

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

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

**Розробка технологічного процесу видалення гною з
удосконаленням шнекового преса-сепаратора**

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

_____ Приходько Ярослав Вадимович

Керівник: _____ Дудін Володимир Юрійович

Рецензент: _____

Дніпро 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем
Рівень вищої освіти: «Бакалавр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
інжинірингу технічних систем
(назва кафедри)
доцент
(вчене звання)
Дудін В.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)
«05» травня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Приходько Ярослав Вадимович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Розробка технологічного процесу видалення гною з удосконаленням шнекового преса-сепаратора

керівник проєкту Дудін Володимир Юрійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання здобувачем проєкту 07.06.2026 р.

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз стану питання. 2. Розробка технологічного процесу видалення гною. 3. Удосконалення сепаратора гною. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка. Загальні висновки. Бібліографія

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Технологічна схема лінії (A1). 2. Дільниця розділення гною (A1). 3. Прес-сепаратор для розділення гною (A1). 4. Шнек (A3). 5. Цапфа (A3). 6. Щока (A4). 7. Вал (A4). 8. Вісь (A4). 9. Виток (A4). 10. Охорона праці (A1). 11. Техніко-економічна оцінка (A1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Дудін В.Ю., доцент		
Нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 05.05.2026 р. .

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	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 22.05.2026р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2026 р.	

Здобувач

(підпис)

Приходько Я.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Дудін В.Ю.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Приходько Я.В. Розробка технологічного процесу видалення гною з удосконаленням шнекового преса-сепаратора / Дипломний проєкт на здобуття ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Дипломний проєкт присвячений розробці технологічного процесу видалення гною на свинофермі з удосконаленням шнекового преса-сепаратора. У роботі проведено аналіз сучасних технологій видалення та обробки гною, обґрунтовано технологічну схему його транспортування, накопичення та розділення на тверду і рідку фракції.

Виконано розрахунок основних технологічних параметрів процесу, визначено потребу в обладнанні та проведено перевірку вибраного сепаратора за продуктивністю і потужністю привода. Запропоновано удосконалення механізму регулювання вологості твердої фракції, що забезпечує підвищення зручності експлуатації та стабільності роботи обладнання.

Розглянуто питання охорони праці під час експлуатації ділянки видалення та розділення гною, а також виконано техніко-економічну оцінку запропонованого рішення. Результати роботи підтверджують технічну та економічну доцільність впровадження розробленого удосконалення.

Ключові слова: свиноферма, гній, видалення гною, шнековий прес-сепаратор, тверда фракція, рідка фракція, технологічний процес, механізація, охорона праці, економічна оцінка.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ	10
1.1 Технології видалення рідкого гною на тваринницьких фермах	10
1.2 Технологічні рішення видалення рідкого гною на свинофермах	15
1.3 Технічні рішення обробки рідкого гною на свинофермах	20
1.4 Висновки до розділу	26
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ	28
2.1 Обґрунтування важливості питання	28
2.2 Вихідні дані	29
2.3 Прийнята до використання технологія видалення та обробки гною	31
2.4 Визначення технологічних параметрів процесу	33
2.5 Визначення потреби в інженерному забезпеченні	37
2.6 Висновки до розділу	41
3 УДОСКОНАЛЕННЯ СЕПАРАТОРА ГНОЮ	43
3.1 Вихідні дані	43
3.2 Технічний аналіз конструкції преса і постановка завдання на удосконалення	45
3.3 Перевірка прес-фільтра за продуктивністю та потужністю	47
3.4 Удосконалення механізму регулювання вологості твердої фракції	50
3.5 Висновки до розділу	55
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	57
4.1 Загальні вимоги ОП при видаленні гною	57
4.2 Вимоги ОП оператора ділянки розділення гною	61

	7
4.3 Висновки	66
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА	67
5.1 Вихідні дані	67
5.2 Результати оцінки	69
5.3 Висновки до розділу	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	73
БІБЛІОГРАФІЯ	74
ДОДАТКИ	76

ВСТУП

Ефективне функціонування сучасних тваринницьких підприємств значною мірою залежить від рівня механізації основних і допоміжних технологічних процесів. Одним із найбільш важливих процесів на свинофермах є своєчасне видалення, транспортування, обробка та подальше використання гною. Накопичення гнойових мас у виробничих приміщеннях негативно впливає на санітарно-гігієнічний стан ферми, мікроклімат, здоров'я тварин, умови праці персоналу та екологічну безпеку підприємства (European Commission, Joint Research Centre, 2017; IAEA, 2008).

Особливої актуальності це питання набуває для свиноферм із високою концентрацією поголів'я, де добове утворення рідкого гною є значним, а несвоєчасне його видалення призводить до підвищення вологості повітря, збільшення концентрації аміаку, сірководню та інших шкідливих газів. У таких умовах технологічна лінія видалення гною повинна забезпечувати не лише його переміщення з тваринницьких приміщень, а й підготовку до зберігання, транспортування та раціонального використання (Commission Implementing Decision (EU) 2017/302, 2017).

Одним із перспективних напрямів удосконалення технологічного процесу поводження з гноєм є застосування механічного розділення рідкої маси на тверду та рідку фракції. Використання шнекових пресів-сепараторів дає змогу зменшити об'єм маси, що підлягає зберігання, полегшити транспортування твердої фракції, підвищити зручність подальшого внесення органічних добрив і зменшити навантаження на гноєсховища (Møller et al., 2002; USDA NRCS, 2018).

Актуальність теми дипломного проєкту полягає у необхідності підвищення ефективності технологічного процесу видалення та обробки гною на свинофермі шляхом удосконалення шнекового преса-сепаратора. Запропоноване технічне рішення спрямоване на покращення умов регулювання процесу розділення, підвищення стабільності роботи обладнання та зменшення трудомісткості обслуговування.

Метою дипломного проєкту є розробка технологічного процесу видалення гною на свинофермі та удосконалення шнекового преса-сепаратора для підвищення ефективності розділення рідкого гною на фракції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати сучасні технології видалення та обробки гною на тваринницьких фермах; обґрунтувати прийнятну технологічну схему видалення і розділення гною; визначити основні технологічні параметри процесу; виконати перевірку вибраного сепаратора за продуктивністю та потужністю; розробити конструктивне удосконалення механізму регулювання вологості твердої фракції; розглянути питання охорони праці під час експлуатації ділянки розділення гною; провести техніко-економічну оцінку запропонованого рішення.

Об'єктом розробки є технологічний процес видалення та обробки гною на свинофермі.

Предметом розробки є шнековий прес-сепаратор і його механізм регулювання вологості твердої фракції.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованого технологічного та конструктивного рішення для підвищення ефективності роботи лінії видалення гною, зменшення експлуатаційних витрат, покращення умов праці персоналу та забезпечення більш раціонального поводження з органічними відходами тваринництва.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1 Технології видалення рідкого гною на тваринницьких фермах

Технологічний процес видалення гною на тваринницькій фермі є складовою частиною загальної системи утримання тварин і включає сукупність операцій зі збирання, переміщення, проміжного накопичення, обробки, знезараження, зберігання та подальшого використання органічних відходів. Його призначення полягає не лише у звільненні приміщень від гною, а й у підтриманні нормативного мікроклімату, зниженні концентрації шкідливих газів, обмеженні розвитку патогенної мікрофлори, збереженні поживної цінності органічної маси та створенні умов для її безпечного внесення у ґрунт.

Під рідким гноєм розуміють суміш твердих і рідких екскрементів тварин, технологічної води, залишків кормів, частинок підстилки або безпідстилкової органічної маси, яка має достатню текучість для переміщення каналами, трубопроводами або насосним обладнанням. На відміну від твердого підстилкового гною, рідкий гній не формує стійких штабелів без спеціальної підготовки, тому потребує гідравлічних або механізованих систем транспортування, закритих або напівзакритих накопичувачів, а в сучасних умовах - також обладнання для попередньої обробки.

Відходи тваринницьких ферм класифікують за походженням, фізичним станом, вмістом сухої речовини, способом утворення та технологічним напрямом подальшого використання. Така класифікація має практичне значення, оскільки від неї залежить вибір типу підлоги, каналів, насосів, транспортерів, гноєсховищ, сепараторів, систем аерації, компостування або біогазового зброджування. (IAEA, 2008; European Commission, Joint Research Centre, 2017).

Таблиця 1.1 – Класифікація відходів тваринницьких ферм

Класифікаційна ознака	Основні групи	Технологічне значення
За походженням	Гній великої рогатої худоби, свиней, птиці;	Визначає хімічний склад, вологість,

	гнойова жижа; стічні води після миття обладнання; залишки кормів	запахоутворення, вміст азоту та потребу в знезараженні
За фізичним станом	Твердий, напіврідкий, рідкий, стічна суспензія	Визначає спосіб транспортування: скребковий, шнековий, насосний, самопливний або комбінований
За вмістом підстилки	Підстилковий, малопідстилковий, безпідстилковий	Впливає на абразивність, схильність до зависання, можливість сепарації та компостування
За напрямом використання	Органічне добриво, сировина для компосту, субстрат для біогазу, матеріал для підстилкової фракції після обробки	Визначає вимоги до обробки, зберігання та санітарної безпеки
За способом видалення з приміщення	Механічне, гідравлічне, вакуумне, самопливне, комбіноване	Визначає конструкцію каналів, енергомісткість, частоту очищення та рівень автоматизації

У скотарстві застосовують переважно механічні та комбіновані системи видалення гною. За прив'язного утримання поширеними є скребкові транспортери, ланцюгово-скребкові установки, гідрозмив і гідросплав у гнойові канали. За безприв'язного утримання з боксовими місцями використовують дельта-скрепери, канатно-скреперні установки, роботизовані скрепери або вакуумні цистерни для очищення проходів. Якщо ферма працює з підстилкою, то технологія орієнтується на видалення твердого або напівтвердого гною фронтальними навантажувачами, транспортерними лініями чи мобільними агрегатами.

Для свинарських підприємств характерним є переважання безпідстилкових технологій утримання, при яких гній формується у вигляді рідкої суспензії. Це пояснюється високою концентрацією погोलів'я, потребою в автоматизації, обмеженням ручної праці та необхідністю стабільного санітарного стану виробничих секцій. Найчастіше рідкий гній відводиться через щілинну підлогу у підпідлогові канали або ванни, звідки надходить у поперечні колектори, насосні приямки, гноєсховища або на ділянку попередньої обробки.

Вибір технологічної схеми видалення рідкого гною залежить від типу ферми, виду тварин, способу утримання, планування приміщень, наявності води, відстані до гноєсховища, рельєфу території, продуктивності ферми та вимог до подальшого використання органічної маси. Важливим критерієм є не максимальна швидкість видалення, а стабільність роботи системи в умовах змінної вологості, наявності включень, піску, залишків кормів і волокнистих домішок.

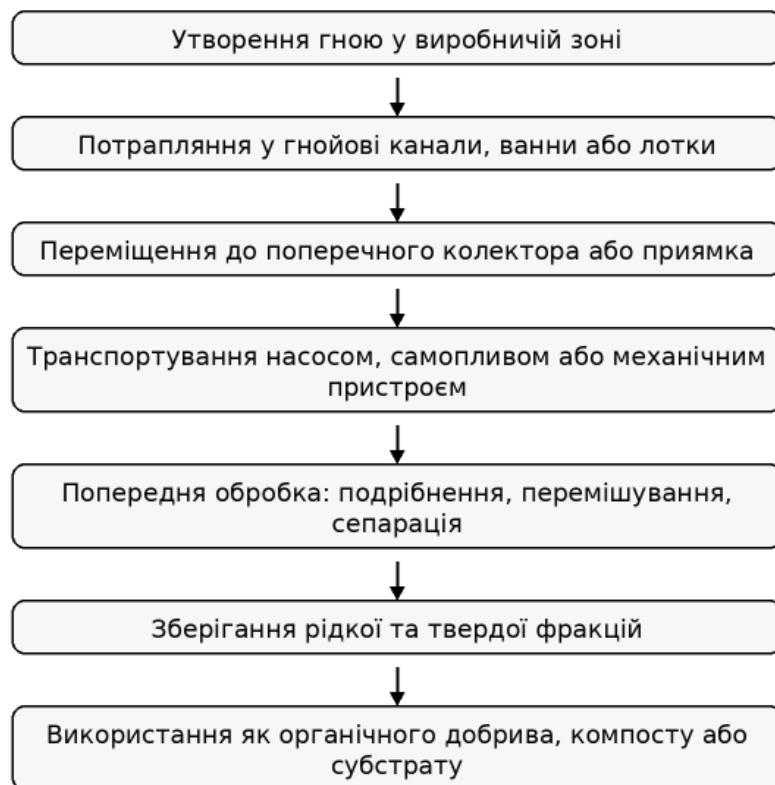


Рисунок 1.1 – Узагальнена схема технологічного процесу поводження з рідким гноєм на фермі

У загальному вигляді технології видалення гною можна поділити на механічні, гідравлічні, самопливні, вакуумні та комбіновані. Механічні рішення доцільні для твердого або напіврідкого гною і забезпечують контрольоване переміщення маси скребками, шнеками, транспортерами чи скреперами. Гідравлічні системи використовують воду або рідку фракцію для змиву та переміщення відходів, але потребують значних об'ємів рідини і збільшують навантаження на гноєсховища. Самопливні системи базуються на ухилах каналів і накопичувальному принципі роботи, тому мають порівняно низьку енергомісткість, проте вимагають правильного проектування каналів і регулярного вивантаження осаду. Вакуумні рішення частіше застосовують для мобільного очищення майданчиків, проходів або резервуарів. Комбіновані системи поєднують кілька способів переміщення, наприклад щільну підлогу, підпідлогові канали, насосну станцію та сепаратор.

Для сучасних ферм важливим є перехід від простого видалення гною до керованого поводження з ним як із технологічною сировиною. Рідкий гній містить органічні речовини, азот, фосфор, калій, мікроелементи і вологу, тому його можна використовувати як добриво. Водночас без попередньої обробки він створює проблеми запаху, розшарування, осадотворення, засмічення трубопроводів і нерівномірного внесення. Тому у технологічний процес дедалі частіше включають перемішувачі, насоси з подрібнювальними пристроями, решітки, каменеуловлювачі, сепаратори, резервуари для рідкої фракції та майданчики для твердої фракції.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика основних технологій видалення гною

Технологія	Сфера доцільного застосування	Переваги	Недоліки
Шнекова	Локальне переміщення густої маси, вивантаження із	Компактність, можливість дозованої подачі, поєднання	Висока чутливість до абразиву, намотування волокнистих

	прямків, подача на сепарацію	транспортування з ущільненням	домішок, підвищена енергомісткість при густій масі
Гідрозмивна	Безпідстилкові ферми за достатнього водозабезпечення	Швидке очищення каналів, простота переміщення рідкої суспензії	Збільшення об'єму стоків, розбавлення поживних речовин, потреба у великих резервуарах
Самопливна	Свинарники зі щільною підлогою та правильно спроектованими каналами	Мала кількість рухомих частин, низька енергомісткість, можливість автоматизованого спорожнення	Необхідність дотримання ухилів і гідравлічних режимів, ризик накопичення осаду
Насосна	Транспортування рідкого гною до сховища, сепаратора або біогазової установки	Гнучкість компонування, можливість подачі на відстань, сумісність із закритими трубопроводами	Потреба у захисті від сторонніх включень, зношування робочих органів, необхідність перемішування

Отже, технологічний процес видалення рідкого гною повинен розглядатися як система взаємопов'язаних операцій. Помилка на будь-якому етапі - від конструкції підлоги до вибору насоса чи сепаратора - впливає на стабільність роботи всієї лінії. Для теми дипломного проєкту особливо важливим є те, що шнековий прес-сепаратор працює не із «чистою» рідиною, а з

неоднорідною суспензією, параметри якої визначаються попередніми операціями видалення, накопичення і перемішування.

1.2 Технологічні рішення видалення рідкого гною на свинофермах

Свинарські ферми характеризуються високою щільністю розміщення тварин, значним добовим утворенням рідкого гною та потребою у швидкому підтриманні чистоти виробничих приміщень. На відміну від скотарських приміщень, де часто використовують проходи для переміщення тварин і техніки, у свинарниках технологічна зона утримання здебільшого розділена на станки або секції. Тому найбільш поширеним рішенням є використання щілинної підлоги, під якою розташовуються гнойові канали або накопичувальні ванни.

Щілинна підлога забезпечує самовидалення значної частини екскрементів із зони перебування тварин. Гній і сеча проходять крізь щілини у підпідлоговий простір, а поверхня станка залишається відносно сухою. За правильно підібраних розмірів щілин та несучих елементів зменшується контакт тварин із гнойовою масою, знижується вологість у зоні лежання, скорочується накопичення органічних залишків на поверхні підлоги та зменшується трудомісткість очищення.

Зоогігієнічна перевага щілинної підлоги полягає у просторовому відокремленні тварини від основної маси гною. Це позитивно впливає на чистоту шкіри, копитець і кінцівок, знижує ризик поширення умовно-патогенної мікрофлори через забруднену підстилку, полегшує підтримання мікроклімату та зменшує запах у зоні перебування персоналу. Однак переваги проявляються лише за умови регулярного видалення гною з підпідлогових каналів, достатньої вентиляції та недопущення застою маси.

За способом переміщення рідкого гною з підпідлогового простору на свинофермах застосовують кілька груп технологічних рішень: накопичувально-спускові системи, самопливні канали з періодичним спорожненням, гідрозмивні системи, вакуумні системи, насосні системи та комбіновані лінії з попередньою обробкою. У кожному випадку важливо забезпечити не лише виведення рідини,

а й переміщення осаду, який утворюється із частинок корму, волокнистої органіки, піску та мінеральних включень.

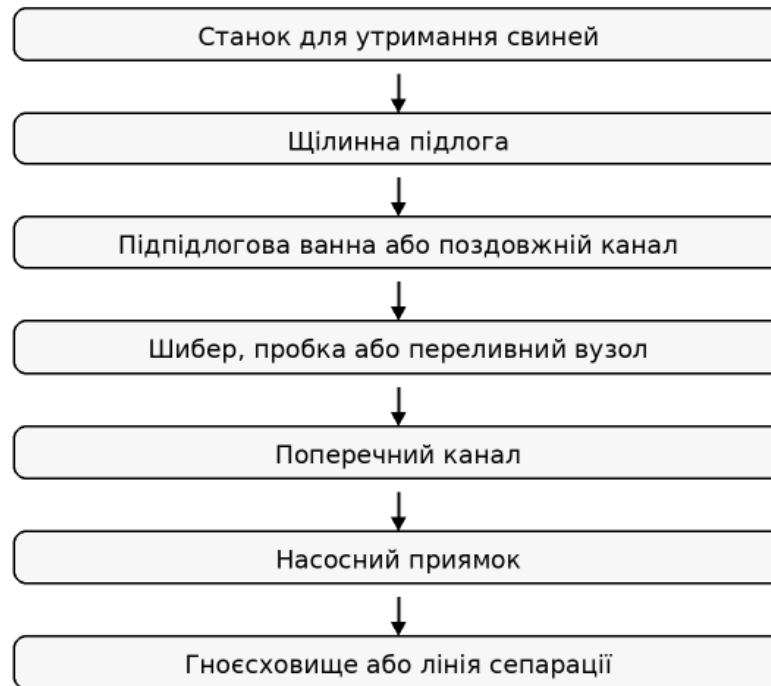


Рисунок 1.2 – Схема видалення рідкого гною у свинарнику зі щілинною підлогою

Накопичувально-спускова система передбачає розміщення під щілинною підлогою гнойових ванн або каналів, які протягом певного періоду накопичують рідкий гній. Спорожнення відбувається після відкриття шиберу, пробки або клапана, коли маса спрямовується до поперечного колектора. Перевагою такого рішення є мала кількість рухомих елементів у приміщенні, а недоліком - ризик виділення газів і формування щільного осаду при тривалому зберіганні без перемішування.

Самопливна система використовує ухил каналів і різницю рівнів. Рідка маса рухається до колектора без постійного застосування насосів. Така схема має невисоку енергомісткість і достатньо добре поєднується зі щілинною підлогою, але потребує точного будівельного виконання, правильної форми дна каналів і контролю за відкладеннями. Якщо ухили недостатні або гній містить багато

сухих речовин, у каналах швидко накопичується осад, що зменшує ефективний переріз.

Гідрозмивні системи використовують воду або рециркуляційну рідку фракцію для змивання гною з каналів. Вони ефективні для швидкого очищення, але збільшують об'єм стоків і розбавляють органічну масу. Через це зростає потреба в об'ємі сховищ і у витратах на транспортування. На сучасних фермах гідрозмив доцільно застосовувати обмежено або поєднувати з повторним використанням освітленої рідкої фракції після сепарації.

Насосні системи забезпечують переміщення рідкого гною з приямка до гноєсховища, сепаратора або біогазової установки. У складі таких систем використовують занурювальні або зовнішні насоси, мішалки, подрібнювачі, засувки, трубопроводи, датчики рівня та пристрої захисту від сухого ходу. Найбільш надійна робота досягається тоді, коли перед насосом забезпечене перемішування вмісту приямка, а великі сторонні предмети затримуються решітками або каменеуловлювачами.

Таблиця 1.3 – Технологічні рішення видалення рідкого гною на свинофермах

Рішення	Принцип роботи	Доцільність застосування	Особливості експлуатації
Щілинна підлога з підпідлоговими ваннами	Гній проходить крізь щілини і накопичується під станком до періодичного спорожнення	Секції відгодівлі, дорощування, маточники за безпідстилкового утримання	Потрібен контроль строків спорожнення, вентиляції та відкладень у ваннах
Самопливні канали	Суспензія рухається до колектора під дією ухилу і різниці рівнів	Ферми з якісно виконаними каналами та стабільною вологістю гною	Критичні ухили, гладкість поверхні, відсутність застійних зон

Періодичний гідрозмив	Канал очищується потоком води або рідкої фракції	Ділянки з ризиком накопичення осаду або потребою швидкого очищення	Збільшує об'єм рідкої маси, потребує насосів і резервуару для рідини
Насосна подача на сховище	Рідкий гній із приямка подається трубопроводом	Більшість середніх і великих свиноферм	Потрібне перемішування, захист насоса, контроль рівня і тиску
Подача на сепаратор	Після приямка гній подається на обладнання для розділення на тверду і рідку фракції	Ферми, де важливо зменшити навантаження на сховище, полегшити внесення добрив або підготувати сировину до біогазу	Потребує рівномірної подачі, попереднього видалення каміння та контролю сухої речовини

Особливу увагу в технологічних схемах свиноферм приділяють організації підпідлогового простору. Канали повинні мати достатній об'єм, щоб забезпечити технологічний інтервал між спорожненнями, але не бути надмірно глибокими, оскільки тривале зберігання під тваринами збільшує газоутворення. При накопиченні рідкого гною утворюються аміак, сірководень, вуглекислий газ і метан, тому проєктування вентиляції, контроль відкриття каналів та безпечне обслуговування мають пряме значення для охорони праці.

Порівняно з технологіями на суцільній підлозі і ручним або мобільним прибиранням щілинна підлога з підпідлоговим видаленням гною має суттєві переваги. Вона зменшує частоту контакту персоналу з гноєм, скорочує витрати праці, підвищує рівномірність санітарного стану станків, знижує потребу у підстилці та спрощує автоматизацію виробничого процесу. Для промислового свиначства це є одним із ключових факторів стабільної технології.

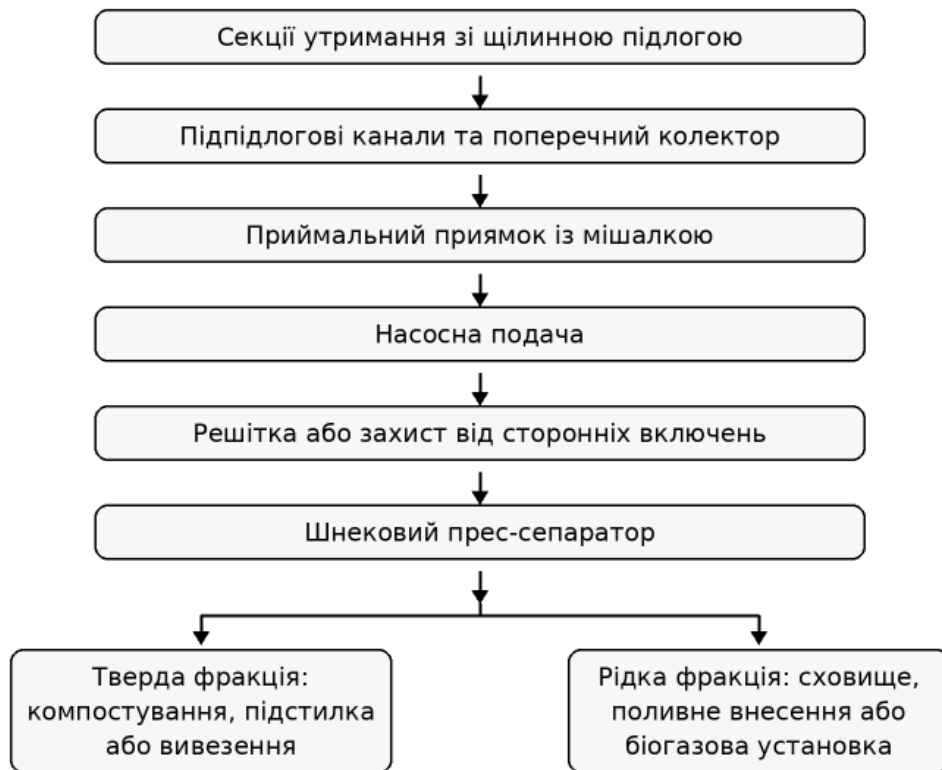


Рисунок 1.3 – Комбінована технологічна схема видалення та попередньої обробки гною на свиначфермі

Водночас щілинна підлога не усуває необхідності в подальшій обробці рідкого гною. Навпаки, вона формує потік рідкої суспензії, який повинен бути технологічно керованим після виходу з приміщення. Якщо гній відразу надходить у велике сховище без сепарації, у ньому виникає розшарування: важкі включення осідають, легкі органічні частинки утворюють кірку, а рідка частина займає основний об'єм. Це ускладнює перемішування, збільшує витрати на вивезення та може призводити до нерівномірного внесення поживних речовин на поля.

Тому сучасна технологічна лінія для свиноферми повинна включати не тільки систему видалення з приміщення, а й вузол підготовки гною до зберігання або використання. До такого вузла можуть входити приймальний приямок, мішалка, насос із подрібнювальним робочим органом, решітка або каменеуловлювач, шнековий прес-сепаратор, майданчик для твердої фракції, резервуар рідкої фракції та трубопроводи для подальшого внесення або переробки.

Таким чином, для свиноферм найбільш раціональною є технологія, у якій видалення рідкого гною з виробничої секції поєднане з подальшим розділенням маси на фракції. Це дозволяє зменшити об'єм густої частини, поліпшити умови зберігання, підвищити керованість внесення органічних добрив і зменшити експлуатаційне навантаження на гноєсховища. Саме тому удосконалення шнекового преса-сепаратора є актуальним елементом загального технологічного процесу видалення гною.

1.3 Технічні рішення обробки рідкого гною на свинофермах

Обробка рідкого гною на свинофермах охоплює операції, спрямовані на зміну його фізичних, санітарних або технологічних властивостей перед зберіганням, транспортуванням і використанням. До таких операцій належать перемішування, подрібнення включень, видалення сторонніх предметів, механічне розділення на фракції, аерація, анаеробне зброджування, компостування твердої фракції, знезараження та підготовка до внесення у ґрунт.

Найпростішим технічним рішенням є перемішування рідкого гною у приямках і сховищах. Мішалки запобігають утворенню щільного осаду та плаваючої кірки, вирівнюють концентрацію сухої речовини і полегшують роботу насосів. У приямках застосовують занурювальні мішалки з електроприводом, тракторні мішалки через вал відбору потужності, гідравлічні струминні системи або комбіновані пристрої. Якість перемішування особливо важлива перед подачею на сепаратор, оскільки нерівномірна концентрація призводить до нестабільної продуктивності та змінної вологості твердої фракції.

Для захисту насосного та сепараційного обладнання використовують решітки, сита, каменеуловлювачі та подрібнювачі. У рідкому гної можуть бути сторонні предмети: частини інвентарю, каміння, метал, залишки пластику, шматки дерева, тверді грудки корму. Якщо вони потрапляють у насос або шнековий сепаратор, виникає ризик заклинювання, пошкодження витків шнека, руйнування сита або підвищеного зношування. Тому приймальна ділянка лінії повинна виконувати функцію механічного захисту.

Одним із найбільш поширених напрямів обробки рідкого гною є механічне розділення на тверду і рідку фракції. Сутність процесу полягає у вилученні частини завислих речовин із загальної маси. Тверда фракція має вищий вміст сухої речовини, менший об'єм і може використовуватися для компостування, перевезення на відстань, внесення як органічного добрива або, після відповідної обробки, як матеріал для підстилки. Рідка фракція містить розчинені поживні речовини, має кращу текучість, простіше перекачується і рівномірніше розподіляється при внесенні. (USDA NRCS, 2018; Møller et al., 2002).

Таблиця 1.4 – Основні технічні рішення обробки рідкого гною

Група обладнання	Функція у технологічній лінії	Очікуваний результат
Мішалки	Вирівнювання складу рідкого гною у прямку або сховищі	Стабільна подача на насос і сепаратор, зменшення осаду
Решітки та каменеуловлювачі	Затримання великих включень і важких домішок	Захист насосів, трубопроводів і робочих органів сепаратора
Подрібнювачі	Руйнування великих органічних частинок і волокнистих включень	Зменшення ризику засмічення, рівномірніша суспензія

Сепаратори	Розділення рідкого гною на тверду та рідку фракції	Зменшення об'єму твердої маси, полегшення зберігання і використання
Аератори	Насичення рідкої фракції киснем і часткове зниження запаху	Покращення санітарного стану, зменшення анаеробних процесів
Біогазові установки	Анаеробне зброджування органічної маси	Отримання біогазу і дигестату, зменшення запаху та стабілізація органіки

Обладнання для механічного розділення рідкого гною можна поділити на гравітаційні, ситові, барабанні, вібраційні, центрифужні та пресові сепаратори. Гравітаційні пристрої відокремлюють тверді частинки за рахунок осідання і мають просту конструкцію, але потребують значної площі та часу. Ситові й барабанні сепаратори пропускають рідину через перфоровану поверхню, затримуючи більші частинки. Вібраційні сита підвищують інтенсивність відокремлення завдяки коливанням, але мають обмеження за продуктивністю і потребують контролю забивання. Центрифуги забезпечують високу інтенсивність процесу, проте мають складнішу конструкцію та вищу енергомісткість. Пресові сепаратори, зокрема шнекові, поєднують фільтрування з механічним стисканням твердої фракції.

Шнековий прес-сепаратор є одним із найбільш придатних технічних рішень для свинарських ферм середньої та великої потужності. Його робочий процес базується на подачі рідкого гною у приймальну камеру, захопленні маси витками шнека, переміщенні її вздовж перфорованого циліндричного або щілинного сита і поступовому стисканні твердої частини в зоні вивантаження. Рідка фракція проходить крізь отвори або щілини сита і відводиться у піддон чи трубопровід, а тверда фракція виходить через регульований випускний пристрій у вигляді ущільненої маси.

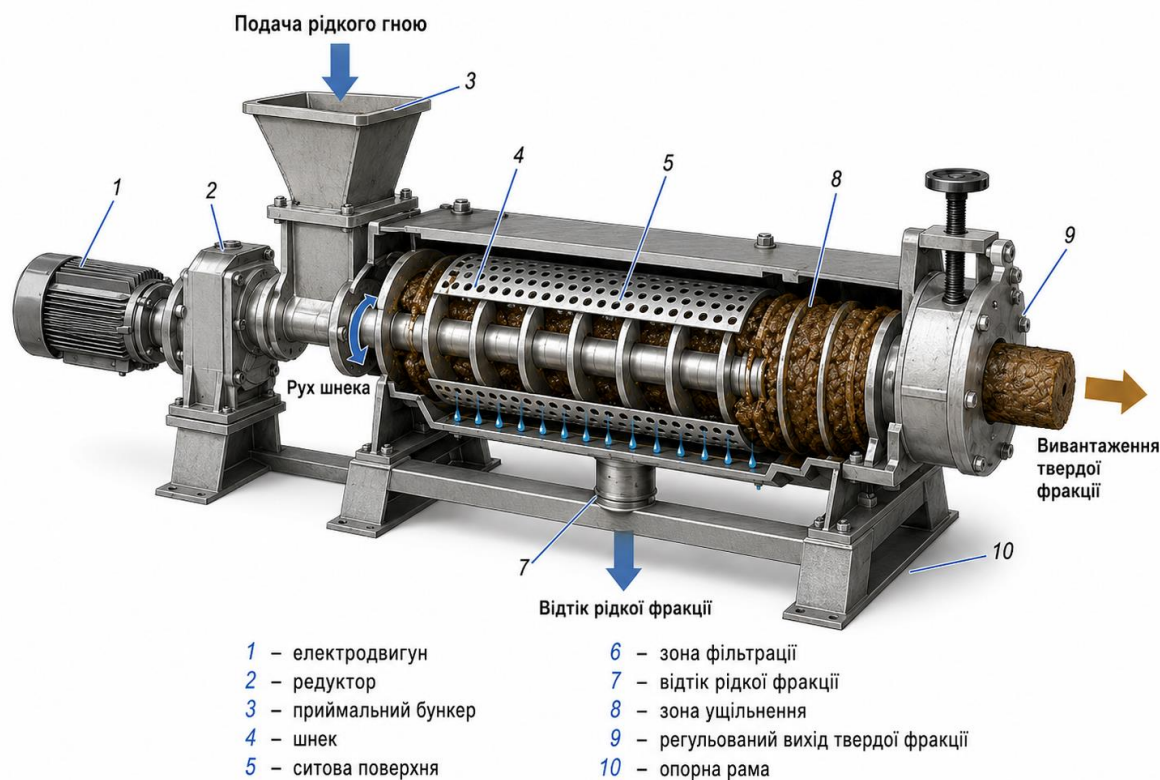


Рисунок 1.4 – Принципова 3D-схема шнекового преса-сепаратора

До основних вузлів шнекового преса-сепаратора належать рама, електропривод, редуктор, приймальний патрубок, корпус, шнек, фільтрувальна поверхня, пристрій регулювання тиску на виході, піддон для рідкої фракції та вивантажувальний патрубок твердої фракції. Надійність роботи обладнання визначається не лише потужністю приводу, а й геометрією шнека, зазором між шнеком і ситом, формою отворів, довжиною зони фільтрування, величиною протитиску та рівномірністю подачі.

Перевагами шнекових прес-сепараторів є компактність, безперервність процесу, можливість отримання відносно сухої твердої фракції, просте включення у насосну лінію, придатність до автоматизації та порівняно невисокі вимоги до будівельної частини. Вони можуть працювати біля свинарника, поряд із гноєсховищем або у складі окремого вузла обробки. Рідка фракція після сепарації легше перекачується, менше забиває трубопроводи та швидше перемішується перед внесенням. (FAN Separator GmbH, n.d.; Ecoflock, n.d.).

Недоліками шнекових прес-сепараторів є зношування шнека і сита, зниження продуктивності при забиванні отворів, чутливість до каміння та металевих включень, підвищення енергоспоживання при надмірній густині маси, а також залежність вологості твердої фракції від регулювання вихідного протитиску. Якщо робоча поверхня сита забивається волокнистими частинками, фактична площа фільтрування зменшується, а рідка фракція відводиться гірше. У такому випадку частина рідини переноситься у тверду фракцію, що знижує якість розділення.

Таблиця 1.5 – Порівняння обладнання для розділення рідкого гною на фракції

Тип сепаратора	Принцип дії	Переваги	Обмеження
Гравітаційний відстійник	Осідання твердих частинок під дією сили тяжіння	Простота, мала енергомісткість	Велика тривалість процесу, значна площа, невисока якість розділення дрібних частинок
Похиле сито	Стікання суспензії по ситовій поверхні з відокремленням рідини	Простота конструкції, відсутність складного приводу	Забивання сита, обмежена ефективність при дрібнодисперсній масі
Барабанний сепаратор	Фільтрування через обертову перфоровану поверхню	Безперервна робота, краща самоочистка	Складніша конструкція, потреба у промиванні та налаштуванні
Вібраційне сито	Розділення на ситі під дією коливань	Підвищена інтенсивність просіювання,	Шум, вібрації, зношування опор, обмеження

		відносна простота	за волокнистою масою
Центрифуга	Розділення під дією відцентрових сил	Висока інтенсивність, можливість тоншого розділення	Висока вартість, енергомісткість, вимоги до обслуговування
Шнековий прес-сепаратор	Фільтрування з одночасним транспортуванням і стисканням твердої фракції	Компактність, безперервність, відносно суха тверда фракція, зручність включення у лінію	Зношування шнека і сита, чутливість до сторонніх включень, потреба у стабільній подачі

З погляду удосконалення найбільший інтерес становлять робочі органи шнекового преса-сепаратора: шнек, фільтрувальна поверхня та вузол створення протитиску. Зміна кроку шнека, форми витків, довжини зони стискання, конструкції перфорованого сита або механізму регулювання вихідного зазору може впливати на продуктивність, вологість твердої фракції, енергомісткість і стабільність процесу. Для рідкого свинячого гною, який часто має дрібнодисперсну структуру, важливо забезпечити достатню площу фільтрування і мінімізувати забивання отворів.

Перспективним напрямом є удосконалення сепаратора шляхом поліпшення підготовки маси у приймальній зоні, застосування змінного кроку шнека, підвищення ефективності самоочищення сита, регулювання тиску на виході та зменшення втрат рідкої фракції разом із твердою. Таке удосконалення повинно враховувати реальні умови ферми: нестабільний вміст сухої речовини, наявність волокнистих домішок, зміну подачі насосом, абразивність включень і потребу в простому технічному обслуговуванні.

У технологічному процесі видалення гною шнековий прес-сепаратор виконує роль вузла, який переводить проблему зберігання однорідної гнойової суспензії у більш керований процес поводження з двома фракціями. Тверда фракція може складуватися на майданчику, компостуватися або використовуватися як органічне добриво з меншою вологістю. Рідка фракція зберігається у резервуарі, перекачується насосами, використовується для фертигації або подається на біогазову установку. Завдяки цьому зменшується ризик утворення щільного осаду у сховищі та підвищується технологічна гнучкість ферми.

1.4 Висновки до розділу

У результаті аналізу встановлено, що технологічний процес видалення гною на тваринницьких фермах необхідно розглядати як єдину систему, яка охоплює збирання, переміщення, накопичення, обробку, зберігання та використання органічних відходів. Для рідкого гною визначальними є його неоднорідність, схильність до розшарування, утворення осаду, запахоутворення та залежність властивостей від способу утримання тварин.

Для свиноферм найбільш раціональним технологічним рішенням є утримання тварин на щільній підлозі з відведенням рідкого гною у підпідлогові канали, поперечні колектори та приймальні прямки. Така система має переваги з погляду зоогієни, оскільки зменшує контакт тварин із гноєм, полегшує підтримання чистоти станків, скорочує ручну працю та створює умови для автоматизації. Разом із тим вона потребує надійної подальшої обробки гнойової суспензії.

Показано, що сучасна лінія видалення рідкого гною повинна включати вузли перемішування, насосної подачі, захисту від сторонніх включень і механічного розділення на фракції. Серед обладнання для сепарації найбільш доцільним для умов свиноферми є шнековий прес-сепаратор, який забезпечує безперервне фільтрування, транспортування і стискання твердої фракції.

Основними проблемами роботи шнекового преса-сепаратора є зношування робочих органів, забивання фільтрувальної поверхні, чутливість до сторонніх включень, нерівномірність подачі та залежність якості розділення від геометричних і режимних параметрів. Тому подальше удосконалення доцільно спрямувати на підвищення стабільності подачі, ефективності фільтрування, самоочищення сита та регулювання ущільнення твердої фракції.

Проведений аналіз підтверджує актуальність теми дипломного проєкту, оскільки удосконалення шнекового преса-сепаратора безпосередньо впливає на ефективність технологічного процесу видалення гною, зменшує навантаження на гноєсховища, поліпшує умови подальшого використання органічних добрив і підвищує загальну екологічну та експлуатаційну надійність свиноферми.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ

2.1 Обґрунтування важливості питання

Своєчасне та якісне видалення гною є однією з основних умов стабільної роботи свинарської ферми закінченого циклу виробництва. Гній у виробничих приміщеннях є не лише побічним продуктом утримання тварин, а й активним джерелом вологи, шкідливих газів, мікроорганізмів, неприємних запахів і механічного забруднення технологічних зон. Тому система його видалення повинна розглядатися як обов'язковий елемент загальної технології виробництва свинини. (Commission Implementing Decision (EU) 2017/302, 2017).

У приміщеннях для свиней підвищене накопичення рідкого гною призводить до зростання концентрації аміаку, сірководню, вуглекислого газу та водяної пари. Це погіршує мікроклімат, подразнює слизові оболонки дихальних шляхів, підвищує ризик респіраторних захворювань і знижує природну резистентність тварин. За таких умов навіть повноцінна годівля не забезпечує очікуваного рівня продуктивності, оскільки частина енергії корму витрачається на пристосування організму до несприятливих умов утримання.

Для свиноматок належний санітарний стан приміщень безпосередньо пов'язаний із відтворювальною здатністю, збереженістю приплоду та рівнем молочності. У станках для опоросу забруднення підлоги та накопичення вологи збільшують небезпеку шлунково-кишкових захворювань поросят, ураження шкіри, травмування кінцівок і розповсюдження умовно-патогенної мікрофлори. Для молодняку на дорощуванні та відгодівлі погіршення санітарних умов призводить до зниження середньодобових приростів, погіршення конверсії корму та збільшення витрат на ветеринарні заходи.

Особливого значення видалення гною набуває на фермах із високою концентрацією поголів'я. У таких умовах ручні або періодичні малопродуктивні способи прибирання не забезпечують стабільного санітарного режиму і створюють надмірне навантаження на персонал. Технологічний процес повинен бути безперервним або періодично-автоматизованим, із мінімальним контактом

працівників із гноєм та можливістю швидкого направлення маси до вузлів подальшої обробки.

Раціонально організована система видалення гною має також екологічне значення. Рідкий свинячий гній містить значну кількість органічних речовин, азоту, фосфору та калію. За некерованого накопичення він може стати джерелом забруднення ґрунту, поверхневих і підземних вод. Натомість після механізованого збирання, гомогенізації та розділення на фракції він перетворюється на технологічно керовану органічну сировину, яку можна використовувати для удобрення, компостування або подальшої біологічної переробки. (IAEA, 2008; USDA NRCS, 2018).

Отже, розробка технологічного процесу видалення гною з використанням проміжного гноєзбірника, мішалки, фекального насоса, прес-розділювача та окремого відведення рідкої і твердої фракцій є актуальним завданням. Така схема дозволяє підвищити санітарну безпеку ферми, зменшити обсяг некерованих стоків, покращити умови праці та створити передумови для подальшого удосконалення шнекового преса-сепаратора.

2.2 Вихідні дані

Вихідною умовою для розробки технологічного процесу є свинарська ферма закінченого циклу виробництва на 600 продуктивних свиноматок. Закінчений цикл передбачає наявність основних технологічних груп: кнури-плідники, свиноматки різного фізіологічного стану, поросята-сисуні, поросята після відлучення, молодняк на дорощуванні та відгодівлі, а також ремонтний молодняк. Тому система видалення гною повинна бути придатною для роботи з різними потоками органічних відходів, але основним потоком приймається рідкий безпідстилковий гній із приміщень зі щілинною підлогою.

Для розрахунків приймається, що основні виробничі приміщення обладнані гноєзбірними ваннами, внутрішньою каналізацією та самопливним відведенням рідкого гною до проміжного гноєзбірника. У приміщеннях або зонах, де використовується підстилка, підстилковий гній видаляється окремим механізованим способом із застосуванням навантажувача і причепа. Такий поділ

потоків дає змогу не перевантажувати насосну лінію волокнистими домішками та підвищити стабільність роботи прес-розділювача.

Розрахункова структура поголів'я і нормативний добовий вихід гною за технологічними групами прийняті з урахуванням виробничого призначення ферми, середньої тривалості перебування тварин у групах та характеру утримання. Вихідні дані наведено в таблиці 2,1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для визначення добового виходу гною

Показник	Прийняте значення	Призначення в розрахунку
Ферма	закінчений цикл виробництва	Вирощування поросят до товарної кондиції
Кількість продуктивних свиноматок	600 голів	Базовий показник для формування структури поголів'я
Основна система утримання	безпідстилкова, зі щільною підлогою	Формує переважно рідкий гній
Допоміжний потік	підстилковий гній з окремих зон	Видаляється навантажувачем і причепом
Щільність рідкого гною	1050 кг/м ³	Для переходу від маси до об'єму
Додаткові технологічні води	15 % від об'єму гною	Миття, втрати води, санітарне обслуговування
Розрахунковий коефіцієнт нерівномірності	1,20	Для визначення пікового добового навантаження

До технологічного процесу висуваються такі вимоги: забезпечення регулярного відведення гною з виробничих приміщень; недопущення застою рідкої маси у каналах; можливість гомогенізації перед перекачуванням; захист насосів і сепаратора від великих сторонніх включень; розділення гною на тверду

та рідку фракції; роздільне транспортування фракцій до місць зберігання або подальшого використання; мінімізація ручної праці та безпечні умови обслуговування обладнання.

Для ферми приймається періодичний режим роботи лінії обробки рідкого гною. Упродовж доби гній накопичується у підпідлогових ваннах і внутрішній каналізації, після чого надходить до проміжного гноєзбірника. Перед подачею на прес-розділювач маса перемішується, що запобігає розшаруванню та забезпечує стабільне навантаження на насос і сепаратор.

2.3 Прийнята до використання технологія видалення та обробки гною

Прийнята технологічна схема передбачає розділення потоків на рідкий гній, гомогенізований гній, рідку фракцію, тверду фракцію, підстилковий гній і суміш після карантинного витримування. Основним потоком є рідкий гній, що утворюється у приміщеннях із щільною підлогою. Він проходить через щілини підлоги у гноєзбірні ванни, після чого внутрішньою каналізацією самотливом направляється до проміжного гноєзбірника.

Проміжний гноєзбірник виконує функції акумулювання, вирівнювання надходження та підготовки маси до перекачування. У ньому встановлюється мішалка, яка руйнує осадові та плаваючі шари, вирівнює концентрацію сухої речовини і створює однорідну суспензію. Після гомогенізації фекальний насос подає гній до прес-розділювача. У схемі прес-розділювач розміщується в окремому технологічному приміщенні або навісі, що полегшує обслуговування, ремонт і контроль роботи обладнання.

У прес-розділювачі рідкий гній подається в корпус сепаратора, захоплюється шнеком і переміщується вздовж ситової поверхні. Рідка фракція проходить крізь сито і відводиться до відстійника або резервуару рідкої фракції. Тверда фракція ущільнюється в зоні виходу та вивантажується у причіп або на приймальний майданчик. Далі вона направляється на карантинний майданчик, а після витримування — на майданчик буртування для компостування або підготовки до внесення як органічного добрива.

Підстилковий гній, який може утворюватися в окремих допоміжних або карантинних зонах, не змішується з основним рідким потоком. Його видалення виконується фронтальним навантажувачем із подальшим транспортуванням причепом. Така організація зменшує ризик засмічення каналів і насосів, а також дає можливість окремо керувати вологістю матеріалу на майданчику буртування.

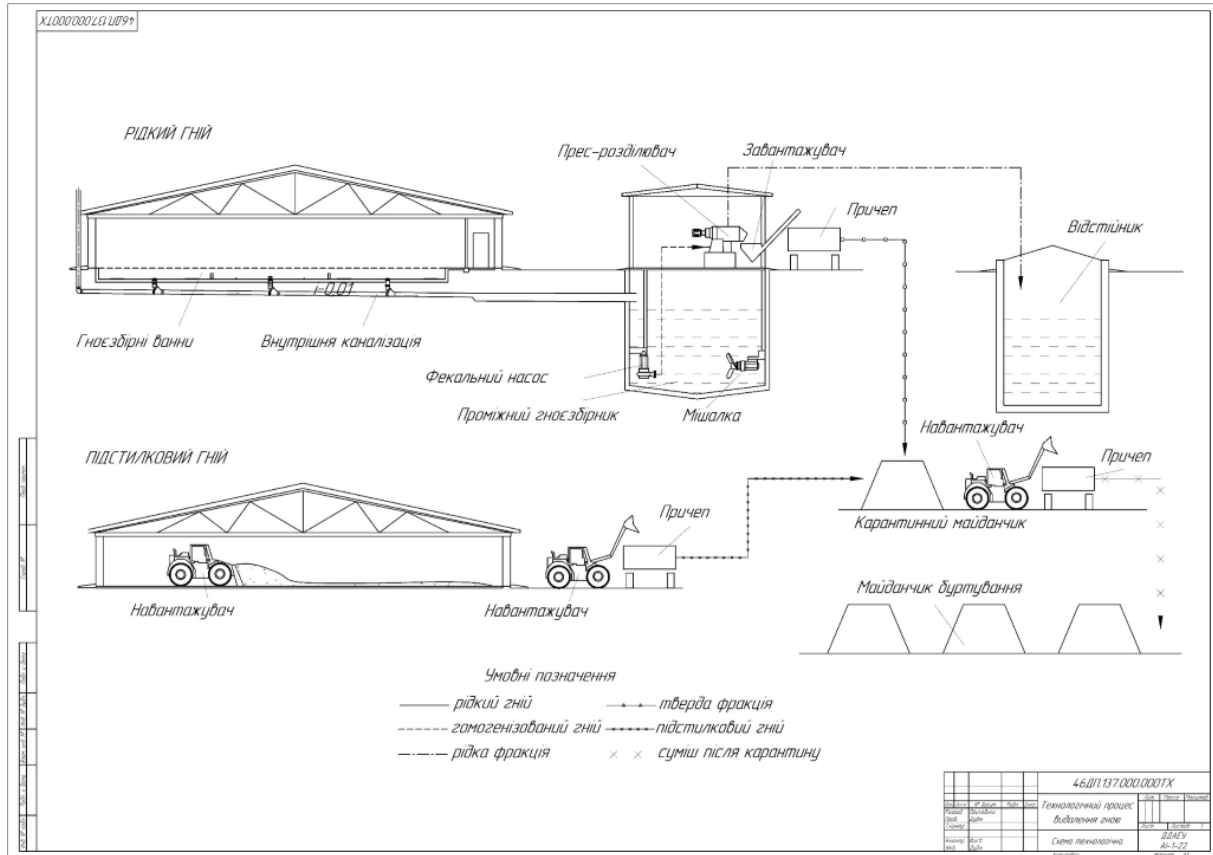


Рисунок 2.1 – Технологічна схема процесу видалення та обробки гною на свинофермі

За наведеною схемою технологічний процес реалізується у такій послідовності. На першому етапі гній від тварин самопливом або через гноєзбірні ванни надходить до внутрішньої каналізації. На другому етапі він акумулюється у проміжному гноєзбірнику, де перемішується до однорідного стану. На третьому етапі гомогенізована маса насосом подається на прес-розділювач. На четвертому етапі відбувається механічне розділення на рідку і тверду фракції. На п'ятому етапі фракції спрямовуються до відповідних місць

подальшого використання: рідка фракція — у відстійник або резервуар, тверда — на карантинний майданчик і далі на буртування.

Прийнята схема є раціональною для ферми закінченого циклу, оскільки забезпечує поєднання внутрішнього самопливного видалення гною з механізованою обробкою за межами виробничих приміщень. Це зменшує кількість рухомого обладнання в тваринницьких корпусах, покращує санітарний стан секцій і дозволяє сконцентрувати найбільш енергоємні операції в одному технологічному вузлі.

2.4 Визначення технологічних параметрів процесу

Основним розрахунковим параметром процесу є добовий вихід гною. Його визначають як суму добового утворення гною за всіма технологічними групами тварин:

$$Q_{\text{доб}} = \sum(n_i \cdot q_i), \text{ кг/добу} \quad (2.1)$$

де $Q_{\text{доб}}$ – добовий вихід гною на фермі, кг/добу;

n_i – кількість тварин i -ї технологічної групи, голів;

q_i – нормативний добовий вихід гною від однієї тварини i -ї групи, кг/добу.

Результати визначення добового виходу гною за технологічними групами наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок добового виходу гною за технологічними групами

Технологічна група	Кількість, гол.	Норма, кг/добу	Вихід, кг/добу	Об'єм, м³/добу
Кнури-плідники	12	10,0	120	0,11
Свиноматки поросні, холості та умовно- поросні	480	11,0	5280	5,03
Свиноматки підсисні з поросятами	120	18,0	2160	2,06
Поросята-сисуни	1200	0,5	600	0,57

Поросята після відлучення	1800	1,5	2700	2,57
Молодняк на дорощуванні відгодівлі	4200	4,0	16800	16,00
Ремонтний молодняк	100	5,0	500	0,48
Разом			28160	26,82

З урахуванням додаткових технологічних вод розрахунковий добовий об'єм рідкої маси становить:

$$V_{\text{доб}} = \frac{Q_{\text{доб}}}{\rho} \cdot (1 + k_v), \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.2)$$

де $V_{\text{доб}}$ – розрахунковий добовий об'єм рідкого гною з урахуванням технологічних вод, $\text{м}^3/\text{добу}$;

ρ – густина рідкого гною, $\text{кг}/\text{м}^3$;

k_v – коефіцієнт додаткового надходження технологічної води.

$$V_{\text{доб}} = \frac{28160}{1050} \cdot (1 + 0,15) = 30,84 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отже, для подальших розрахунків приймається добовий об'єм рідкого гною $V_{\text{доб}} = 30,8 \text{ м}^3/\text{добу}$. Пікове добове навантаження з урахуванням коефіцієнта нерівномірності 1,20 становить $37,0 \text{ м}^3/\text{добу}$. Річний обсяг рідкої маси становить близько $11257 \text{ м}^3/\text{рік}$.

Потреба в об'ємі проміжного гноєзбірника визначається за умовою забезпечення безпечного акумулювання гною протягом розрахункового інтервалу між циклами перекачування:

$$V_{\text{гз}} = V_{\text{доб}} \cdot t_z \cdot k_z, \text{ м}^3 \quad (2.3)$$

де $V_{\text{гз}}$ – необхідний об'єм проміжного гноєзбірника, м^3 ;

t_z – тривалість резервного накопичення, діб;

k_z – коефіцієнт запасу об'єму.

$$V_{\text{гз}} = 30,84 \cdot 2 \cdot 1,15 = 70,9 \text{ м}^3$$

З урахуванням конструктивного запасу приймається проміжний гноєзбірник загальним корисним об'ємом не менше 75 м³. Практично доцільно передбачити одну камеру об'ємом 75–80 м³ або дві секції по 40 м³, що підвищує надійність роботи під час ремонту, очищення або профілактики обладнання.

Мінімальний об'єм підпідлогових каналів і гноєзбірних ванн для оперативного акумулювання приймається з урахуванням половини добового надходження та запасу на нерівномірність:

$$V_{\text{кан}} = V_{\text{доб}} \cdot t_{\text{кан}} \cdot k_z, \text{ м}^3 \quad (2.4)$$

де $V_{\text{кан}}$ – мінімальний корисний об'єм підпідлогових каналів і гноєзбірних ванн, м³;

$t_{\text{кан}}$ – розрахунковий період оперативного накопичення у каналах, діб;

k_z – коефіцієнт запасу об'єму.

$$V_{\text{кан}} = 30,84 \cdot 0,5 \cdot 1,15 = 17,7 \text{ м}^3$$

Отримане значення показує, що сумарний корисний об'єм підпідлогових ванн і каналів має бути не меншим 17,7 м³. Оскільки на фермі використовується кілька виробничих секцій, цей об'єм розподіляється між приміщеннями пропорційно до кількості тварин і добового утворення гною.

Після механічного розділення на прес-розділювачі приймається, що близько 15 % маси переходить у тверду фракцію, а 85 % – у рідку фракцію. Такий поділ використано для орієнтовного визначення потужності майданчиків і місткостей подальшого зберігання.

Таблиця 2.3 – Орієнтовний баланс фракцій після механічного розділення

Потік	Об'єм, м ³ /добу	Маса, т/добу	Частка, %
Гомогенізований рідкий гній до сепарації	30,8	28,2	100
Тверда фракція після прес-розділювача	6,5	4,2	15
Рідка фракція після прес-розділювача	26,2	23,9	85

Для рідкої фракції передбачається відстійник або резервуар оперативного накопичення. За тривалості зберігання 5 діб і коефіцієнта запасу 1,15 його корисний об'єм має становити:

$$V_{\text{рф}} = V_{\text{рф.доб}} \cdot t_{\text{рф}} \cdot k_z, \text{м}^3 \quad (2.5)$$

де $V_{\text{рф}}$ – необхідний корисний об'єм резервуара рідкої фракції, м^3 ;

$V_{\text{рф.доб}}$ – добовий вихід рідкої фракції, $\text{м}^3/\text{добу}$;

$t_{\text{рф}}$ – тривалість оперативного накопичення рідкої фракції, діб;

k_z – коефіцієнт запасу об'єму.

$$V_{\text{рф}} = 26,2 \cdot 5 \cdot 1,15 = 150,7 \text{ м}^3$$

Доцільно прийняти відстійник об'ємом не менше 160 м^3 . Якщо господарство використовує рідку фракцію сезонно, додатково передбачають основне гноєсховище більшої місткості, розраховане на агротехнічний період неможливості внесення добрив у ґрунт.

Для твердої фракції передбачається карантинний майданчик, на якому матеріал витримується перед переміщенням на майданчик буртування. Його об'єм визначається за добовим виходом твердої фракції та тривалістю витримувannya:

$$V_{\text{тф}} = V_{\text{тф.доб}} \cdot t_{\text{тф}} \cdot k_z, \text{м}^3 \quad (2.6)$$

де $V_{\text{тф}}$ – необхідний об'єм карантинного майданчика для твердої фракції, м^3 ;

$V_{\text{тф.доб}}$ – добовий вихід твердої фракції, $\text{м}^3/\text{добу}$;

$t_{\text{тф}}$ – тривалість карантинного витримувannya твердої фракції, діб;

k_z – коефіцієнт запасу об'єму.

$$V_{\text{тф}} = 6,5 \cdot 10 \cdot 1,20 = 78,0 \text{ м}^3$$

$$S_{\text{тф}} = \frac{V_{\text{тф}}}{(h_{\text{скл}} \cdot k_{\text{пл}})}, \text{м}^2 \quad (2.7)$$

де $S_{\text{тф}}$ – орієнтовна площа карантинного майданчика твердої фракції, м^2 ;

$h_{\text{скл}}$ – прийнята висота складування твердої фракції, м;

$k_{\text{пл}}$ – коефіцієнт використання площі майданчика.

$$S_{\text{тф}} = \frac{78,0}{2,0 \cdot 0,75} = 52,0 \text{ м}^2$$

За висоти складування 2,0 м і коефіцієнта використання площі 0,75 орієнтовна площа карантинного майданчика становить 52 м². Для практичного проектування приймається майданчик площею не менше 60 м² з твердим водонепроникним покриттям, ухилом до лотка збору стоків і можливістю під'їзду навантажувача та причепа.

Таблиця 2.4 – Узагальнені технологічні параметри процесу

Параметр	Розрахункове значення	Призначення
Добовий вихід гною без технологічних вод	28,2 т/добу	Визначено за структурою погोलів'я
Добовий об'єм рідкого гною з водами	30,8 м ³ /добу	Основне розрахункове навантаження
Піковий добовий об'єм	37,0 м ³ /добу	Для перевірки пропускної здатності лінії
Проміжний гноєзбірник	75–80 м ³	Накопичення і гомогенізація перед перекачуванням
Відстійник рідкої фракції	не менше 160 м ³	Оперативне накопичення після сепарації
Карантинний майданчик твердої фракції	не менше 60 м ²	Витримування перед буртуванням
Річний обсяг рідкої маси	11257 м ³ /рік	Для планування зберігання і внесення

2.5 Визначення потреби в інженерному забезпеченні

Інженерне забезпечення прийнятого процесу повинно забезпечити самопливне відведення гною з виробничих секцій, акумулювання і перемішування в проміжному гноєзбірнику, насосну подачу гомогенізованої маси, механічне розділення на фракції, транспортування твердої фракції,

накопичення рідкої фракції та безпечне обслуговування обладнання. Вибір машин і обладнання здійснюється за умовою відповідності розрахунковому добовому навантаженню та піковим витратам.

Основним агрегатом обробки є прес-розділювач шнекового типу. Для прийнятої схеми доцільно використовувати сепаратор продуктивністю 15 м³/год, що відповідає потребам ферми та забезпечує значний резерв пропускної здатності. Перевірку кількості сепараторів виконуємо за формулою:

$$n_c = \frac{V_{\text{доб}}}{(Q_c \cdot \tau \cdot \eta)}, \text{ шт.} \quad (2.8)$$

де n_c – необхідна кількість прес-розділювачів, шт.;

Q_c – продуктивність одного прес-розділювача, м³/год;

τ – тривалість роботи лінії протягом доби, год;

η – коефіцієнт використання змінного часу.

$$n_c = \frac{30,8}{15 \cdot 4 \cdot 0,85} = 0,60$$

За результатами розрахунку приймається один прес-розділювач. Фактична тривалість його роботи за добового обсягу 30,8 м³ становить приблизно 2,1 год, що дозволяє виконувати сепарацію протягом однієї короткої робочої зміни та залишає час на промивання, огляд і технічне обслуговування.

Продуктивність фекального насоса повинна бути узгоджена з пропускною здатністю сепаратора. Щоб уникнути нестачі подачі та нестійкого режиму роботи шнека, насос приймається з коефіцієнтом запасу:

$$Q_n \geq 1,1 \cdot Q_c, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.9)$$

де Q_n – потрібна продуктивність фекального насоса, м³/год;

Q_c – продуктивність одного прес-розділювача, м³/год;

1,1 – коефіцієнт запасу подачі насоса.

$$Q_n \geq 1,1 \cdot 15 = 16,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

Отже, доцільно прийняти фекальний насос продуктивністю 18–20 м³/год із напором 20–25 м. Для підвищення надійності системи передбачається один

робочий насос і один резервний або можливість швидкого підключення резервного агрегата.

Потужність мішалки для проміжного гноєзбірника визначається орієнтовно за питомою потужністю перемішування рідкої гнойової маси:

$$P_{\text{м}} = p_{\text{пит}} \cdot V_{\text{гз}}, \text{кВт} \quad (2.10)$$

де $P_{\text{м}}$ – потрібна потужність мішалки, кВт;

$p_{\text{пит}}$ – питома потужність перемішування, кВт/м³;

$V_{\text{гз}}$ – корисний об'єм проміжного гноєзбірника, м³.

$$P_{\text{м}} = 0,08 \cdot 75 = 6,0 \text{ кВт}$$

З урахуванням втрат, густини маси та можливого утворення осаду приймається мішалка потужністю 7,5 кВт. Вона повинна забезпечувати перемішування перед кожним циклом перекачування, а також короткочасну роботу в процесі подачі гною на сепаратор.

Для переміщення твердої фракції та підстилкового гною застосовується фронтальний навантажувач і причіп. Продуктивність навантажувача визначається за місткістю ковша та тривалістю циклу:

$$Q_{\text{нав}} = \frac{V_{\text{к}} \cdot k_{\text{н}} \cdot 60}{t_{\text{ц}}}, \text{м}^3/\text{год} \quad (2.11)$$

де $Q_{\text{нав}}$ – продуктивність фронтального навантажувача, м³/год;

$V_{\text{к}}$ – місткість ковша навантажувача, м³;

$k_{\text{н}}$ – коефіцієнт наповнення ковша;

$t_{\text{ц}}$ – тривалість одного робочого циклу, хв.

$$Q_{\text{нав}} = \frac{0,8 \cdot 0,85 \cdot 60}{4} = 10,2 \text{ м}^3/\text{год}$$

За добового виходу твердої фракції близько 6,5 м³ тривалість роботи навантажувача становить приблизно 0,6 год/добу. Для транспортування приймається тракторний причіп місткістю 4–5 м³. Необхідна кількість рейсів для твердої фракції становить близько 2 рейсів за добу, що є прийнятним для внутрішньофермського транспорту.

Таблиця 2.5 – Потреба в основному інженерному забезпеченні процесу

Обладнання або споруда	Розрахунковий параметр	Функція у схемі	Прийнята кількість
Гноєзбірні ванни та внутрішня каналізація	Сумарний корисний об'єм не менше 18 м ³	Самопливне відведення гною з приміщень	За кількістю секцій
Проміжний гноєзбірник	75–80 м ³	Акумулювання, вирівнювання подачі	1 або 2 секції
Мішалка занурювальна або навісна	7,5 кВт	Гомогенізація рідкого гною	1 шт.
Фекальний насос	18–20 м ³ /год; напір 20–25 м	Подача гною на сепаратор	1 роб. + 1 рез.
Прес-розділювач шнековий	15 м ³ /год	Розділення гною на фракції	1 шт.
Відстійник рідкої фракції	не менше 160 м ³	Оперативне накопичення рідкої фракції	1 шт.
Карантинний майданчик	не менше 60 м ²	Витримування твердої фракції	1 шт.
Фронтальний навантажувач	Ківш 0,8 м ³	Навантаження твердої фракції і підстилкового гною	1 шт.
Тракторний причіп	4–5 м ³	Транспортування до карантинного майданчика і буртів	1 шт.

Для стабільної роботи лінії необхідно передбачити також допоміжні елементи: запірну арматуру на трубопроводах, оглядові люки, решітку або

приймальний захист перед насосом, систему електроживлення з пускозахисною апаратурою, аварійне відключення приводу сепаратора, водопровід для промивання сита та майданчик для безпечного обслуговування. Розміщення обладнання повинно забезпечувати доступ до мішалки, насоса, редуктора, електродвигуна, шнека, ситової поверхні та регульованого вихідного пристрою.

Трубопровід від проміжного гноєзбірника до прес-розділювача доцільно виконувати діаметром не менше 100 мм із мінімальною кількістю поворотів. На ділянках можливого осідання твердих домішок передбачають ревізії та промивні патрубки. Самопливні канали повинні мати ухил у напрямку проміжного гноєзбірника, гладкі внутрішні поверхні та достатні люки для періодичного очищення.

Таким чином, прийняте інженерне забезпечення відповідає розрахунковому навантаженню ферми на 600 продуктивних свиноматок і створює резерв продуктивності для пікових надходжень гною. Найбільш відповідальними вузлами є проміжний гноєзбірник із мішалкою, насосна подача та шнековий прес-розділювач, оскільки саме вони визначають безперервність і якість подальшого розділення гною на фракції.

2.6 Висновки до розділу

У розділі обґрунтовано необхідність своєчасного та якісного видалення гною зі свинарської ферми з урахуванням впливу санітарного стану приміщень на здоров'я, продуктивність і відтворювальні показники свиней. Показано, що накопичення рідкого гною у виробничих зонах погіршує мікроклімат, підвищує ризик захворювань і збільшує витрати на обслуговування ферми.

Для ферми закінченого циклу виробництва на 600 продуктивних свиноматок визначено розрахунковий добовий вихід гною. Загальна маса гною без урахування технологічних вод становить 28,2 т/добу, а розрахунковий об'єм рідкої маси з урахуванням технологічних вод – 30,8 м³/добу. Пікове добове навантаження прийнято на рівні 37,0 м³/добу.

Прийнято технологічну схему, у якій рідкий гній зі щілинних підлог через гноєзбірні ванни та внутрішню каналізацію надходить до проміжного

гноєзбірника, гомогенізується мішалкою, подається фекальним насосом на шнековий прес-розділювач і розділяється на рідку та тверду фракції. Підстилковий гній із допоміжних зон видаляється окремо навантажувачем і причепом.

Визначено необхідні технологічні місткості: проміжний гноєзбірник загальним корисним об'ємом $75\text{--}80\text{ м}^3$, оперативний відстійник рідкої фракції не менше 160 м^3 та карантинний майданчик твердої фракції площею не менше 60 м^2 . Це забезпечує технологічний запас і можливість безпечної експлуатації лінії.

Розраховано потребу в основному інженерному забезпеченні. Для прийнятого процесу достатньо одного шнекового прес-розділювача продуктивністю $15\text{ м}^3/\text{год}$, фекального насоса продуктивністю $18\text{--}20\text{ м}^3/\text{год}$, мішалки потужністю $7,5\text{ кВт}$, фронтального навантажувача та тракторного причепа. Отримані параметри є підставою для подальшого удосконалення шнекового преса-сепаратора у наступному розділі дипломного проекту.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ СЕПАРАТОРА ГНОЮ

3.1 Вихідні дані

Удосконалення сепаратора гною виконується для технологічної лінії видалення та обробки гною свинарської ферми закінченого циклу виробництва на 600 продуктивних свиноматок. У попередньому розділі для цієї ферми прийнято безпідстилкову систему утримання основної частини поголів'я зі щільною підлогою, самопливним відведенням рідкого гною до проміжного гноєзбірника, перемішуванням, насосною подачею і подальшим механічним розділенням на тверду та рідку фракції.

Необхідність удосконалення преса-сепаратора зумовлена тим, що якість видалення та обробки гною безпосередньо впливає на санітарний стан свинарських приміщень, продуктивність тварин, екологічну безпеку ферми та витрати на подальше зберігання органічної маси. Якщо рідкий гній своєчасно не відводиться і не розділяється на фракції, підвищується вологість у виробничих приміщеннях, зростає концентрація аміаку та сірководню, погіршується стан підлоги, збільшується небезпека ураження кінцівок, шкіри та органів дихання свиней.

Для свиноматок і молодняку стабільний санітарний режим є особливо важливим, оскільки від нього залежить збереженість приплоду, рівень стресу, споживання корму, середньодобові прирости та конверсія корму. Тому сепаратор гною в розробленій технологічній лінії розглядається не лише як машина для зневоднення, а як відповідальний вузол, який забезпечує керованість усього процесу поводження з органічними відходами.

Вихідними даними для розділу є параметри технологічної лінії, прийняті у розділі 2, а також конструктивні дані механізму регулювання вологості твердої фракції преса. Основні вихідні показники наведені у таблиці 3,1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для перевірки та удосконалення преса-сепаратора

Показник	Позначення	Прийняте значення
Добовий об'єм рідкого гною з урахуванням технологічних вод	$V_{\text{доб}}$	30,8 м³/добу
Піковий добовий об'єм рідкої маси	$V_{\text{пik}}$	37,0 м³/добу
Тривалість роботи вузла сепарації у розрахунковому режимі	T_p	3,0 год/добу
Продуктивність вибраного прес-фільтра	Q_c	15 м³/год
Потужність електродвигуна привода преса	$N_{\text{вст}}$	5,5 кВт
Частка твердої фракції після сепарації	$\beta_{\{T\}}$	15 %
Частка рідкої фракції після сепарації	$\beta_{\{p\}}$	85 %
Допустиме зусилля ручного регулювання	R	до 300 Н
Довжина основного важеля механізму	$l_{AA'}$	0,80 м
Плече передавального важеля	$l_{AB}=l_{CD}$	0,12 м
Плече дії заслінки	l_{FG}	0,06 м

У розрахунках приймається, що прес-сепаратор працює після попередньої гомогенізації гною у проміжному гноєзбірнику. Це дає змогу зменшити коливання густини та вологості маси, стабілізувати подачу на шнек і забезпечити рівномірну роботу ситової поверхні. Удосконалення спрямовується на вузол регулювання вологості твердої фракції, оскільки саме від величини протитиску на виході залежить ступінь віджимання, навантаження на шнек і стабільність виходу твердої фракції.

3.2 Технічний аналіз конструкції преса і постановка завдання на удосконалення

Як базову машину для технологічної лінії прийнято шнековий прес-фільтр типорозміру S650 «BAUER». За принципом роботи така машина належить до пресових механічних сепараторів безперервної дії. Рідкий гній подається у корпус преса, захоплюється витками шнека і переміщується вздовж фільтрувальної поверхні. Під час руху рідка фракція проходить крізь отвори або щілини сита і відводиться у піддон, а тверда частина ущільнюється у зоні вихідного отвору та вивантажується у вигляді зневодненої маси.

Основними вузлами прес-фільтра є електродвигун, редуктор, приймальний патрубок або бункер, корпус, шнек, ситова поверхня, піддон для рідкої фракції, регулювальний пристрій виходу твердої фракції та опорна рама. Електродвигун через редуктор забезпечує обертання шнека з невеликою частотою, достатньою для переміщення густої органічної маси. Редуктор збільшує крутний момент на валу шнека, а шнек одночасно виконує функції транспортера, ущільнювача і робочого органа пресування.

Ситова поверхня є одним із найбільш навантажених елементів машини. Вона працює у контакті з абразивною та волокнистою масою, тому підлягає зношуванню і періодичному очищенню. Ефективність фільтрування залежить від розміру отворів або щілин, вмісту сухої речовини у гної, наявності домішок, рівномірності подачі та величини протитиску на виході твердої фракції.

Вузол регулювання вихідного отвору створює протитиск у зоні ущільнення. Якщо вихід відкритий надмірно, тверда фракція має підвищену вологість, а частина органічної речовини переходить у рідку фракцію. Якщо вихід перекритий надмірно, зростає навантаження на шнек, підвищується споживання енергії, збільшується ризик забивання сита та перевантаження привода. Тому механізм регулювання повинен забезпечувати плавну зміну положення заслінок і надійне утримання встановленого положення.

Таблиця 3.2 – Технічний аналіз основних вузлів прес-фільтра S650

Вузол	Функція у процесі	Можлива проблема	Напрямок удосконалення
Електродвигун і редуктор	Створення крутного моменту на валу шнека	Перевантаження при надмірному протитиску	Перевірка встановленої потужності та режиму роботи
Шнек	Переміщення та ущільнення гною	Зношування витків, нерівномірне навантаження	Стабілізація подачі і протитиску
Ситова поверхня	Відведення рідкої фракції	Забивання отворів, абразивне зношування	Забезпечення рівномірного фільтрування і контролю тиску
Зона ущільнення	Формування твердої фракції заданої вологості	Коливання вологості при несталій подачі	Плавне регулювання положення заслінок
Механізм регулювання заслінок	Зміна протитиску на виході	Підвищене зусилля ручного регулювання, недостатня фіксація	Введення компенсувального пружинного елемента

За результатами технічного аналізу встановлено, що базова конструкція преса в цілому відповідає вимогам технологічної лінії, однак ручний механізм регулювання вологості твердої фракції потребує удосконалення. Основним завданням є зменшення зусилля, яке прикладає оператор під час налаштування

вихідного отвору, підвищення плавності регулювання і забезпечення стабільного положення заслінок під час роботи преса.

Завдання на удосконалення формулюється так: перевірити вибраний прес-фільтр за продуктивністю і потужністю привода для умов ферми; проаналізувати роботу штатного важільного механізму регулювання; запропонувати конструктивне доповнення у вигляді пружинного компенсатора; виконати розрахунки, які підтверджують працездатність запропонованого рішення.

3.3 Перевірка прес-фільтра за продуктивністю та потужністю

Перевірка за продуктивністю виконується за умовою, що прес-фільтр повинен переробити піковий добовий об'єм рідкого гною протягом прийнятого часу роботи вузла сепарації. Потрібну годинну продуктивність визначають за формулою:

$$Q_{\text{потр}} = \frac{V_{\text{пik}}}{T_p} \quad (3.1)$$

де $Q_{\text{потр}}$ – потрібна годинна продуктивність преса-сепаратора, м³/год;

$V_{\text{пik}}$ – піковий добовий об'єм рідкого гною, м³/добу;

T_p – прийнята тривалість роботи вузла сепарації протягом доби, год.

$$Q_{\text{потр}} = \frac{37,0}{3,0} = 12,3 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість прес-сепараторів, необхідних для переробки розрахункового потоку, визначають за відношенням потрібної продуктивності до продуктивності однієї машини:

$$n_c = \frac{Q_{\text{потр}}}{Q_c} \quad (3.2)$$

де n_c – розрахункова кількість прес-сепараторів, шт.;

Q_c – продуктивність одного прес-фільтра, м³/год.

$$n_c = \frac{12,3}{15} = 0,82$$

Оскільки розрахункове значення менше одиниці, для умов ферми достатньо одного прес-фільтра. Тривалість фактичної роботи преса при середньодобовому навантаженні визначають за формулою:

$$t_{\text{доб}} = \frac{V_{\text{доб}}}{Q_c} \quad (3.3)$$

де $t_{\text{доб}}$ – фактична тривалість роботи преса протягом доби, год;

$V_{\text{доб}}$ – середній добовий об'єм рідкого гною, м³/добу.

$$t_{\text{доб}} = \frac{30,8}{15} = 2,05 \text{ год/добу}$$

Резерв продуктивності прес-фільтра оцінюють коефіцієнтом запасу:

$$k_z = \frac{Q_c}{Q_{\text{потр}}} \quad (3.4)$$

де k_z – коефіцієнт запасу за продуктивністю.

$$k_z = \frac{15}{12,3} = 1,22$$

Отримане значення показує, що прес-фільтр має запас продуктивності близько 22 %. Цього достатньо для компенсації короточасних коливань подачі, зміни вологості маси та часу, необхідного на огляд і промивання обладнання.

Перевірка за потужністю виконується за питомими витратами енергії на механічне розділення гною. Потрібну потужність привода можна оцінити за формулою:

$$N_{\text{потр}} = q_e \cdot Q_c \cdot k_n \quad (3.5)$$

де $N_{\text{потр}}$ – потрібна потужність привода, кВт;

q_e – питома енергоємність процесу сепарації, кВт·год/м³;

Q_c – продуктивність прес-фільтра, м³/год;

k_n – коефіцієнт запасу за навантаженням.

Для розрахунку приймаємо $q_e = 0,25$ кВт·год/м³, $k_n = 1,25$.

$$N_{\text{потр}} = 0,25 \cdot 15 \cdot 1,25 = 4,69 \text{ кВт}$$

Питоме споживання енергії при встановленій потужності двигуна визначають за формулою:

$$e_c = \frac{N_{\text{вст}}}{Q_c} \quad (3.6)$$

де e_c – питоме споживання енергії за встановленою потужністю, кВт·год/м³;

$N_{\text{вст}}$ – встановлена потужність електродвигуна преса, кВт.

$$e_c = \frac{5,5}{15} = 0,37 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$$

Оскільки встановлена потужність двигуна 5,5 кВт перевищує розрахункову потребу 4,69 кВт, вибраний прес-фільтр забезпечує роботу технологічної лінії без перевантаження привода. Разом із тим величина протитиску на виході твердої фракції повинна регулюватися так, щоб не створювати надмірного моменту опору на шнеку.

Таблиця 3.3 – Результати перевірки прес-фільтра за продуктивністю і потужністю

Показник	Розрахункове значення	Оцінка
Потрібна продуктивність за піковим добовим об'ємом	12,3 м ³ /год	Менше продуктивності вибраної машини
Продуктивність вибраного прес-фільтра	15 м ³ /год	Приймається до встановлення
Коефіцієнт запасу за продуктивністю	1,22	Запас близько 22 %
Фактична тривалість роботи за середньодобового навантаження	2,05 год/добу	Можливе виконання в межах короткого циклу
Потрібна потужність привода	4,69 кВт	Менше встановленої потужності
Встановлена потужність електродвигуна	5,5 кВт	Забезпечує резерв потужності
Питоме споживання за встановленою потужністю	0,37 кВт·год/м ³	Прийнятне для механічної сепарації

Таким чином, за продуктивністю і потужністю прес-фільтр S650 може бути використаний у прийнятій технологічній лінії видалення та обробки гною.

Подальше удосконалення доцільно спрямувати не на збільшення продуктивності, а на підвищення зручності і стабільності регулювання вологості твердої фракції.

3.4 Удосконалення механізму регулювання вологості твердої фракції

Вологість твердої фракції після прес-фільтра залежить від величини протитиску, який створюється на вихідному отворі. У базовій конструкції цей протитиск змінюється положенням заслінок. Керування заслінками здійснюється ручним важільним механізмом, схема якого наведена на рисунку 3.1. Для розрахунку приймаються геометричні параметри: $AA' = 0,80$ м, $AB = 0,12$ м, $BC = 0,64$ м, $CD = 0,12$ м, $DE = FG = 0,06$ м. Максимальне зусилля, яке оператор може прикладати до важеля без перевищення вимог безпеки праці, приймається $R = 300$ Н.

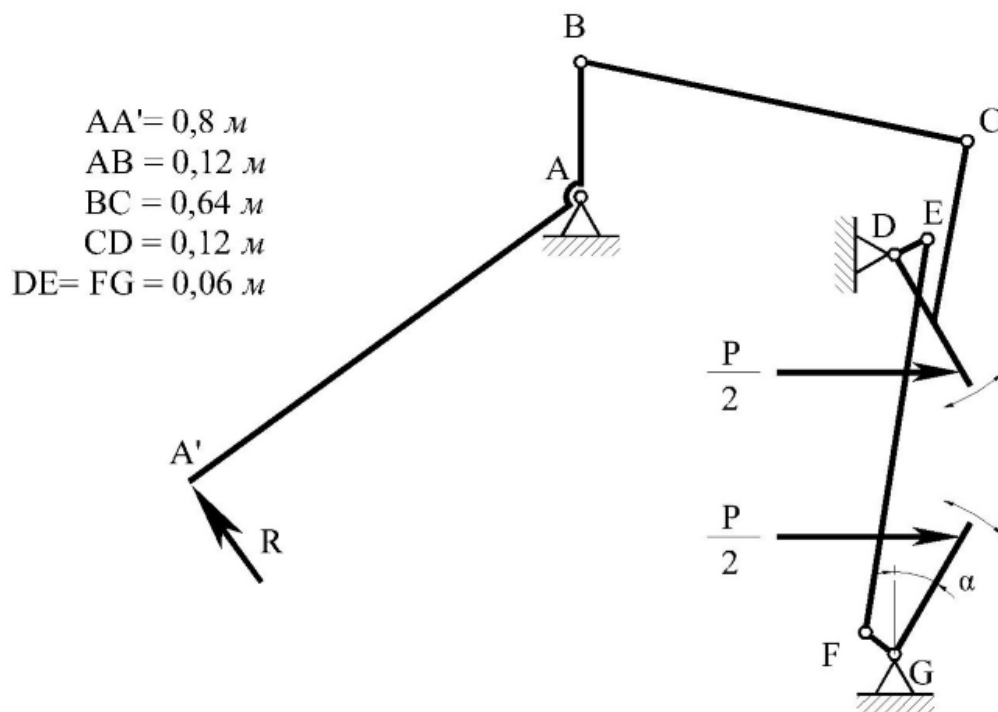


Рисунок 3.1 – Схема до розрахунку механізму регулювання положення заслінок

Аналіз схеми показує, що ручний важіль забезпечує значне збільшення зусилля на заслінках. Це необхідно для формування достатнього протитиску, однак водночас ускладнює точне налаштування, особливо при забрудненні шарнірів, зміні вологості ґною або короткочасному підвищенні навантаження на

виході преса. При ручному регулюванні оператор змушений прикладати значне зусилля, а встановлене положення заслінок може змінюватися під дією вібрацій і пульсацій ущільненої маси.

Для підвищення зручності регулювання запропоновано удосконалити механізм встановленням пружинного компенсатора між нерухомою опорою Н' і важелем у точці Н. Пружина створює додатковий момент, який частково компенсує момент від зусилля стискання твердої фракції, зменшує потрібне зусилля на рукоятці та стабілізує положення заслінок. Удосконалена схема показана на рисунку 3.2.

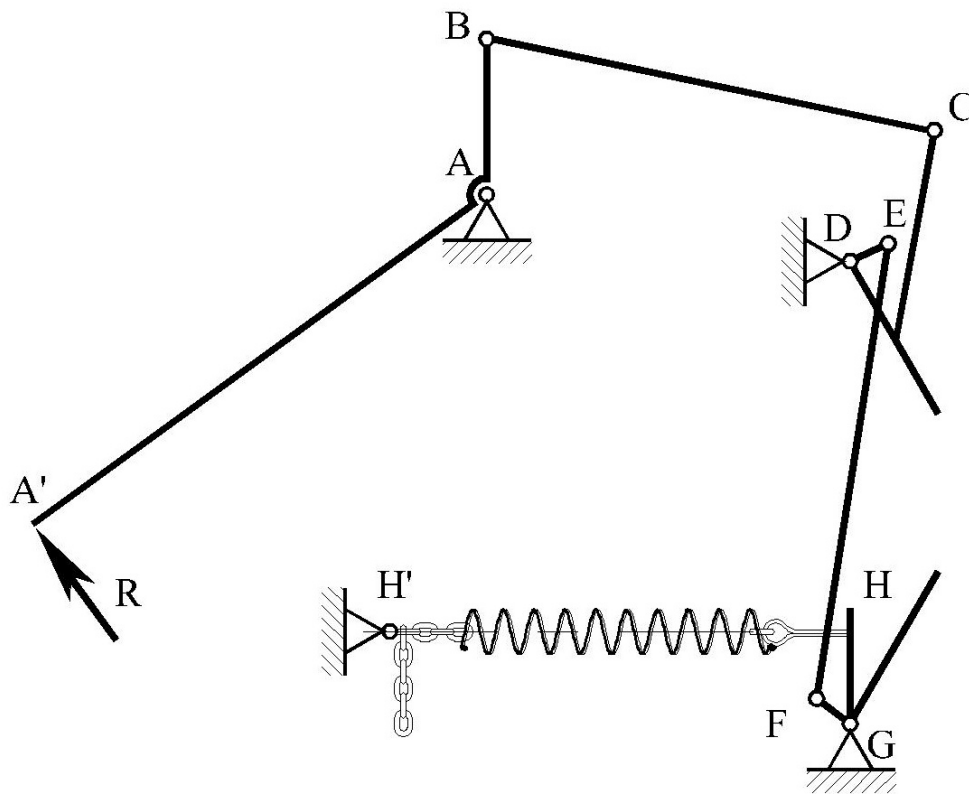


Рисунок 3.2 – Удосконалена схема регулювання положення заслінок із пружинним компенсатором

Момент, який створює оператор на основному важелі, визначають за формулою:

$$M_A = R \cdot l_{AA'} \quad (3.7)$$

де M_A – момент на основному важелі, Н·м;

R – зусилля оператора на рукоятці, Н;

$l_{AA'}$ – довжина основного важеля, м.

$$M_A = 300 \cdot 0,80 = 240 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Зусилля у передавальній ланці АВ визначають за умовою рівноваги важеля:

$$F_{AB} = \frac{M_A}{l_{AB}} \quad (3.8)$$

де F_{AB} – зусилля у передавальній ланці АВ, Н;

l_{AB} – плече прикладання зусилля у важелі АВ, м.

$$F_{AB} = \frac{240}{0,12} = 2000 \text{ Н}$$

Оскільки ланка ВС передає зусилля до вихідного важеля, момент у зоні керування заслінками визначають так:

$$M_D = F_{AB} \cdot l_{CD} \quad (3.9)$$

де M_D – момент на вихідному важелі механізму, Н·м;

l_{CD} – плече вихідного важеля, м.

$$M_D = 2000 \cdot 0,12 = 240 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Сумарне зусилля, яке передається на заслінки, визначають за формулою:

$$P_3 = \frac{M_D}{l_{FG}} \quad (3.10)$$

де P_3 – сумарне зусилля на заслінках, Н;

l_{FG} – плече дії заслінки, м.

$$P_3 = \frac{240}{0,06} = 4000 \text{ Н}$$

На одну заслінку припадає приблизно:

$$\frac{P_3}{2} = \frac{4000}{2} = 2000 \text{ Н}$$

Передаточну здатність важільного механізму за зусиллям оцінюють коефіцієнтом механічного виграшу:

$$k_m = \frac{P_3}{R} \quad (3.11)$$

де k_m – коефіцієнт механічного виграшу важільної системи.

$$k_m = \frac{4000}{300} = 13,3$$

Отримане значення підтверджує, що механізм забезпечує достатній вигреш за зусиллям. Однак при такому передавальному відношенні навіть невелика зміна положення рукоятки може помітно змінювати притискання заслінок, тому регулювання вологості твердої фракції потребує плавності та стабілізації.

Пружинний компенсатор доцільно розраховувати так, щоб він сприймав частину моменту у зоні вихідного важеля. Частку компенсації приймаємо $\psi = 0,30$, тобто пружина повинна компенсувати близько 30 % моменту, необхідного для притискання заслінок. Потрібне зусилля пружини визначають за формулою:

$$F_{\Pi} = \frac{\psi \cdot P_3 \cdot l_{FG}}{l_{HG}} \quad (3.12)$$

де F_{Π} – потрібне зусилля пружинного компенсатора, Н;

ψ – прийнята частка компенсації моменту;

l_{HG} – плече дії пружини відносно осі повороту важеля, м.

Для конструктивного виконання приймаємо $l_{HG} = 0,25$ м.

$$F_{\Pi} = \frac{0,30 \cdot 4000 \cdot 0,06}{0,25} = 288 \text{ Н}$$

Приймаємо початкове натягнення пружини на рівні 300 Н. Для можливості регулювання в межах робочого переміщення приймаємо діапазон зусиль 240...360 Н і робочий хід $s = 0,08$ м. Жорсткість пружини визначають за формулою:

$$c_{\Pi} = \frac{F_{\Pi \max} - F_{\Pi \min}}{s} \quad (3.13)$$

де c_{Π} – жорсткість пружини, Н/м;

$F_{\Pi \max}$ – максимальне зусилля пружини, Н;

$F_{\Pi \min}$ – мінімальне зусилля пружини, Н;

s – робочий хід пружини, м.

$$c_{\Pi} = \frac{(360 - 240)}{0,08} = 1500 \text{ Н/м} = 1,5 \text{ Н/мм}$$

Після встановлення пружинного компенсатора потрібне зусилля оператора на рукоятці визначають за формулою:

$$R_{\text{нов}} = \frac{P_3 \cdot l_{FG} - F_{\text{п}} \cdot l_{HG}}{l_{AA'}} \quad (3.14)$$

де $R_{\text{нов}}$ – зусилля оператора після встановлення пружинного компенсатора, Н.

$$R_{\text{нов}} = \frac{(4000 \cdot 0,06 - 288 \cdot 0,25)}{0,80} = 210 \text{ Н}$$

Порівняно з початковим значенням 300 Н зусилля оператора зменшується приблизно на 30 %. При цьому зусилля залишається достатнім для контрольованого регулювання, а не повністю замінюється пружиною. Це важливо, оскільки оператор повинен мати можливість відчувати зміну опору при ущільненні твердої фракції і своєчасно коригувати положення заслінок.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку механізму регулювання вологості твердої фракції

Параметр	Позначення	Розрахункове значення
Момент на основному важелі	M_A	240 Н·м
Зусилля у ланці АВ	F_{AB}	2000 Н
Момент на вихідному важелі	M_D	240 Н·м
Сумарне зусилля на заслінках	P_3	4000 Н
Зусилля на одну заслінку	$P_3/2$	2000 Н
Коефіцієнт механічного виграшу	k_M	13,3
Потрібне зусилля пружини	$F_{\text{п}}$	288 Н
Прийнята жорсткість пружини	$c_{\text{п}}$	1,5 Н/мм
Зусилля оператора після удосконалення	$R_{\text{нов}}$	210 Н

Запропоноване удосконалення не потребує електричного, гідравлічного або пневматичного привода, тому не ускладнює конструкцію преса і не збільшує витрати енергії. Пружинний компенсатор може бути встановлений на наявний

важільний механізм із мінімальними конструктивними змінами. Регулювання зусилля доцільно виконувати за допомогою різьбової тяги або переставного ланцюгового зачеплення, що дозволяє змінювати попередній натяг залежно від фактичної вологості гною.

Конструктивно пружину необхідно закрити захисним кожухом або розмістити у зоні, недоступній для випадкового контакту оператора. Шарніри механізму повинні мати мастильні точки або втулки, стійкі до корозії та забруднення. Після налаштування положення заслінок фіксується штатним стопорним елементом, а пружина працює як компенсатор коливань і стабілізатор положення.

Таким чином, удосконалений механізм дозволяє знизити ручне зусилля з 300 до 210 Н, підвищити плавність регулювання, зменшити ризик раптового зміщення заслінок і забезпечити стабільніші умови формування твердої фракції. Це позитивно впливає на вологість твердої фракції, навантаження на шнек і рівномірність роботи всього вузла сепарації.

3.5 Висновки до розділу

У розділі виконано технічний аналіз шнекового прес-фільтра S650 «BAUER», який використовується у технологічній лінії видалення та обробки гною свинарської ферми на 600 продуктивних свиноматок. Встановлено, що основними вузлами машини є електродвигун, редуктор, шнек, ситова поверхня, корпус, піддон для рідкої фракції та механізм регулювання виходу твердої фракції.

За результатами перевірки за продуктивністю встановлено, що за пікового добового об'єму рідкого гною 37,0 м³ потрібна годинна продуктивність становить 12,3 м³/год. Прийнятий прес-фільтр продуктивністю 15 м³/год забезпечує коефіцієнт запасу 1,22, а фактична тривалість його роботи за середньодобового навантаження становить близько 2,05 год/добу.

Перевірка за потужністю показала, що потрібна потужність привода становить 4,69 кВт, тоді як встановлена потужність електродвигуна дорівнює 5,5

кВт. Отже, прес-фільтр відповідає умовам роботи ферми за продуктивністю та потужністю привода.

Для підвищення зручності регулювання вологості твердої фракції запропоновано встановити пружинний компенсатор у механізм керування заслінками. Розрахунками встановлено, що за довжини основного важеля 0,80 м і зусилля оператора 300 Н базовий механізм створює сумарне зусилля на заслінках близько 4000 Н. Після введення пружини з попереднім натягом близько 288–300 Н зусилля оператора знижується до 210 Н.

Запропоноване удосконалення є простим у виготовленні, не потребує додаткового енергопривода, може бути реалізоване на базовій конструкції преса і забезпечує стабільніше формування твердої фракції заданої вологості. Це підтверджує працездатність конструктивного рішення та доцільність його використання у дипломному проєкті.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні вимоги ОП при видаленні гною

Видалення гною на свинофермі належить до технологічних процесів з підвищеною санітарною, біологічною та механічною небезпекою. У зоні утримання тварин, у внутрішній каналізації, проміжних гноєзбірниках, біля насосів, мішалок, преса-розділювача та майданчиків подальшого зберігання одночасно діють чинники, які можуть негативно впливати на працівників. Тому охорона праці при виконанні цих операцій повинна бути невід'ємною частиною технології, а не окремим заходом після завершення проєктування.

Гній є біологічно активним середовищем, у якому можуть міститися патогенні та умовно-патогенні мікроорганізми, яйця гельмінтів, залишки кормів, дезінфектантів, мийних засобів і технологічної води. При накопиченні органічної маси відбуваються процеси бродіння та розкладання, унаслідок чого виділяються аміак, сірководень, метан і вуглекислий газ. Найбільшу небезпеку становить сірководень, оскільки він може утворювати небезпечні концентрації у заглиблених або погано вентильованих місцях, а його запах не завжди є надійною ознакою безпечності повітря.

Для тварин своєчасне видалення гною має не лише технологічне, а й зоогігієнічне значення. Забруднення станків і підпідлогових каналів погіршує мікроклімат, збільшує вологість повітря, посилює концентрацію шкідливих газів, сприяє розвитку мух і поширенню інфекційних агентів. Це може знижувати прирости живої маси, погіршувати відтворювальні показники свиноматок, підвищувати захворюваність молодняку та збільшувати витрати на ветеринарні заходи. Для персоналу несвоєчасне прибирання також означає збільшення контакту з біологічним матеріалом і підвищення ризику травмування через слизькі поверхні.

Організація робіт з видалення гною повинна передбачати чіткий розподіл зон: виробничі приміщення, канали і ванни під щільною підлогою, проміжний гноєзбірник, дільниця розділення гною, майданчик карантинування твердої фракції, відстійник або сховище рідкої фракції. Переміщення людей, машин і

потоків гною необхідно організовувати так, щоб оператор не перебував у зоні дії рухомих робочих органів, відкритих люків, руху навантажувача, причепа або навантажувача твердої фракції. (Закон України «Про охорону праці», 1992; ДСТУ EN ISO 12100:2016, 2016).

До основних технічних вимог належать справність огорожень, кришок люків, решіток, настилів, електрозахисту, аварійних вимикачів, запірної арматури, насосів, мішалок і транспортних засобів. Відкриті гноєзбірники, прямки та канали мають бути огорожені або закриті міцними настилами. Робочі майданчики повинні мати неслизьке покриття, достатню освітленість, безпечні підходи та можливість швидкого відходу працівника у разі аварійної ситуації.

Під час проектування і експлуатації системи видалення гною особливу увагу приділяють вентиляції. Перед відкриванням гноєзбірників, запуском мішалок або виконанням робіт біля каналів необхідно забезпечити провітрювання, а за наявності заглиблених ємностей - контролювати склад повітря. Забороняється спускатися у гноєзбірники, канали, закриті резервуари та інші замкнені простори без спеціального дозволу, без контролю газового середовища, страхування та наряду-допуску.

Працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту відповідно до характеру робіт: спецодяг, гумові або полімерні чоботи з неслизькою підошвою, захисні рукавички, окуляри або щиток при промиванні обладнання, респіратор або фільтрувальний засіб захисту органів дихання у запиленій чи газонебезпечній зоні. Після контакту з гноєм необхідно виконувати санітарну обробку рук, змінювати забруднений одяг і не допускати приймання їжі у виробничій зоні.

Електрообладнання насосів, мішалок, преса-розділювача, освітлення і пускової апаратури повинно мати надійне заземлення, захист від вологи та механічних пошкоджень. Керування обладнанням бажано виносити у безпечну зону, з якої оператор бачить основні робочі органи, але не перебуває біля відкритих обертових частин або під навантаженням. Усі ремонтні операції

виконують тільки після повної зупинки, відключення живлення та виключення можливості самовільного пуску.

При роботі з рідким і підстилковим гноєм значну небезпеку створюють мобільні машини: навантажувачі, трактори з причепами, навантажувачі твердої фракції, транспортні засоби для вивезення підстилки. Маршрути їх руху слід позначати, а місця перетину з пішохідними проходами обмежувати. Працівник не повинен перебувати між машиною і нерухомою перешкодою, біля піднятого ковша, у зоні повороту причепа або біля відкритого борта під час завантаження.

Комплекс заходів охорони праці при видаленні гною доцільно будувати за принципом попередження небезпеки: спочатку усувають джерело ризику конструктивними та технологічними рішеннями, потім обмежують доступ до небезпечної зони, після цього застосовують організаційні заходи й засоби індивідуального захисту. Такий підхід дає можливість зменшити залежність безпеки лише від уважності оператора.

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі фактори при видаленні гною

Фактор небезпеки	Можливий прояв	Заходи запобігання
Біологічне забруднення	Контакт із гноєм, аерозолями, забрудненим інвентарем і поверхнями	Застосування спецодягу, рукавичок, санітарна обробка, розділення чистих і брудних зон
Шкідливі гази	Виділення аміаку, сірководню, метану та вуглекислого газу з каналів і гноєзбірників	Вентиляція, заборона входу в ємності без контролю повітря, застосування газоаналізу

Фактор небезпеки	Можливий прояв	Заходи запобігання
Механічне травмування	Захоплення одягу шнеком, мішалкою, насосом, приводом або рухомими частинами машин	Огородження, блокування, зупинка перед обслуговуванням, заборона очищення під час роботи
Слизькі поверхні	Падіння на забруднених проходах, біля прямих, майданчиків завантаження і промивання	Неслизьке покриття, прибирання розливів, освітлення, взуття з рифленою підошвою
Електрична небезпека	Ураження струмом через вологе середовище, пошкодження кабелів або пускової апаратури	Заземлення, захисне вимкнення, огляд кабелів, робота лише зі справним обладнанням
Транспортна небезпека	Наїзд навантажувача, трактора чи причепа, удар ковшем або бортом	Позначення маршрутів, сигналізація, заборона перебування у зоні маневрування
Шум і вібрація	Дія насосів, мішалок, преса-розділювача та мобільної техніки	Технічне обслуговування, справні опори, обмеження часу перебування, засоби захисту слуху

Наведені фактори не є ізольованими. На практиці вони часто поєднуються: наприклад, під час очищення приймального напрямка одночасно діють газова, біологічна, механічна та електрична небезпеки. Тому безпечна робота можлива

лише за умови комплексного виконання вимог до обладнання, приміщення, технологічного режиму та поведінки працівника.

4.2 Вимоги ОП оператора дільниці розділення гною

Оператор дільниці розділення гною забезпечує приймання рідкого гною з проміжного гноєзбірника, контроль роботи фекального насоса, мішалки, преса-розділювача, відведення рідкої фракції у відстійник або сховище та організацію вивантаження твердої фракції на причіп чи майданчик карантинування. Робоче місце оператора повинно бути організоване так, щоб він міг контролювати основні потоки матеріалу, не наближаючись до відкритих рухомих деталей і не перетинаючи траєкторії руху навантажувача.

До самостійної роботи на дільниці допускають працівника, який пройшов вступний та первинний інструктаж, ознайомлений з технологічною схемою, знає порядок пуску і зупинки обладнання, розташування аварійних вимикачів, запірних органів, засобів пожежогасіння, аптечки та засобів зв'язку. Оператор повинен розуміти особливості роботи саме цієї лінії: гній перед подачею на прес переміщується у проміжному гноєзбірнику, насос подає його до преса-розділювача, рідка фракція відводиться окремо, а тверда фракція завантажується для подальшого карантинування або буртування.

Перед початком зміни оператор перевіряє стан проходів, освітлення, огорожень, кришок люків, підходів до приямків, наявність попереджувальних знаків, справність кнопок керування, аварійного вимикача, кабелів і заземлення. Особливу увагу приділяють огляду преса-розділювача: не допускається пуск при знятих кожухах, відкритих оглядових люках, відсутніх болтах кріплення, пошкодженій ситовій поверхні або сторонніх предметах у приймальному вузлі.

Мішалку у гноєзбірнику запускають тільки після перевірки, що біля відкритих люків немає людей, а повітря у зоні робіт провітрене. Під час перемішування не дозволяється нахилитися над відкритою ємністю, опускати інструмент у зону дії робочого органа або виконувати будь-які роботи у приямку. Якщо з'являється різкий запах газів, запаморочення, подразнення очей чи

утруднене дихання, роботу припиняють, обладнання зупиняють із безпечного місця, а працівник виходить на свіже повітря.

Пуск преса-розділювача виконують у послідовності, яка не допускає переповнення приймального вузла: спочатку перевіряють готовність виходів рідкої та твердої фракцій, після цього запускають привід преса, потім подають гній насосом. Оператор спостерігає за рівномірністю подачі, станом витікання фільтрату, формуванням твердої фракції на виході, шумом редуктора і вібрацією корпусу. У разі різкої зміни звуку, зупинки шнека, зменшення відтоку рідкої фракції або підтікання через ущільнення обладнання потрібно зупинити.

Під час роботи преса забороняється відкривати кожухи, торкатися шнека, сита, регулювального механізму та обертових деталей, видаляти налипання руками, просовувати інструмент у вхідний або вихідний отвір, стояти перед виходом твердої фракції, а також змінювати положення регулювальних елементів без зупинки, якщо це не передбачено конструкцією і інструкцією виробника. Регулювання вологості твердої фракції повинно виконуватися плавно, без ривків і без перевищення допустимого зусилля на важелі або гвинтовому механізмі.

При роботі з твердою фракцією необхідно враховувати, що вона ще зберігає біологічну активність і може бути джерелом зараження. Навантаження у причіп або на карантинний майданчик виконують так, щоб тверда фракція не розсипалася на проходи і не потрапляла у чисту зону. Якщо застосовується фронтальний навантажувач, оператор ділянки не повинен перебувати перед ковшем, під піднятим робочим органом, між навантажувачем і причепом, а також у зоні заднього ходу машини.

Рідка фракція після сепарації відводиться трубопроводом або лотком у відстійник. Не допускається самовільне відкривання засувки, перепуск рідкої фракції у непідготовлені ємності або скидання на ґрунт біля ділянки. Пролиту рідину необхідно негайно локалізувати, засипати абсорбуючим матеріалом або змити у технологічний стік, після чого місце промити та позначити до повного усунення слизькості.

Таблиця 4.2 – Вимоги безпечної роботи оператора дільниці розділення гною

Етап роботи	Дії оператора	Основна вимога безпеки
Підготовка робочого місця	Оглянути проходи, освітлення, кришки люків, огороження, засоби зв'язку та аварійного вимкнення	Не починати роботу при відкритих приямках, пошкоджених огороженнях або відсутності освітлення
Підготовка обладнання	Перевірити насос, мішалку, прес-розділювач, редуктор, кріплення, стан сита і виходів фракцій	Пуск заборонено при відкритих кожухах, сторонніх предметах або несправному електрозахисті
Пуск лінії	Запустити прес, перевірити відвід рідкої та твердої фракцій, після цього подати гній насосом	Не допускати переповнення приймального вузла і роботи без відведення фільтрату
Робота преса	Контролювати рівномірність подачі, шум, вібрацію, температуру приводу та якість виходу фракцій	Не торкатися рухомих частин, не очищати сито і вихідний отвір під час роботи
Регулювання вологості	Змінювати положення регулювального механізму плавно, відповідно до технологічної потреби	Не перевищувати допустиме зусилля, не виконувати регулювання у небезпечній зоні

Етап роботи	Дії оператора	Основна вимога безпеки
Робота з твердою фракцією	Організувати безпечне вивантаження у причіп або на карантинний майданчик	Не перебувати під ковшем, між навантажувачем і причепом, у зоні заднього ходу
Зупинка і очищення	Зупинити подачу, звільнити робочу камеру, вимкнути живлення, очистити майданчик	Очищення виконувати тільки після повної зупинки і виключення повторного пуску
Аварійна ситуація	Натиснути аварійний вимикач, припинити подачу, відійти у безпечну зону, повідомити відповідальну особу	Не усувати несправність руками і не входити у газонебезпечні ємності без дозволу та страхування

Технічне обслуговування ділянки виконують після зупинки подачі, повного звільнення робочої камери від надлишкового матеріалу, вимкнення електроживлення і вивішування попереджувального напису про заборону пуску. Очищення ситової поверхні проводять штатним інструментом, щітками або промиванням, не допускаючи ударів, які можуть пошкодити отвори чи клиноподібні щілини. Заміна сита, підтягування кріплень, огляд шнека та регулювального вузла виконуються тільки після повної зупинки рухомих частин.

Після закінчення роботи оператор припиняє подачу гною, дає пресу короткий час попрацювати для звільнення робочої камери, зупиняє привід, вимикає насос і мішалку, очищає майданчик від налипань, перевіряє відсутність підтікання, закриває люки і кришки, прибирає інструмент та повідомляє

відповідальну особу про виявлені несправності. Спецодяг і засоби захисту очищають у встановленому місці, а руки та відкриті ділянки шкіри миють із застосуванням мийних засобів.

У разі аварійної ситуації головним завданням є припинення дії небезпечного фактора. При заклинюванні шнека, обриві ланцюга або паса, пошкодженні кабелю, появі диму, іскріння, сильній вібрації, різкому викиді гною або потраплянні стороннього предмета в прес необхідно натиснути аварійний вимикач, зупинити насосну подачу, не наближатися до рухомих деталей до їх повної зупинки і повідомити керівника робіт. Якщо працівник отруївся газами або втратив свідомість біля гноєзбірника, заборонено самотійно спускатися за ним без страхування і засобів захисту; необхідно викликати допомогу, організувати провітрювання і винести потерпілого лише безпечним способом.

На дільниці розділення гною необхідно підтримувати постійний порядок: запасні частини, інструмент, шланги, кабелі та засоби промивання не повинні лежати на проходах. Підлога біля преса, гноєзбірника і місць завантаження твердої фракції повинна очищатися від нашарувань, оскільки навіть невеликий шар вологої органічної маси різко знижує зчеплення взуття з поверхнею. Для попередження помилкового пуску обладнання пульт керування повинен мати чіткі написи, а кнопки аварійної зупинки - бути доступними без наближення до небезпечної зони.

Особливістю роботи оператора є необхідність одночасно контролювати механічний процес сепарації і санітарний стан потоку. Якщо у гної з'являються каміння, металеві предмети, великі шматки підстилки або інші домішки, подачу слід припинити до з'ясування причини. Пропускання сторонніх предметів через насос і шнек може призвести не тільки до поломки обладнання, а й до раптового викиду матеріалу, пошкодження сита або аварійної зупинки приводу.

Працівник повинен пам'ятати, що засоби індивідуального захисту не замінюють технічних заходів безпеки. Спецодяг, рукавички і взуття зменшують наслідки контакту з гноєм, але не захищають від захоплення шнеком або отруєння газами при порушенні правил роботи з ємностями. Тому основними

умовами безпечної експлуатації залишаються справне обладнання, огороження небезпечних місць, контроль повітряного середовища, вентиляція і дисципліна під час пуску, роботи та обслуговування.

4.3 Висновки

Охорона праці при видаленні гною повинна розглядатися як складова технологічного процесу, оскільки своєчасне і кероване переміщення гнойової маси впливає не лише на санітарний стан приміщень, а й на безпеку персоналу, мікроклімат, продуктивність і здоров'я свиней.

Основними небезпечними факторами на дільниці є біологічне забруднення, виділення шкідливих газів, дія рухомих робочих органів насосів, мішалок і преса-розділювача, слизькі поверхні, вологе електротехнічне середовище та рух мобільної техніки. Для їх зниження необхідні вентиляція, огороження, справний електрозахист, контроль стану проходів, застосування засобів індивідуального захисту та чітка організація маршрутів руху.

Для оператора дільниці розділення гною найбільш важливими є правильна послідовність пуску і зупинки обладнання, заборона очищення рухомих органів під час роботи, безпечне регулювання виходу твердої фракції, контроль відтоку рідкої фракції та недопущення перебування людей у зоні маневрування навантажувача і причепа.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Техніко-економічну оцінку виконано для визначення доцільності впровадження удосконаленого механізму регулювання вологості твердої фракції у складі шнекового преса-сепаратора технологічної лінії видалення та обробки гною. Порівнюються два варіанти: базовий прес-сепаратор зі штатним ручним механізмом регулювання та удосконалений варіант, у якому застосовано пружинний компенсатор зусилля на заслінках. Оцінювання проведено за експлуатаційними витратами без наведення ходу розрахунків і формул, оскільки в цьому розділі основну увагу приділено результату впровадження. (USDA NRCS, 2018; MidWest Plan Service, 1993).

Економічний ефект очікується не через зміну принципу сепарації, а за рахунок стабілізації режиму роботи вихідного вузла. Пружинний компенсатор зменшує різкі зміни протитиску, полегшує регулювання вологості твердої фракції, знижує кількість повторних налаштувань, скорочує час очищення вихідної зони та зменшує навантаження на шарніри і регулювальні елементи. Крім того, більш стабільна вологість твердої фракції зменшує витрати на її подальше навантаження, транспортування і буртування.

5.1 Вихідні дані

Вихідні дані прийнято відповідно до розробленої технологічної лінії для свинарської ферми закінченого циклу виробництва на 600 продуктивних свиноматок. Для оцінки враховано середньодобовий обсяг рідкого гною, режим роботи преса-сепаратора, частку твердої фракції після розділення, вартість виконання удосконалення та основні експлуатаційні статті витрат. Узагальнені вихідні показники наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для техніко-економічної оцінки

Показник	Базовий варіант	Удосконалений варіант
Об'єкт оцінювання	Шнековий прес-сепаратор S650	Шнековий прес-сепаратор S650 з пружинним компенсатором
Розрахунковий добовий обсяг рідкого гною, м³/добу	30,8	30,8
Пікове добове навантаження, м³/добу	37,0	37,0
Продуктивність преса-сепаратора, м³/год	15,0	15,0
Середня тривалість роботи преса, год/добу	2,1	2,1
Розрахункова кількість робочих днів, днів/рік	365	365
Частка твердої фракції після сепарації, %	15	15
Середня вологість твердої фракції, %	75	70
Витрати часу на контроль, регулювання та очищення, люд.-год/добу	1,12	0,71
Вартість людино-години з нарахуваннями, грн/люд.-год	125	125
Тариф на електроенергію, грн/кВт·год	8,0	8,0

Показник	Базовий варіант	Удосконалений варіант
Річні витрати на ТО та ремонт, тис. грн/рік	47,0	39,5
Вартість транспортно-навантажувальних робіт з твердою фракцією, грн/м ³	55	55
Додаткові капітальні вкладення, тис. грн	-	28,0
Прийнятий строк амортизації удосконалення, років	-	5

Вихідні показники відображають порівняльний характер оцінки. Прийняте удосконалення не потребує додаткового електропривода, гідравлічної чи пневматичної системи, тому воно не ускладнює енергетичне забезпечення ділянки. Основні витрати на впровадження пов'язані з виготовленням механічних деталей, монтажем та налаштуванням пружинного вузла.

5.2 Результати оцінки

Результати оцінки наведено за основними статтями експлуатаційних витрат. У базовому варіанті більша частина додаткових витрат пов'язана з ручним регулюванням, повторним очищенням вихідної зони преса, періодичним переналаштуванням вологості твердої фракції та вищими витратами на технічне обслуговування. В удосконаленому варіанті частина цих витрат знижується завдяки більш плавному створенню протитиску та меншій залежності процесу від разових дій оператора.

Таблиця 5.2 – Результати техніко-економічної оцінки впровадження удосконалення

Показник	Базовий варіант	Удосконалений варіант	Результат порівняння
Витрати праці на контроль, регулювання та очищення, люд.-год/рік	410	260	Скорочення на 150 люд.-год/рік
Витрати на оплату праці з нарахуваннями, тис. грн/рік	51,3	32,5	Економія 18,8 тис. грн/рік
Витрати електроенергії вузлом сепарації, кВт·год/рік	8600	8050	Зниження через меншу кількість повторних пусків і перевантажень
Витрати на електроенергію, тис. грн/рік	68,8	64,4	Економія 4,4 тис. грн/рік
Витрати на технічне обслуговування та ремонт, тис. грн/рік	47,0	39,5	Економія 7,5 тис. грн/рік
Транспортно-навантажувальні роботи з твердою фракцією, тис. грн/рік	92,7	84,8	Економія 7,9 тис. грн/рік за рахунок стабільнішої вологості
Амортизаційні відрахування за удосконаленням, тис. грн/рік	-	5,6	Додаткові річні витрати для удосконаленого варіанта
Загальні експлуатаційні витрати, тис. грн/рік	259,8	226,8	Зменшення на 33,0 тис. грн/рік

Показник	Базовий варіант	Удосконалений варіант	Результат порівняння
Додаткові одноразові капітальні вкладення, тис. грн	-	28,0	Вартість впровадження удосконаленого вузла
Річний економічний ефект, тис. грн/рік	-	-	33,0
Орієнтовний термін окупності, років	-	-	0,85

Отримані результати показують, що запропоноване удосконалення є економічно доцільним навіть за відносно невеликої вартості зміни конструкції. Найбільшу частку ефекту формує скорочення витрат праці оператора, зменшення витрат на технічне обслуговування та зниження обсягу робіт з переміщення твердої фракції. Енергетичний ефект має допоміжний характер, оскільки удосконалення не змінює основного привода преса, але сприяє рівномірнішій роботі без зайвих повторних пусків і зупинок.

Практичне значення результату полягає в тому, що пружинний компенсатор не потребує складної системи керування, окремого джерела енергії або суттєвої зміни конструкції преса. Його можна виготовити у ремонтній майстерні господарства або встановити під час планового технічного обслуговування. За прийнятих умов додаткові капітальні вкладення окуповуються менш ніж за один рік, після чого удосконалення забезпечує щорічне зменшення експлуатаційних витрат.

5.3 Висновки до розділу

У розділі виконано техніко-економічну оцінку впровадження удосконаленого механізму регулювання вологості твердої фракції шнекового

преса-сепаратора. Порівняння проведено для базового варіанта преса та варіанта з пружинним компенсатором без наведення ходу розрахунків і формул.

Встановлено, що удосконалення не змінює паспортну продуктивність преса-сепаратора, але покращує стабільність роботи вихідного вузла, полегшує регулювання протитиску, зменшує потребу в повторному ручному налаштуванні та знижує витрати на очищення і технічне обслуговування.

Загальні експлуатаційні витрати зменшуються з 259,8 до 226,8 тис. грн/рік. Річний економічний ефект становить 33,0 тис. грн/рік, а орієнтовний термін окупності додаткових капітальних вкладень у сумі 28,0 тис. грн становить 0,85 року.

Отже, запропоноване удосконалення є економічно виправданим для прийнятої технологічної лінії видалення та обробки гною, оскільки забезпечує швидке повернення вкладень, зменшує експлуатаційні витрати і підвищує стабільність роботи ділянки розділення гною.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті розглянуто питання розробки технологічного процесу видалення гною на свинофермі з удосконаленням шнекового преса-сепаратора. Встановлено, що своєчасне та якісне видалення гною є важливою умовою підтримання належного санітарного стану приміщень, зменшення шкідливих газових виділень, покращення мікроклімату та забезпечення високої продуктивності тварин.

На основі аналізу сучасних технологій видалення та обробки гною обґрунтовано доцільність використання системи збирання рідкого гною з подальшим його подаванням у проміжний гноєзбірник, перемішуванням, насосним транспортуванням і розділенням на тверду та рідку фракції. Така схема дає змогу зменшити об'єм маси, що підлягає зберіганню, полегшити подальше використання органічних відходів і підвищити технологічну керованість процесу.

Виконано розрахунок основних технологічних параметрів процесу для ферми закінченого циклу виробництва на 600 продуктивних свиноматок. Визначено добовий вихід гною, потребу в проміжних ємностях, насосному обладнанні, засобах перемішування та сепарації. Прийняті технічні рішення забезпечують безперервну та надійну роботу лінії видалення й обробки гною.

Запропоновано удосконалення шнекового преса-сепаратора, спрямоване на покращення регулювання вологості твердої фракції. Розрахунками підтверджено працездатність запропонованого механізму, а також відповідність сепаратора умовам роботи ферми за продуктивністю та потужністю привода.

У розділі охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі чинники під час роботи дільниці видалення і розділення гною. Запропоновано вимоги безпечної експлуатації обладнання, організації робочого місця, застосування засобів індивідуального захисту та дотримання санітарно-гігієнічних умов праці.

Техніко-економічна оцінка показала доцільність впровадження запропонованого удосконалення, оскільки воно забезпечує зниження експлуатаційних витрат, підвищення ефективності роботи сепаратора та скорочення витрат на подальше поводження з гноєм. Отримані результати підтверджують практичну цінність розробленого технологічного процесу та запропонованого технічного рішення.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. BAUER GmbH. (n.d.). Separator S655 / S855. Retrieved May 29, 2026, from https://www.bauer-br.com/wp-content/uploads/sites/8/BAU_018_04-FD-Separator-S655-S855-EN_preview.pdf
2. Chastain, J. P., Vanotti, M. B., & Wingfield, M. M. (2001). Removal of solids and major plant nutrients from swine manure using a screw press separator. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
3. Commission Implementing Decision (EU) 2017/302 of 15 February 2017 establishing best available techniques (BAT) conclusions for the intensive rearing of poultry or pigs. (2017). Official Journal of the European Union, L 43, 231–279. https://eur-lex.europa.eu/eli/dec_impl/2017/302/oj/eng
4. Ecoflock. (n.d.). Пресо-шнековий сепаратор EYS SP. Retrieved May 29, 2026, from <https://www.ecoflock.com.ua/ua/shnekovij-separator.html>
5. European Commission, Joint Research Centre. (2017). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs. Publications Office of the European Union. https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/JRC107189_IRPP_Bref_2017_published.pdf
6. FAN Separator GmbH. (n.d.). Separator PSS 1.2 and 3.2. Retrieved May 29, 2026, from <https://www.fan-separator.de/en/product/separators-pss/separator-pss-1-2-and-3-2/>
7. International Atomic Energy Agency. (2008). Guidelines for sustainable manure management in Asian livestock production systems (IAEA-TECDOC-1582). IAEA. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE_1582_web.pdf
8. Møller, H. B., Lund, I., & Sommer, S. G. (2002). Solid-liquid separation of livestock slurry: Efficiency and cost. *Bioresource Technology*, 85(3), 223–229.
9. MidWest Plan Service. (1993). *Livestock waste facilities handbook* (3rd ed., MWPS-18). Iowa State University.

10. Pork Information Gateway. (2005). Solids separation in manure handling systems. <https://porkgateway.org/wp-content/uploads/2015/07/solids-separation-in-manure-handling-systems.pdf>

11. USDA Natural Resources Conservation Service. (2018). Chapter 4: Solid-liquid separation alternatives for manure handling and treatment. In Agricultural waste management field handbook. <https://directives.nrcs.usda.gov/sites/default/files2/1712930729/29499.pdf>

12. ДСТУ EN ISO 12100:2016. (2016). Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зниження ризиків.

13. Закон України «Про охорону праці» № 2694-XII. (1992). Верховна Рада України. <https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12>

14. Закон України «Про управління відходами» № 2320-IX. (2022). Верховна Рада України. <https://zakon.rada.gov.ua/go/2320-20>

ДОДАТКИ

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

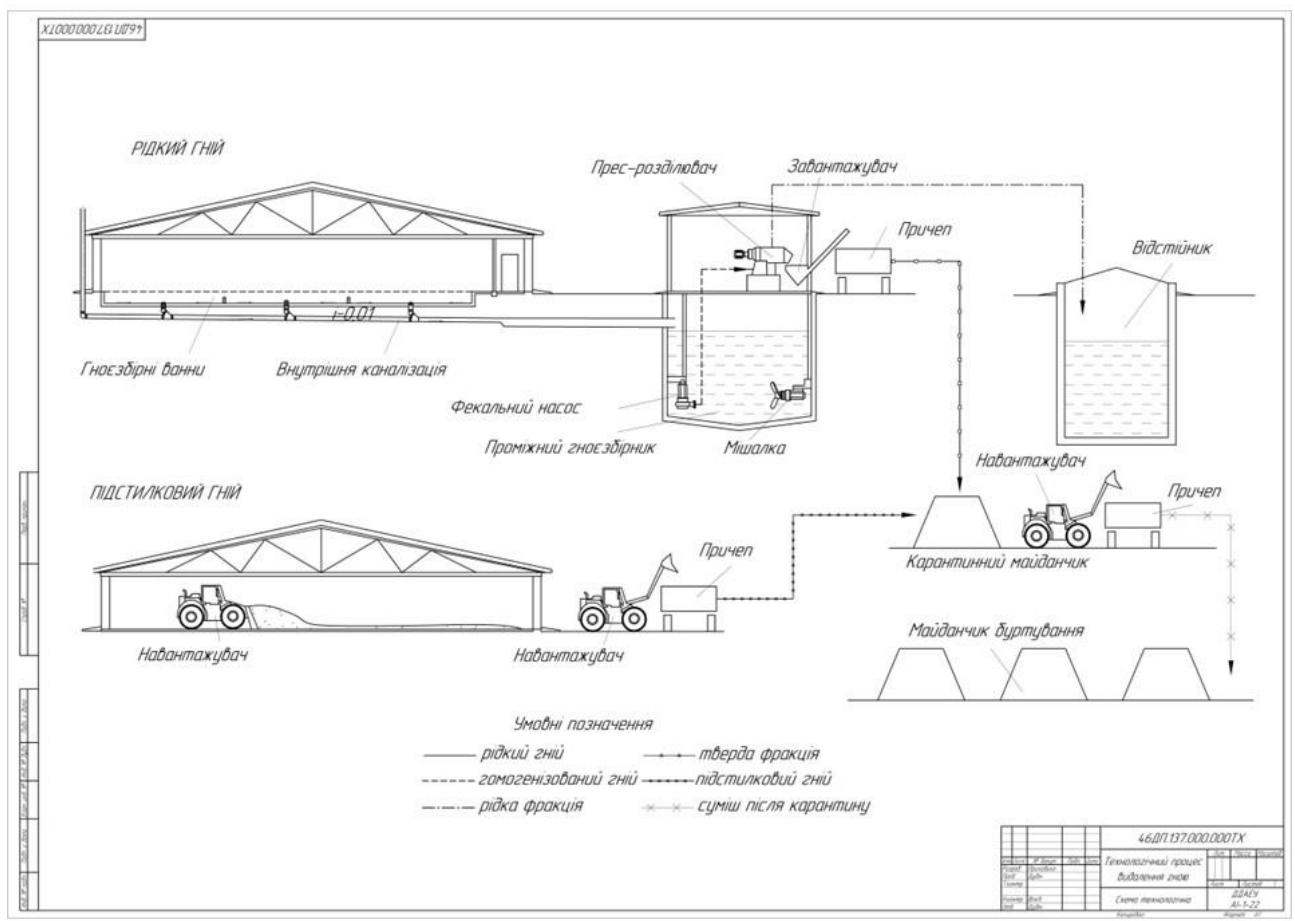
**Розробка технологічного процесу видалення гною з
удосконаленням шнекового преса-сепаратора**

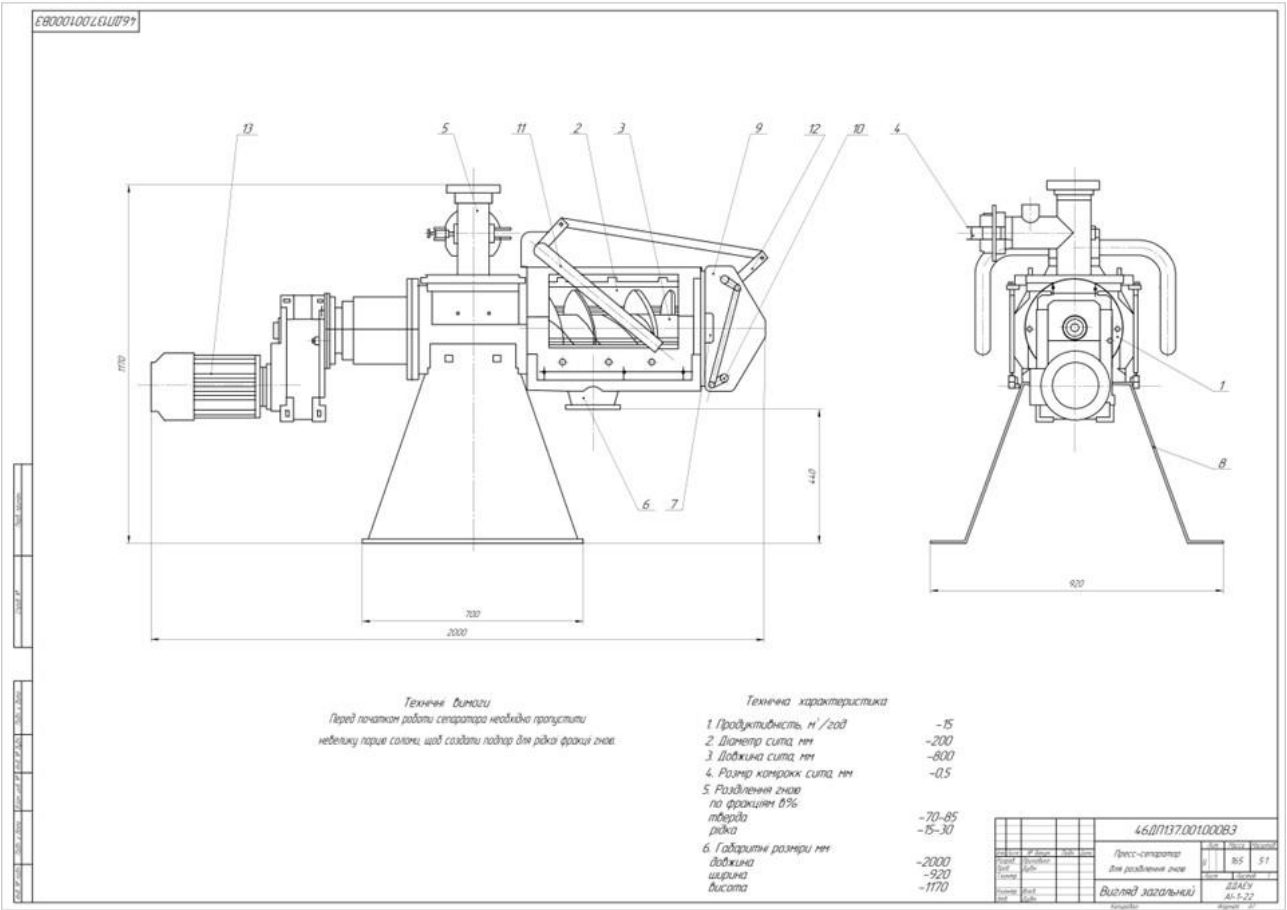
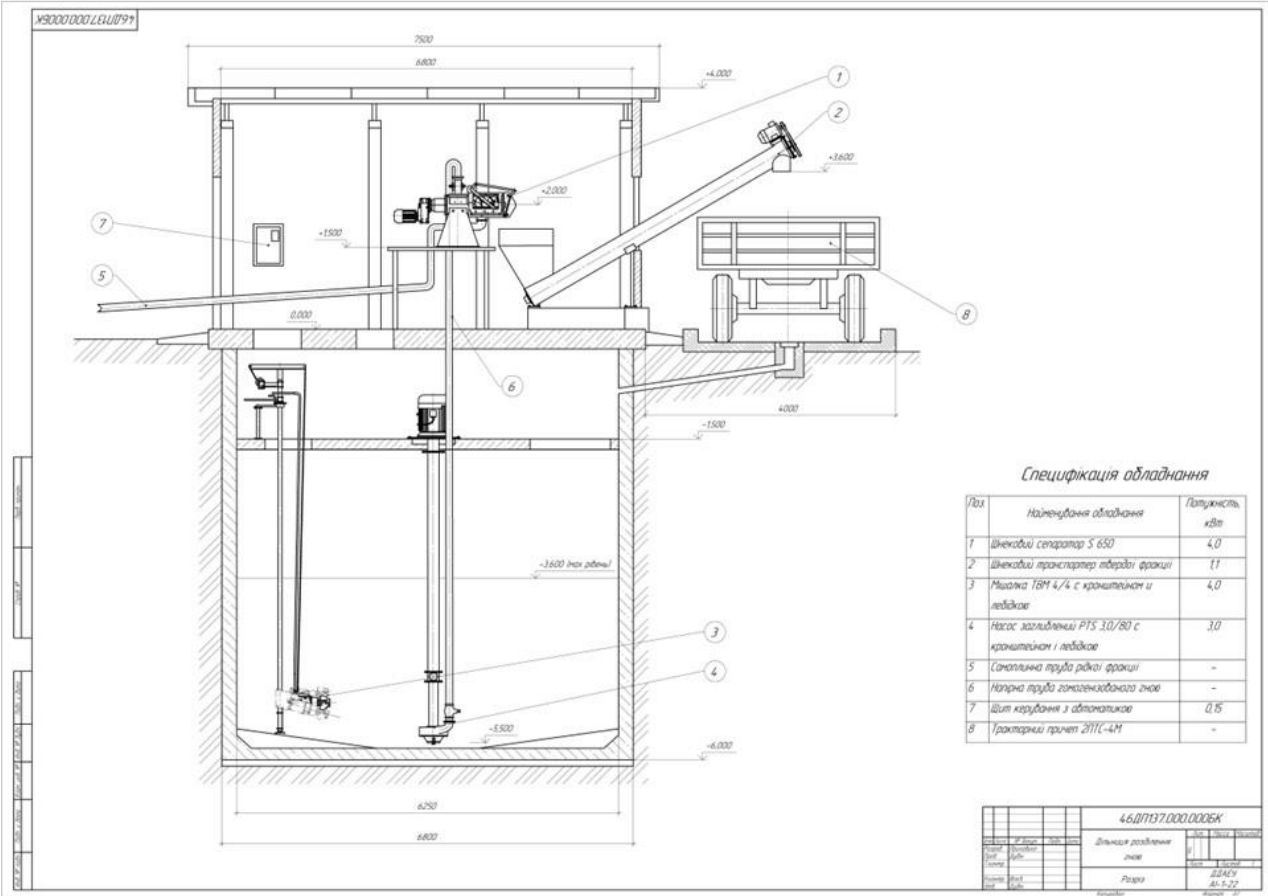
демонстраційний матеріал до дипломного проєкту рівня вищої освіти «Бакалавр»

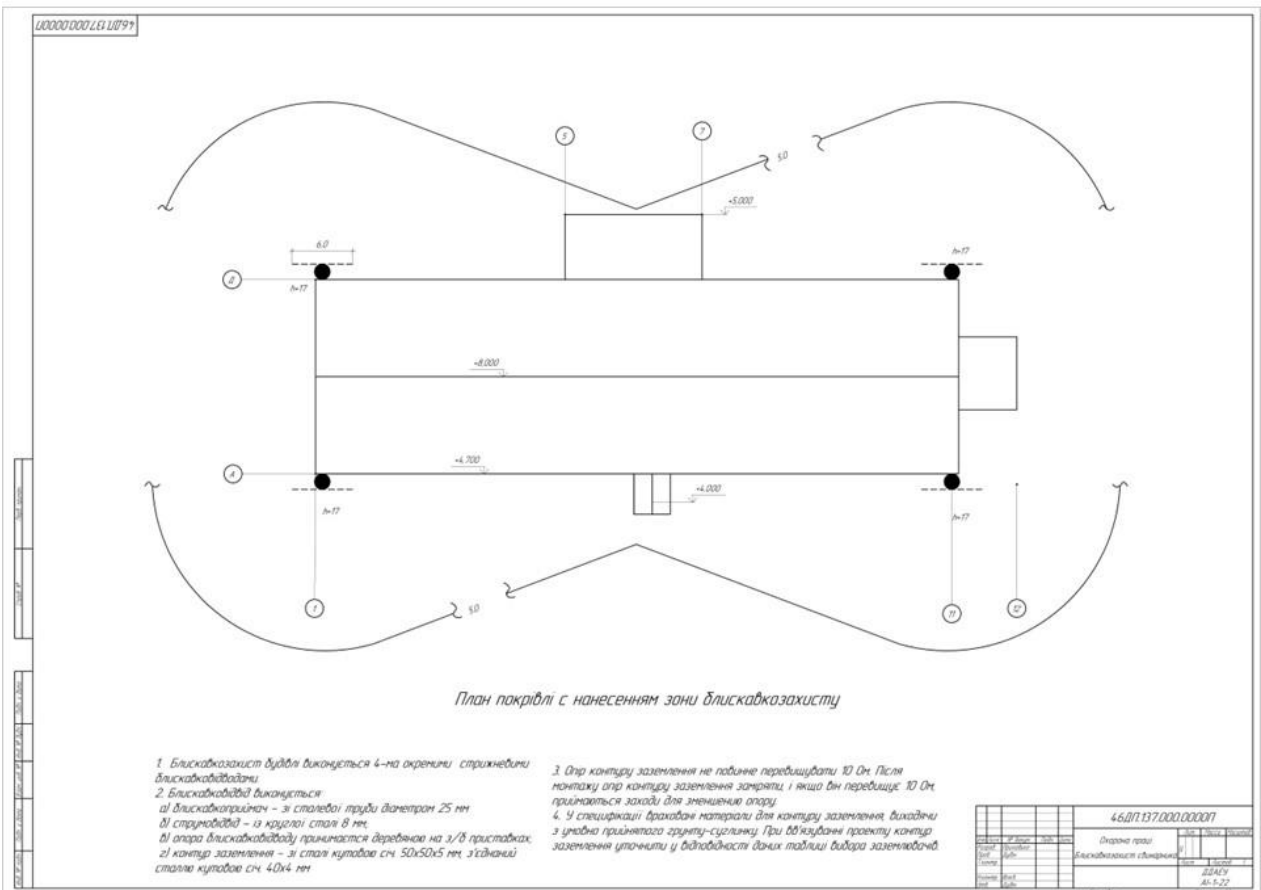
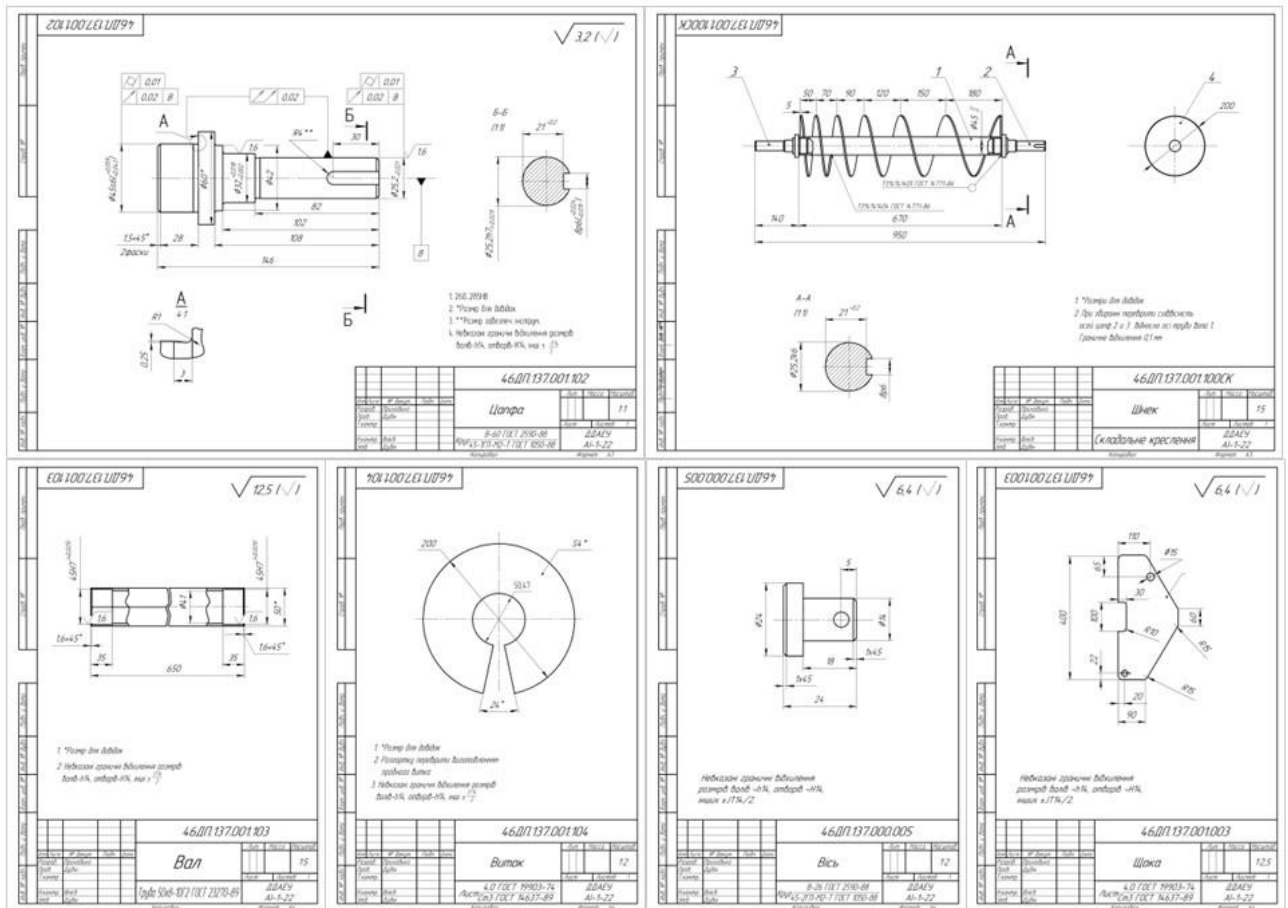
Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-1-22
Приходько Ярослав Вадимович

Керівник: к.т.н., доцент
Дудін Володимир Юрійович

Дніпро-2026







46.01137.000.000.007			
Показник	Базовий варіант	Удосконалений варіант	Результат порівняння
Витрати праці на контроль, регулювання та очищення, люд.-год/рік	410	260	Скорочення на 150 люд.-год/рік
Витрати на оплату праці з нарахуваннями, тис. грн/рік	51,3	32,5	Економія 18,8 тис. грн/рік
Витрати електроенергії вузлом сепарації, кВт·год/рік	8600	8050	Зниження через меншу кількість повторних пусків і перевантажень
Витрати на електроенергію, тис. грн/рік	68,8	64,4	Економія 4,4 тис. грн/рік
Витрати на технічне обслуговування та ремонт, тис. грн/рік	47,0	39,5	Економія 7,5 тис. грн/рік
Транспортно-навантажувальні роботи з твердою фракцією, тис. грн/рік	92,7	84,8	Економія 7,9 тис. грн/рік за рахунок стабільнішої вологості
Амортизаційні відрахування за удосконаленням, тис. грн/рік	-	5,6	Додаткові річні витрати для удосконаленого варіанта
Загальні експлуатаційні витрати, тис. грн/рік	259,8	226,8	Зменшення на 33,0 тис. грн/рік
Додаткові одноразові капітальні вкладення, тис. грн	-	28,0	Вартість впровадження удосконаленого вузла
Річний економічний ефект, тис. грн/рік	-	-	33,0
Орієнтовний термін окупності, років	-	-	0,85

46.01137.000.000.007	Економічний показник	одиниця виміру	значення
Економія	тис. грн	рік	33,0
Вартість	тис. грн	рік	28,0
Термін окупності	роки		0,85