсягу за 4,1 год на добу.

Отримані результати підтверджують, що запропонована технологічна схема дозволяє ефективно організувати процес видалення, транспортування, сепарації та зберігання гною в умовах свиноферми. Її впровадження сприятиме зниженню негативного впливу відходів тваринництва на навколишнє середовище та підвищенню рівня санітарної безпеки виробництва.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ СЕПАРАТОРА ГНОЮ

3.1 Аналіз існуючих конструкцій та систем

Для розподілу гною на складові фракції, сучасні установки використовують шнековий сепаратор. Принцип його роботи полягає у використанні шнека, який забезпечує відділення твердої фракції від рідкою. Якщо порівнювати його з центрифугами (рис 3.1) та вальцьовими пресами (рис 3.2), котрі є більш затратними у фінансовому плані, то шнекові сепаратори демонструють вищу пропускну здатність – ступінь вилучення твердих елементів може сягати понад 85 %. Такі методи, як декантаційні центрифуги, преси на базі стрічкових сит, сітчасті апарати, а також гвинтові механізми для осушення чи звичайні преси, тягнуть за собою значні експлуатаційні витрати, потребують значних обсягів енергії, а відсоток вилученої сухої речовини залишається невисоким. Застосування вібраційних пристроїв або традиційних центрифуг для розділення рідкого гною на тверду та рідку фази дає нам твердий залишок із вологістю в межах 65 – 70% та рідку фракцію, де вміст сухої речовини становить лише 2 – 3%. Така тверда фракція створює труднощі при її зберіганні, пакуванні та подальшому компостуванні [23].

Сепараційне обладнання дозволяє задавати потрібний вміст сухої речовини у твердій фракції – як правило, він становить 30–40%. Це відкриває можливість компостування, фасування та формування субстрату з подальшим внесенням звичайними розкидачами. Великі промислові шнекові моделі на рідкому гної з вологістю близько 92–95% можуть видавати від 30 – 50 т/год на свинячому гної.



Рисунок 3.1 – Центрифуга



Рисунок 3.2 – Вальцовий прес

Розділення відбувається під дією гравітації та тиску, а підбір розміру сита, довжини шнека та налаштування регулятора дозволяють досягати потрібних показників продуктивності й складу обох фракцій. У процесі сепарації тверда фракція збагачується азотистими сполуками та органічно зв'язаними поживними речовинами. Отримана тверда фракція може використовуватися як високоефективне органічне добриво для підвищення родючості ґрунтів [19,21].

Шнековий сепаратор «MINI–SEPCOM Pig Horizontal» (рис 3.3) призначений для невеликих ферм. Головною конструктивною перевагою цього сепаратора є виготовлення шнека зі спеціального полімеру, витки якого щільно прилягають до внутрішньої стінки металевого екрана, забезпечуючи бездоганну самоочистку сітки без її стирання, що суттєво подовжує термін служби деталей, порівняно з аналогами.



Рисунок 3.3 – Сепаратор MINI–SEPCOM Pig Horizontal фірми
«SEPCOM»

Реальна продуктивність обладнання напряду залежить від густини гною: якщо на рідкому свинячому гної (суха речовина 1–3%) сепаратор видає 10 – 15 т/год, то при переробці густих осадів із дна гнойових ванн 7–9%, швидкість розділення знижується до 4–6 т/год. Окрім цього, через використання полімерного шнека сепаратор чутливий до потрапляння каміння чи металевих сміття, що вимагає обов'язкового встановлення захисних решіток.

Характеристики сепаратора MINI–SEPCOM Pig Horizontal

- Потужність, 4 кВт
- Напруга живлення, 380 В
- Частота обертання шнека, 45 об/хв
- Продуктивність, 5 т/год.
- Маса, 137 кг

3.2 Розробка варіанту удосконалення

Недоліком цієї моделі сепаратора є низька продуктивність. Збільшення діаметра дає змогу підвищити площу поперечного перерізу робочої камери, що забезпечує більшу пропускну здатність та збільшує продуктивність переробки вихідного гною. Крім того, збільшення площі сита сприяє інтенсивнішому відведенню рідкої фракції, завдяки чому знижується навантаження на шнек і покращується якість сепарації.

Ще одним недоліком даної моделі є обмежена ефективність роботи при переробці густого гною з високим вмістом сухої речовини. У таких умовах продуктивність обладнання суттєво зменшується через підвищення опору переміщенню маси вздовж сита. Також використання полімерного шнека, незважаючи на його переваги щодо самоочищення та зменшення зношування сита, робить конструкцію чутливою до потрапляння твердих сторонніх предметів металу, каміння або інших домішок, що може призвести до пошкодження витків шнека.

Недостатня площа фільтраційної поверхні сита також впливає на ефективність зневоднення твердої фракції. При високому навантаженні частина вологи не встигає проходити через отвори сита, що призводить до підвищеної вологості твердої фракції на виході. Окрім цього, невеликий діаметр шнека обмежує створення необхідного осьового тиску в зоні пресування, через що погіршується ступінь віджимання рідкої фази.

Для усунення наведених недоліків доцільно виконати удосконалення конструкції шляхом збільшення діаметра шнека та сита. Це дозволить підвищити продуктивність сепаратора, збільшити площу фільтрації, покращити процес пресування гною та знизити вологість твердої фракції після сепарації.

3.3 Розрахунки конструкційно–технологічних параметрів удосконалення

Робоча камера являє собою циліндр, всередині якого обертається шнек. Розрахуємо об'єм камери пропорційний площі її поперечного перерізу.

Площа поперечного перерізу:

$$S_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (3.1)$$

де D – діаметр модернізованого шнека $D = 0,12\text{м}$;

$$S_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 0,12^2}{4} = 0,0113 \text{ м}^2$$

Внутрішній діаметр гвинтової спіралі шнека:

$$d_{\text{в}} = k_{\text{д}} \cdot D, \quad (3.2)$$

де k_d – коефіцієнт співвідношення внутрішнього діаметра шнека до зовнішнього діаметра, який для шнекових сепараторів приймається в межах 0,5–0,7. Приймаємо $k_d=0,5$;

$$d_b = 0,5 \cdot 0,12 = 0,06$$

Робоча висота шнека:

$$h = \frac{D - d_b}{2}, \quad (3.3)$$

$$h = \frac{0,12 - 0,06}{2} = 0,03 \text{ м}$$

Крок шнека розраховуємо враховуючи коефіцієнт кроку гвинта:

Коефіцієнт кроку шнека визначає кут підйому витка, при 0,6 він становить приблизно 14° . Такий кут потрібен для того, щоб гній рухався вздовж сита повільно й у витках встигав створюватися сильний осьовий тиск, який витискає воду крізь сито. Щоб маса мала достатньо часу в зоні фільтрації для стікання вільної вологи. Якби крок був більшим, гній просто пролітав би транзитом і виходив би мокрим.

Крок шнека:

$$H_k = k_k \cdot D, \quad (3.4)$$

де k_k – коефіцієнт кроку гвинта 0,6;

$$H_k = 0,6 \cdot 0,12 = 0,072 \text{ м}$$

Формула для визначення теоретичного об'єму гвинта на один крок:

$$V_s = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot H_k, \quad (3.5)$$

$$V_s = \frac{3,14}{4} (0,12^2 - 0,06^2) \cdot 0,072 = 0,00061 \text{ м}^3$$

Діаметр сита розрахуємо за формулою:

$$D_{\text{сита}} = D + 2 \cdot \delta, \quad (3.6)$$

де δ – зазор $\delta = 0,001 \text{ м}$;

$$D_{\text{сита}} = 0,12 + 2 \cdot 0,001 = 0,122 \text{ м}$$

Розрахуємо площу сита:

$$S_{\text{сита}} = \pi \cdot L \cdot D_{\text{сита}}, \quad (3.7)$$

де L – довжина шнека $L = 0,45 \text{ м}$;

$$S_{\text{сита}} = 3,14 \cdot 0,45 \cdot 0,122 = 0,172 \text{ м}^2$$

Сумарну площу всіх отворів сита разом:

$$S_{co} = S_{\text{сита}} \cdot k_n, \quad (3.8)$$

де k_n – коефіцієнт живого перерізу $k_n = 0,45$

$$S_{co} = 0,172 \cdot 0,45 = 0,0774 \text{ м}^2$$

Кутова швидкість шнека

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}, \quad (3.9)$$

де n – частота обертання шнека $n = 45$ об/хв

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 45}{60} = 4,71 \text{ рад/с}$$

Продуктивність розраховується:

$$Q = 0,036 \cdot \beta \cdot S_{co} \cdot \omega \cdot k_{\Gamma} \cdot \rho_{\Gamma}, \quad (3.10)$$

де β – коефіцієнт пропорційності. Для шнекових прес–сепараторів, що обробляють свинячий гній, цей показник зазвичай знаходиться в діапазоні 1,2 – 1,6. $\beta = 1,2$;

ω – кутова швидкість обертання шнека;

k_{Γ} – крок гвинта на кінці 0,35 – 0,55. $k_{\Gamma} = 0,5$;

ρ_{Γ} – щільність свинячого гною 1010 кг/м³;

$$Q = 0,036 \cdot 1,2 \cdot 0,0774 \cdot 4,71 \cdot 0,5 \cdot 1010 = 7,94 \text{ т/год}$$

Розраховуємо необхідну потужність двигуна:

$$P_{\text{нб}} = Q \cdot E_{\text{пит}}, \quad (3.11)$$

де $E_{\text{пит}}$ – питома енергоємність $E_{\text{пит}} = 0,35$ кВт · год/т

$$P_{\text{нб}} = 7,94 \cdot 0,35 = 2,78 \text{ кВт}$$

Розраховуємо мінімальну необхідну потужність електродвигуна:

$$P_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{нб}}}{\eta}, \quad (3.12)$$

де η – ККД редуктора $\eta = 0,85$

$$P_t = \frac{2,78}{0,85} = 3,27 \text{ кВт}$$

У цьому випадку потужність двигуна практично збігається розрахунком. Це означає, що двигун буде працювати з дуже високим ККД, оскільки він завантажений майже на свою номінальну потужність. Це енергоефективне рішення. Залишаємо двигун потужністю 4 кВт.

Крутний момент на валу шнека

$$M_{\text{кр}} = K_p \cdot \frac{P_t}{n}, \quad (3.13)$$

де K_p – коефіцієнт для крутного моменту $K_p = 9550$;

$$M_{\text{кр}} = 9550 \cdot \frac{4}{45} = 848,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Довжина гвинтової лінії робочого витка:

$$L_{\text{гл}} = \sqrt{(\pi \cdot D)^2 + H_k^2}, \quad (3.14)$$

$$L_{\text{гл}} = \sqrt{(3,14 \cdot 0,12)^2 + 0,072^2} = 0,383 \text{ м}$$

Загальна кількість робочих витків шнека в межах сита:

$$z = \frac{L}{H_k}, \quad (3.15)$$

$$z = \frac{0,45}{0,072} = 6 \text{ витків}$$

Механічне осьове зусилля пресування:

$$F_{\text{ось}} = \frac{2 \cdot M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{шн}}}{D \cdot \text{tg}(\alpha)}, \quad (3.16)$$

Визначає силу реакції, що виникає в процесі трансформації обертального крутного моменту вала в лінійний рух біомаси. Ця сила діє вздовж осі шнека в бік, протилежний руху гною

де $n_{\text{шн}}$ – коефіцієнт корисної дії гвинтового шнека при роботі у в'язкому середовищі $n_{\text{шн}} = 0,35$;

$\text{tg}(\alpha)$ – тангенс кута підйому витка $0,25$;

$$F_{\text{ось}} = \frac{2 \cdot 848,8 \cdot 0,35}{0,12 \cdot 0,25} = 19805 \text{ Н}$$

Гідростатична осьова сила від тиску насоса на торець вала:

$$P_0 = q \cdot S_{\text{пр}}, \quad (3.17)$$

де q – робочий надлишковий тиск подачі рідкої маси насосом $q=100000 \text{ Па}$

$$P_0 = 100000 \cdot 0,0113 = 1130 \text{ Н}$$

Сумарне осьове навантаження на упорний підшипниковий вузол:

$$F_{\text{сум}} = F_{\text{ось}} + P_0, \quad (3.18)$$

$$F_{\text{сум}} = 19805 + 1130 = 20935 \text{ Н}$$

Питомий внутрішній тиск пресування біомаси в камері сита:

$$\rho_{\text{прес}} = \frac{F_{\text{ось}}}{S_{\text{м}}}, \quad (3.19)$$

$$\rho_{\text{прес}} = \frac{20935}{0,0113} = 1,85 \text{ МПа}$$

Такий високий рівень тиску забезпечує інтенсивне руйнування колоїдних зв'язків у гної та ефективне витискання зв'язаної вологи крізь щілини фільтраційного екрана.

Розрахункова товщина стінки перфорованого сита з умов міцності на розрив:

$$S_t = \frac{\rho_{\text{прес}} \cdot D_{\text{сита}}}{2 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot k_{\text{н}}} + C, \quad (3.20)$$

де $D_{\text{сита}}$ – внутрішній діаметр сита;

$k_{\text{н}}$ – коефіцієнт живого перерізу 0,6;

$\rho_{\text{прес}}$ – питомий внутрішній тиск пресування біомаси в камері сита;

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме напруження на розтяг для нержавіючої сталі $135 \cdot 10^6 \text{ Па}$;

C – додатковий технологічний запас на абразивний знос та корозійне руйнування стінок 0,0015м;

$$S_t = \frac{1,85 \cdot 10^6 \cdot 0,122}{2 \cdot 135 \cdot 10^6 \cdot 0,6} + 0,0015 = 2,89 \text{ мм}$$

Мінімально допустимий діаметр вала шнека із умов міцності на кручення:

$$d_{\text{вмін}} = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{кр}}}{k_{\text{го}} \cdot \tau_{\text{к}}}}, \quad (3.21)$$

де $k_{\text{го}}$ – коефіцієнт геометричного опору для круглого суцільного вала
 $k_{\text{го}} = 0,2$;

$\tau_{\text{к}}$ – допустиме напруження на кручення для полімеру. $\tau_{\text{к}} = 25 \cdot 10^6$ Па;

$$d_{\text{вмін}} = \sqrt[3]{\frac{848,8}{0,2 \cdot 25 \cdot 10^6}} = 0,055 \text{ м}$$

За результатами розрахунку мінімально допустимий діаметр вала шнека з умови міцності на кручення становить 0,055 м. Прийнятий у конструкції діаметр вала 0,06 м перевищує розрахункове значення у 1,1 раза, що забезпечує необхідний запас міцності та надійну роботу шнека під навантаженням.

3.4 Висновок

Виявлено основні недоліки базової моделі сепаратора: низьку продуктивність через малий діаметр шнека та сита, недостатню площу фільтраційної поверхні й чутливість полімерного шнека до потрапляння твердих сторонніх предметів. Для їх усунення запропоновано збільшити діаметр шнека та сита. Виконані розрахунки підтвердили доцільність модернізації: продуктивність сепаратора зросла до 7,94 т/год, площа фільтраційної поверхні сита становить 0,172 м², а ефективна площа отворів – 0,0774 м². Розрахунки на міцність показали, що мінімальна товщина стінки сита складає 2,89 мм, а діаметр вала шнека – 0,055 м.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Загальні вимоги охорони праці на свинофермі

Безпеки працівників є невід'ємною частиною роботи свиноферми. Серед основних виробничих ризиків – токсичні гази (аміак, сірководень, метан), мікробіологічне забруднення середовища та інтенсивний шум від технологічного обладнання. Кожен працівник зобов'язаний пройти інструктажі з техніки безпеки, регулярні медичні обстеження та отримати необхідні засоби індивідуального захисту. До виконання робіт допускаються виключно особи з відповідною підготовкою та знанням правил безпечного поводження з обладнанням. Особливе значення має належна організація вентиляції: справна система повітрообміну запобігає накопиченню шкідливих газів і підтримує комфортний мікроклімат у приміщенні. Рівень освітленості робочих зон має відповідати чинним санітарним нормам. Безпечна організація виробничих процесів повинна здійснюватися відповідно до вимог нормативних документів з охорони праці [15].

4.2 Вимоги безпеки під час експлуатації сепаратора гною

До обслуговування сепаратора допускаються працівники, які пройшли медичний огляд, інструктаж з охорони праці та підтвердили знання правил безпечної експлуатації обладнання. Оператор повинен розуміти принцип роботи пристрою, вміти його запускати та зупиняти, а також знати алгоритм дій у позаштатних ситуаціях. Перед початком зміни необхідно вдягнути спецодяг. До початку роботи слід ретельно оглянути сепаратор: перевірити відсутність пошкоджень, переконатися у правильному та надійному кріпленні всіх вузлів. Несправне або пошкоджене обладнання до експлуатації не допускається. Будьте максимально обачними під час роботи. Суворо заборонено торкатися рухомих

елементів преса руками чи іншими частинами тіла. Категорично забороняється просовувати руки або будь-які сторонні предмети в робочу зону шнека, коли обладнання увімкнене. Забезпечте регулярний догляд за сепаратором за рекомендаціями виробника. Ретельне чищення та своєчасне змащування деталей гарантують справність і тривалий термін служби обладнання. Не стійте поруч із виливним отвором преса та бережіться контакту зі шкідливими речовинами. Якщо помітили будь-яку несправність – одразу вимкніть апарат і треба повідомити керівництво або відповідальну службу.

Оскільки сепаратор функціонує в умовах підвищеної вологості, особливу увагу необхідно приділяти електробезпеці. Під час експлуатації обладнання необхідно враховувати вимоги безпечного конструювання та експлуатації машин [20]. Усі електричні вузли мають бути заземлені та обладнані автоматичним захистом від аварійних ситуацій. Кабелі слід надійно захищати від вологи та механічних пошкоджень. У разі появи сторонніх шумів або збоїв у роботі необхідно негайно відключити живлення і лише після повної зупинки обладнання приступати до усунення несправностей. Електрообладнання повинно забезпечувати належний рівень безпеки обслуговуючого персоналу [20]. Після завершення роботи проводиться очищення та санітарна обробка; промивання сепаратора при підключеному живленні категорично заборонено. Завжди ретельно мийте руки з милом після роботи та контакту з рідким гноєм, а також перед кожним прийомом їжі. Після закінчення зміни обов'язково приймайте душ, використовуючи засоби для повного очищення тіла.

4.3 Екстрені ситуації

У виробничих приміщеннях мають бути розміщені порошкові або вуглекислотні вогнегасники, пожежні щити та системи оповіщення. Персонал повинен знати маршрути евакуації та чітко розуміти свої дії у разі надзвичайної ситуації. При виникненні пожежі необхідно без зволікань викликати рятувальні служби, повідомивши їм точну та повну інформацію про подію. Протипожежні

заходи повинні відповідати чинним вимогам будівельних норм та правил [14]. Самостійне гасіння вогню забороняється – потрібно забезпечити безперешкодний доступ пожежників до місця займання. Слід триматися на відстані від нагрівального обладнання та потенційних джерел займання.

Дотримання всіх вимог безпеки при роботі з сепаратором гною значно знижує ризик нещасних випадків, сприяє безперебійній роботі підприємства та гарантує безпечні умови праці.

4.4 Висновок

У розділі розглянуто основні вимоги охорони праці на свинофермі при експлуатації сепаратора гною. Визначено головні небезпечні фактори: шкідливі гази, біологічні забруднення, шум та ризик ураження електричним струмом. Встановлено, що обов'язковими умовами безпечної роботи є належна підготовка персоналу, дотримання правил електробезпеки, забезпечення ефективної вентиляції приміщень та знання порядку дій в екстрених ситуаціях. Виконання цих вимог дозволяє мінімізувати виробничий травматизм і забезпечити безпечні умови праці.

Особливу увагу необхідно приділяти роботі в умовах підвищеної вологості, наявності агресивних газів (аміаку, сірководню) та рухомих елементів механізмів. Для запобігання негативному впливу цих факторів необхідно забезпечувати ефективну вентиляцію приміщень, справність захисних огорожень і дотримання встановлених технологічних регламентів.

Розроблені заходи з охорони праці та дії персоналу у разі виникнення аварійних ситуацій сприяють підвищенню рівня безпеки праці, збереженню здоров'я працівників та безперебійній роботі обладнання.

5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ

5.1 Економічна оцінка

Проведемо економічний розрахунок модернізованого сепаратора на основі отриманих технічних показників. Основним критерієм оцінки є скорочення часу роботи обладнання та зниження питомих витрат енергії на переробку гною.

Час роботи сепаратора:

$$T = \frac{G_{\text{заг}}}{Q}, \quad (5.1)$$

Час роботи сепаратора модернізованого сепаратора:

$$T_{\text{м}} = \frac{20,5}{7,94} = 2,58 \text{ год}$$

Економія часу роботи обладнання на добу:

$$\Delta T = T - T_{\text{м}}, \quad (5.2)$$

$$\Delta T = 4,1 - 2,58 = 1,52 \text{ год}$$

Річні витрати електроенергії

$$W = N \cdot \Delta T \cdot D_{\text{рік}}, \quad (5.3)$$

де $D_{\text{рік}}$ —кількість діб в році $D_{\text{рік}} = 365$ днів;

Базовий варіант:

$$W_{\text{баз}} = 4,0 \cdot 4,1 \cdot 365 = 5986 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Модернізований варіант:

$$W_{\text{мод}} = 4,0 \cdot 2,58 \cdot 365 = 3767 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат

$$C_{\text{ен}} = W \cdot C_{\text{ен}}, \quad (5.4)$$

$$C_{\text{баз}} = 5986 \cdot 4,32 = 25\,859,52 \text{ грн}$$

$$C_{\text{мод}} = 3767 \cdot 4,32 = 16\,273,44 \text{ грн}$$

Річна економія витрат на електроенергію

$$\Delta C_{\text{рве}} = C_{\text{баз}} - C_{\text{мод}}, \quad (5.5)$$

$$\Delta C_{\text{рв}} = 25\,859,52 - 16\,273,44 = 9586,08 \text{ грн}$$

Зменшення тривалості щоденної роботи установки автоматично знижує витрати на обслуговуючий персонал. Відповідно до затвердженого проєкту, вони становлять:

Базовий варіант: $C_{бз} = 164\,548,20$ грн

Модернізований варіант: $C_{мз} = 103\,543,20$ грн

Річна економія на оплаті праці:

$$\Delta C_{рзп} = C_{бз} - C_{мз}, \quad (5.6)$$

$$\Delta C_{рзп} = 164\,548,20 - 103\,543,20 = 61\,005 \text{ грн}$$

Загальна річна економія експлуатаційних витрат:

$$\Delta C_{зрв} = \Delta C_{рве} + \Delta C_{рзп}, \quad (5.7)$$

$$\Delta C_{зрв} = 9\,586,08 + 61\,004,20 = 70\,591,08 \text{ грн/рік}$$

Термін окупності проєкту показує часовий період, за який капітальні інвестиції повністю компенсуються отриманою експлуатаційною економією:

$$T_{ко} = \frac{K_{вит}}{\Delta C_{зрв}}, \quad (5.8)$$

$K_{\text{вит}}$ – капітальні витрати на реалізацію проєкту модернізації робочих органів $K_{\text{вит}}=35000$ грн

$$T_{\text{ко}} = \frac{35\,000}{70591,08} = 0,5 \text{ року}$$

Порівнюючи економічні показники сепараторів гною на фермі (табл. 5.1), прийшли до висновку, що використання модернізованого сепаратора є окупним.

Таблиця 5.1 – Техніко–економічні показники

Показник	Базовий варіант	Модернізований варіант	Різниця (+/-), економія
Продуктивність сепаратора (т/год)	5	7,94	+ 2,94
Потужність електродвигуна (кВт)	4	4	0
Добовий обсяг переробки гною (т)	20,5	20,5	–
Тривалість роботи на добу год	4,1	2,58	–1,52
Річні витрати електроенергії (кВт·год)	5986	3767	–2219
Річні витрати на електроенергію (грн)	25 859,52	16273,44	9586,08
Річні витрати на оплату праці оператора (грн)	164 548,20	103543,20	61005
Капітальні вкладення (витрати на модернізацію) (грн)	–	35 000,00	–
Загальна річна економія експлуатаційних витрат (грн)	–	–	70591,08
Термін окупності проєкту (рік)	–	–	0,5
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	–	–	2,02

5.2 Висновок

Впровадження модернізованого сепаратора в умовах ТОВ «Любимівка» доводять його високу виробничу та фінансову доцільність. Завдяки зростанню продуктивності з 5 до 7,94 т/год та скороченню часу щоденної роботи обладнання з 4,1 до 2,58 години вдалося знизити витрати електроенергії на 2219 кВт·год та оптимізувати трудовитрати оператора. Це забезпечило сумарне зменшення річних експлуатаційних витрат на 70 591,08 грн. З урахуванням капітальних вкладень у модернізацію в розмірі 35 000,00 грн, а термін окупності проєкту складає всього 0,5 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проєкту обґрунтовано доцільність модернізації сепаратора гною отримані наступні результати:

1. У ході виконання з'ясовано, що ТОВ «Любимівка», розташоване в селі Любимівка Дніпровського району, є середнім репродуктором із поголів'ям до 5 тисяч голів. Застосування інтенсивної технології утримання тварин потребує щоденне накопичення суттєвих обсягів рідкого гною, ефективна утилізація якого без попередньої механічної обробки дуже навантажує резервуари. Впровадження сепаратора гною дасть змогу розділити його на тверду та рідку фракції, кожна з яких знайде практичне застосування у власному рослинництві підприємства як цінне органічне добриво. З огляду на це, обраний напрям дипломного проєктування є цілком обґрунтованим і актуальним для ТОВ «Любимівка»

2. Встановлено, що ефективна переробка гною починається з його правильного видалення з приміщень через щільну підлогу та герметичні гноєзбірні ванни з вакуумною системою транспортування. Така замкнена система унеможливорює контакт відходів із зовнішнім середовищем, запобігає поширенню патогенів і відповідає сучасним екологічним та санітарним вимогам.

Ключовим етапом технологічного процесу є механічне розділення гною на тверду та рідку фракції за допомогою сепаратора. Тверда фракція з вологістю 65–75% використовується для гранулювання, а рідка фракція з вмістом 97–98% води направляється на зберігання у лагунах..

За результатами розрахунків визначено, що добовий вихід гною на фермі становить 20501 кг. Сепаратор продуктивністю 5 т/год забезпечує переробку всього обсягу за 4,1 год на добу.

3. Виявлено основні недоліки базової моделі сепаратора це – низька продуктивність через малий діаметр шнека та сита, недостатня площа фільтраційної поверхні та чутливість полімерного шнека до потрапляння твердих сторонніх предметів. Для усунення виявлених недоліків запропоновано збільшити діаметр шнека та відповідно діаметр сита. Виконані розрахунки

конструкційно–технологічних параметрів підтверджують доцільність запропонованого рішення. Продуктивність модернізованого сепаратора склала 7,94 т/год, що перевищує базові показники. Площа фільтраційної поверхні сита становить 0,172 м², ефективна площа отворів 0,0774 м². Розрахований питомий тиск пресування біомаси 1,85 МПа забезпечує інтенсивне руйнування колоїдних зв'язків у гної та ефективне витискання вологи крізь фільтраційний екран.

Розрахунки на міцність підтвердили, що мінімально допустима товщина стінки перфорованого сита становить 2,8 мм, а мінімальний діаметр вала шнека з умов міцності на кручення – 0,055 м. Потужність електродвигуна 4 кВт залишається незмінною, що свідчить про енергоефективність запропонованого рішення при значному підвищенні продуктивності обладнання.

4. Розглянуто основні вимоги охорони праці на свинофермі при експлуатації сепаратора гною. Визначено головні небезпечні фактори: шкідливі гази, біологічні забруднення, шум та ризик ураження електричним струмом. Встановлено, що обов'язковими умовами безпечної роботи є належна підготовка персоналу, дотримання правил електробезпеки, забезпечення ефективної вентиляції приміщень та знання порядку дій в екстрених ситуаціях. Виконання цих вимог дозволяє мінімізувати виробничий травматизм і забезпечити безпечні умови праці.

5. Впровадження модернізованого сепаратора в умовах ТОВ «Любимівка» доводять його високу виробничу та фінансову доцільність. Завдяки зростанню продуктивності з 5 до 7,94 т/год та скороченню часу щоденної роботи обладнання з 4,1 до 2,58 години вдалося знизити витрати електроенергії на 2219 кВт·год та оптимізувати трудовитрати оператора. Це забезпечило сумарне зменшення річних експлуатаційних витрат на 70 591,08 грн. З урахуванням капітальних вкладень у модернізацію в розмірі 35 000,00 грн, а термін окупності проєкту складає всього 0,5 року.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. AgroBusin. (2018). *Групуємо свиней з розумом*. <https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/8033-hrupuiemo-svynei-z-rozumom.html>
2. *Machinery & Energetics*. (2020). Vol. II, No. 4. https://technicalscience.com.ua/web/uploads/journals_pdf/Machinery%20%26%20Energetics_Vol.%2011%2C%20No.%204.pdf
3. Textbook. (n.d.). *Механізація процесів у тваринництві*. <https://textbook.com.ua/agropromislovist/1473434567/s-8>
4. Вукладач. (n.d.). *Машини та обладнання для тваринництва. Тема 6*. https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/mashynu_i_obl_dly%20tvaryn/mashynu_i_obl_dly%20tvaryn/1/tema_6.htm
5. Голуб, Г. А. (2018). *Механізація технологічних процесів у тваринництві*. НУБіП України.
6. Голуб, Г. А., & Кухарець, С. М. (2011). *Біоенергетичні системи в аграрному виробництві*. Рута.
7. Голуб, Г. А., Кухарець, С. М., & Марус, О. А. (2015). *Переробка та утилізація органічних відходів у аграрному виробництві*. ЖНАЕУ.
8. ДП «УкрНДНЦ». (2016). *ДСТУ EN 60204-1:2015. Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги*.
9. ДП «УкрНДНЦ». (2016). *ДСТУ ISO 12100:2015. Безпечність машин. Загальні принципи конструювання. Оцінювання ризику та зменшення ризику*.
10. Екодія. (2023). *Кодекс кращих сільськогосподарських практик*. <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/01/kodeks-krashyh-sg-praktyk.pdf>
11. Кравчук, В. І., Ліннік, М. К., & Болтянська, Н. І. (2016). *Механізація технологічних процесів у тваринництві*. Аграрна наука.
12. Міністерство аграрної політики України. (2005). *ВНТП-АПК-01.05. Свилярські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)*.
13. Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України. (1995). *ДБН В.2.2-1-95. Будівлі і споруди для тваринництва*.
14. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. (2017). *ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва*.

15. Міністерство соціальної політики України. (2018). *НПАОП 01.0-1.02-18. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві.*
16. Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти. (2022). *Сільськогосподарські будівлі і споруди.* <https://nmcbook.com.ua/wp-content/uploads/2022/08/Сільськогосподарські-будівлі-і-споруди.pdf>
17. Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти. (n.d.). *Тема 6. Машини та обладнання для видалення гною.* https://nmcbook.com.ua/elepidruchnuk/motnmc/1/tema_6.htm
18. Ревенко, І. І., Брагінець, М. В., & Ребенко, В. І. (2011). *Машини та обладнання для тваринництва.* Кондор.
19. Таврійський державний агротехнологічний університет. (n.d.). *Системи видалення та переробки гною.* https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/tsapk_2/page81.html
20. Таврійський державний агротехнологічний університет. (n.d.). *Технології утилізації гною.* https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/tsapk_3/page8.html
21. Тарасенко, П. М. (2015). *Машини та обладнання для тваринництва.* Вища освіта.
22. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. (n.d.). *Методичні рекомендації з проектування систем видалення, обробки, знезараження, зберігання та використання гною.*
23. Ясенецький, В. О., & Мазоренко, Д. І. (2004). *Механізація виробничих процесів у тваринництві.* Вища освіта.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Удосконалення технологічного процесу обробки гною на свинофермі з удосконаленням сепаратора гною

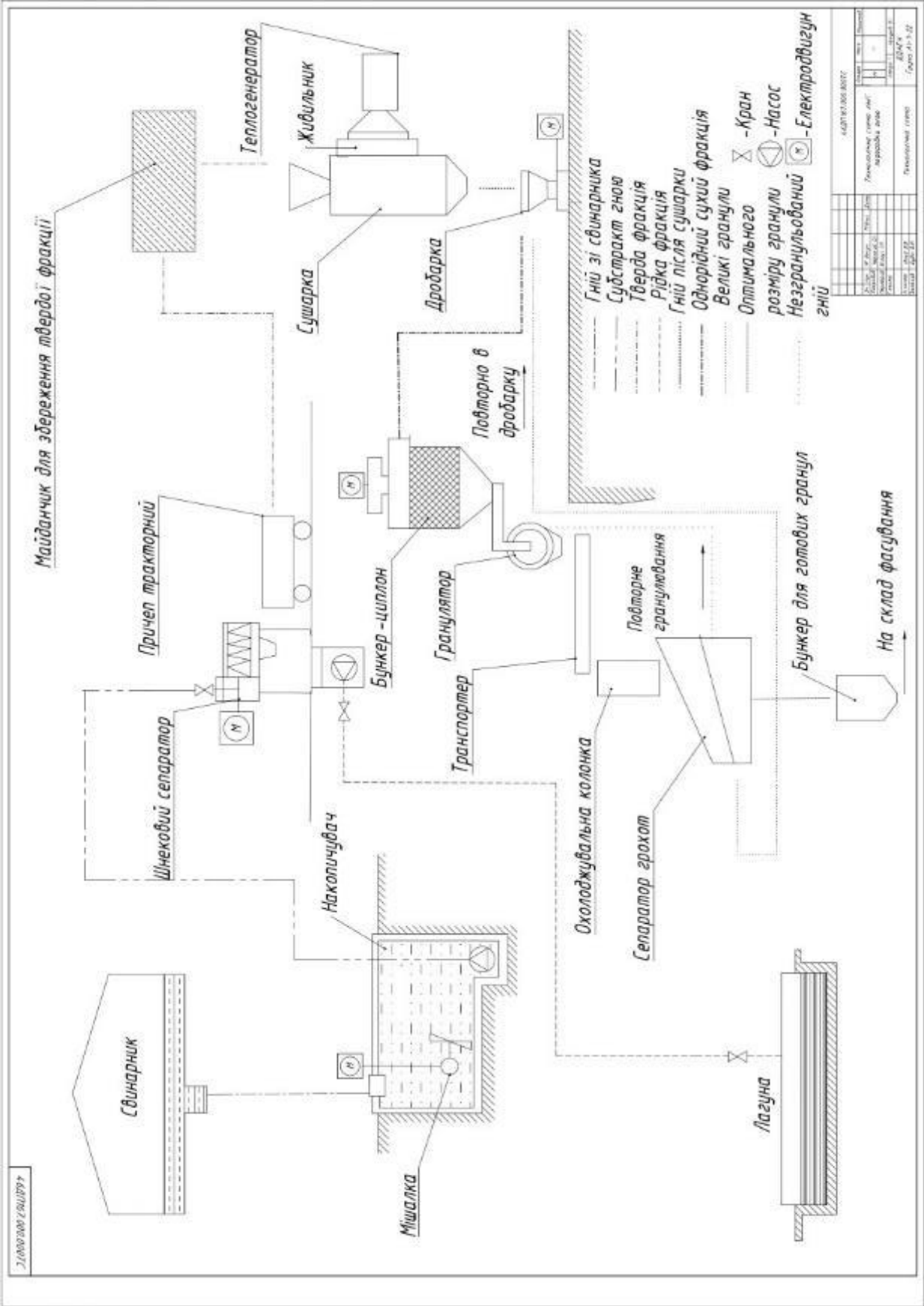
демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Бакалавр»

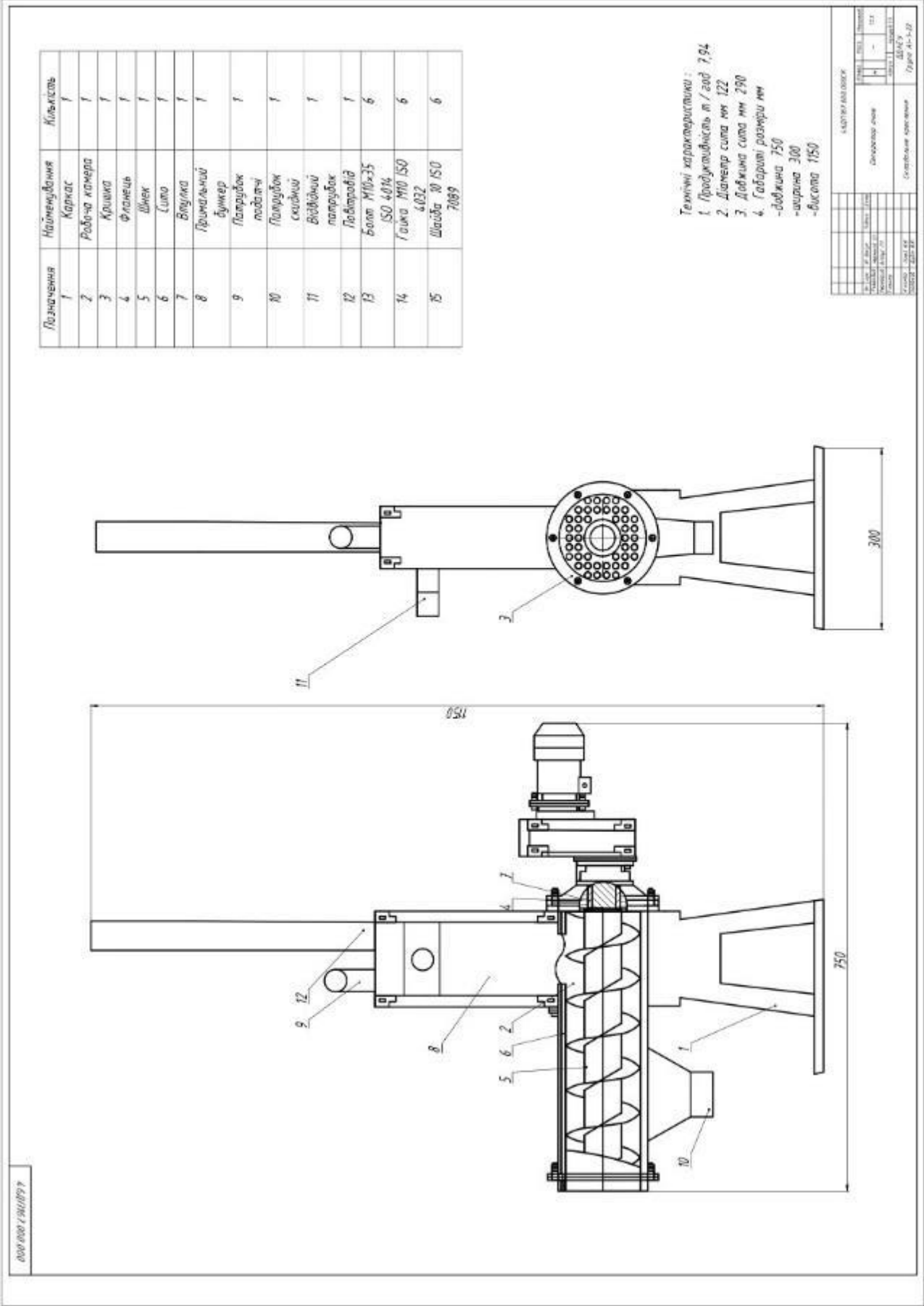
Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-1-22

Черніков Олександр Ігорович

Керівник: д.ф., ст. викл

Білоус Ілля Михайлович





Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл	Прим.	Перв. прим.
				Документація			
A1			46 ДП 167.000.000. СК	Сепаратор зноу			
				Складальні одиниці			
A4		1	46 ДП 167.000.001	Каркас	1		Справ. №
A4		2	46 ДП 167.000.002	Робоча камера	1		
A4		3	46 ДП 167.000.003	Кришка	1		
A4		4	46 ДП 167.000.004	Фланець	1		
A3		5	46 ДП 167.000.005	Шнек	1		
A3		6	46 ДП 167.000.006	Гито	1		
A4		7	46 ДП 167.000.007	Втулка	1		
A4		8	46 ДП 167.000.008	Приймальний бункер	1		
A4		9	46 ДП 167.000.009	Патрубок подачі	1		
A4		10	46 ДП 167.000.010	Патрубок скидний	1		
A4		11	46 ДП 167.000.011	Відвідний патрубок	1		
A4		12	46 ДП 167.000.012	Повітропровід	1		
				Стандартні вироби			Подп. у дата
		13		Болт М10х35 ISO 4014	6		Инв. № дубл.
		14		Гайка М10 ISO 4032	6		
		15		Шайба 10 ISO 7089	6		
							Взам. инв. №
							Подп. у дата
				46ДП167.000.000			Инв. № подл.
				Сепаратор зноу			Инв. № подл.
							Инв. № подл.

Копировала

Формат А 4