

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

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

**Модернізація технологічного процесу видалення гною на
свинофермі з розробкою преса-сепаратора**

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу, групи АІ-3-22
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Шевченко Денис Олександрович

Керівник: _____ Івлєв Віталій Володимирович

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**

Шевченко Денис Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Модернізація технологічного процесу видалення гною на свинофермі з розробкою преса-сепаратора

керівник проєкту Івлєв Віталій Володимирович, 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 видалення рідкого гною на свинофермах. 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. Модернізація технологічного процесу видалення гною на свинофермі. 3. Розробка преса-сепаратора гною. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка. Загальні висновки. Бібліографія

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Технологічна схема лінії (А1). 2. Технологічна схема преса (А1). 3. Прес-сепаратор (А1). 4. Шнек (А3). 5. Підшипниковий вузол (А3). 6. Цапфа (А3). 7. Охорона праці (А1). 8. Техніко-економічна оцінка (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Івлєв В.В., 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 22.05.2026 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2026 р.	

Здобувач

(підпис)

Шевченко Д. О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Івлєв В.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Шевченко Д. О. Модернізація технологічного процесу видалення гною на свинофермі з розробкою преса-сепаратора / Дипломний проєкт на здобуття ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У дипломному проєкті розглянуто питання модернізації технологічного процесу видалення гною на свинофермі з розробкою удосконаленого преса-сепаратора. Проаналізовано існуючі технології видалення, транспортування, зберігання та розділення рідкого гною на фракції. Запропоновано модернізовану технологічну схему процесу, яка передбачає використання преса-сепаратора для зменшення обсягу рідкої фракції та підвищення ефективності подальшого використання органічних відходів.

Розроблено конструктивне удосконалення преса-сепаратора шляхом встановлення віброущільнювача у завантажувальній зоні та зміни кроку шнека в зоні віджимання. Наведено основні технічні й технологічні розрахунки, розроблено заходи з охорони праці та виконано техніко-економічну оцінку запропонованого рішення.

Ключові слова: свиноферма, гній, видалення гною, прес-сепаратор, шнек, віброущільнювач, тверда фракція, рідка фракція, модернізація, техніко-економічна оцінка.

Зміст

ВСТУП	8
1 Аналіз стану питання	10
1.1 Огляд технологій видалення та утилізації рідкого гною свиней	10
1.2 Засоби для розділення рідкого гною на фракції	13
1.3 Огляд конструкцій шнекових сепараторів гною	16
1.4 Висновки до розділу	19
2 Модернізація технологічного процесу видалення гною на свинофермі....	20
2.1 Обґрунтування важливості питання.....	20
2.2 Вихідні дані та зоотехнічні вимоги.....	21
2.3 Розробка технологічної схеми процесу	23
2.4 Розрахунок технічних та технологічних параметрів процесу.....	25
2.5 Висновки до розділу	31
3 Розробка преса-сепаратора гною.....	32
3.1 Обґрунтування необхідності удосконалення	32
3.2 Вихідні дані.....	33
3.3 Розробка варіанту удосконалення	35
3.4 Розрахунок конструкційно-технологічних параметрів.....	37
3.5 Висновки до розділу	46
4 Охорона праці.....	47
4.1 Загальні вимоги охорони праці при видаленні гною	47
4.2 Вимоги охорони праці при роботі пресом-сепаратором.....	49
4.3 Висновки до розділу	52
5 Техніко-економічна оцінка	53
5.1 Вихідні дані.....	53

5.2 Результати розрахунків економічних показників.....	55
5.3 Висновки до розділу	57
Загальні висновки.....	58
Бібліографія	60
Додатки.....	63

ВСТУП

Ефективне функціонування сучасних свиноферм значною мірою залежить від рівня механізації основних виробничих процесів, серед яких важливе місце займає видалення, транспортування, зберігання та подальше використання гною. Утримання свиней на щільній підлозі дає змогу автоматизувати процес надходження гною у підпідлогові канали, однак подальше поводження з рідкою гнойовою масою залишається складним технологічним завданням. Традиційне зберігання рідкого гною у лагунах-відстійниках потребує значних площ, супроводжується втратами поживних речовин, утворенням неприємних запахів і підвищеним екологічним навантаженням на навколишнє середовище [1, 2].

Одним із перспективних напрямів удосконалення технологічного процесу видалення гною є його механічне розділення на тверду та рідку фракції. Такий підхід дозволяє зменшити об'єм рідкої маси, що підлягає зберігання, спростити транспортування твердої фракції, покращити умови подальшого використання органічних добрив і підвищити санітарно-екологічну безпеку виробництва. Особливий практичний інтерес становлять шнекові преси-сепаратори, які відзначаються порівняно простою конструкцією, безперервністю роботи та можливістю регулювання вологості твердої фракції [4, 7].

Разом із тим, серійні конструкції пресів-сепараторів не завжди забезпечують достатню продуктивність та необхідний ступінь віджимання рідкої фракції під час роботи з гноєм неоднорідної консистенції. Це зумовлює потребу в удосконаленні окремих робочих органів машини, зокрема завантажувальної зони та зони пресування. Доцільним є застосування віброущільнювача у зоні подачі гною та зміна параметрів шнека з метою підвищення тиску в зоні віджимання.

Метою дипломного проєкту є модернізація технологічного процесу видалення гною на свинофермі шляхом розробки удосконаленого преса-сепаратора, який забезпечує підвищення ефективності розділення рідкого гною на фракції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати сучасні технології видалення та утилізації гною на свинофермах;

обґрунтувати доцільність застосування механічного розділення гною на фракції; розробити модернізовану технологічну схему процесу видалення гною; запропонувати конструктивне удосконалення преса-сепаратора; визначити основні конструкційно-технологічні параметри машини; розробити заходи з охорони праці під час експлуатації обладнання; виконати техніко-економічну оцінку запропонованого рішення.

Об'єктом дослідження є технологічний процес видалення та підготовки гною до подальшого використання на свинофермі.

Предметом дослідження є конструкційно-технологічні параметри преса-сепаратора гною та їх вплив на ефективність розділення рідкої гнойової маси на фракції.

Практичне значення дипломного проєкту полягає у розробці технічного рішення, спрямованого на підвищення продуктивності процесу сепарації, зменшення вологості твердої фракції, скорочення обсягів рідкого гною для зберігання та покращення умов експлуатації технологічної лінії видалення гною на свинофермі.

1 Аналіз стану питання

Раціональна організація видалення, обробки та використання гною є однією з ключових умов стабільної роботи свиноферми. На відміну від підстилкового гною, який має більшу частку сухої речовини і може переміщуватися транспортерними або навантажувальними засобами, рідкий гній свиней являє собою неоднорідну суспензію фекалій, сечі, залишків корму, води для миття та технологічних домішок. Його висока вологість полегшує перекачування, але одночасно збільшує обсяг накопичення, витрати на транспортування та навантаження на гноєсховища. Тому модернізація процесу видалення гною має розглядатися не як заміна окремої машини, а як удосконалення всієї технологічної лінії - від місця утворення відходів у приміщенні до розділення їх на фракції і подальшого використання.

Відомчі норми технологічного проєктування ВНТП-АПК-09.06 визначають системи видалення, обробки, підготовки та використання гною як окремий комплекс технологічних рішень, що повинен забезпечувати санітарно-ветеринарну безпеку, безперервність виробничого процесу та можливість подальшого агрономічного використання органічних добрив [1]. У європейській практиці питання збирання, зберігання, переробки та внесення гною також розглядається як складова найкращих доступних технологій для інтенсивного вирощування свиней і птиці [2, 3]. Це підтверджує актуальність вибору таких технічних засобів, які одночасно знижують трудомісткість, поліпшують санітарний стан приміщень і підвищують керованість поживними речовинами у гної.

1.1 Огляд технологій видалення та утилізації рідкого гною свиней

На свинофермах застосовують декілька принципових схем видалення гною. Найпростішими є самопливні системи, в яких гній через щілинну підлогу або канали надходить у підпідлогові ванни, а потім періодично випускається у приймальний колектор. Такі системи мають відносно невелику кількість рухомих

елементів і можуть працювати з мінімальними енергетичними витратами. Водночас їх ефективність істотно залежить від ухилів каналів, рівномірності надходження рідини, наявності змивної води, стану поверхонь і своєчасності видалення осаду. За тривалого перебування гною в каналах посилюються процеси анаеробного розкладання, утворення аміаку, сірководню та запахів, а частина органічної речовини переходить у розчинену форму, що погіршує ефективність подальшого механічного розділення [4].

У сучасних свинарниках поширені системи з щільною підлогою і підпідлоговими каналами. Їх перевагою є зменшення ручної праці та можливість автоматизованого виведення рідкої маси з приміщення. Однак сама наявність каналів не вирішує проблему подальшої утилізації. Рідкий гній необхідно перекачати в приймальну ємність, гомогенізувати, видалити грубі домішки, а потім направити на накопичення, біологічне знезараження, сепарацію або інший спосіб переробки. Якщо ці операції не пов'язані в єдину технологічну лінію, виникають типові недоліки: замулення каналів, перевитрата води, засмічення насосів, нерівномірне навантаження на гноєсховище і підвищені витрати на вивезення.

Змивні системи використовують потік води або рідкої фракції для переміщення гною з каналів. Вони забезпечують інтенсивне очищення, але збільшують загальний обсяг стоків. Для свиноферм це є суттєвим недоліком, оскільки кожен додатковий кубічний метр води надалі потрібно зберігати, перекачувати, транспортувати або очищати. У разі відсутності власних площ для внесення органічних добрив перевищення обсягу рідкої фракції стає не лише технологічною, а й екологічною та економічною проблемою. Тому сучасні підходи орієнтуються на зменшення розбавлення гною та на раннє відділення твердої фракції.

Скреперні та транспортерні системи більш доцільні для підстилкового або напіврідкого гною. Вони дають змогу механічно переміщувати масу до поперечного каналу чи приймальної ями, але у випадку рідкого гною потребують додаткових рішень для запобігання розбризкуванню, корозії та накопиченню осаду. Для свиноферми, де основний потік відходів формується як рідка суспензія,

найбільш логічним є поєднання підпідлогового збирання, проміжного накопичення, насосного транспортування та механічного розділення.

Таблиця 1.1 - Порівняльна характеристика технологій видалення рідкого гною свиней

Технологія	Сутність процесу	Переваги	Основні недоліки
Самопливна система	Гній переміщується каналами за рахунок ухилу, накопичення та періодичного випуску	Низькі енерговитрати, проста будова, мала кількість механізмів	Залежність від ухилів і вологості, накопичення осаду, газоутворення при тривалому зберіганні
Змивна система	Маса виноситься потоком води або рідкої фракції	Швидке очищення каналів, можливість автоматизації	Зростання обсягу рідкого гною, підвищені витрати на зберігання і транспортування
Скреперна система	Робочий орган переміщує гній уздовж каналу або проходу	Добра придатність для густішої маси, зменшення ручної праці	Менша ефективність для дуже рідких стоків, зношування робочих органів
Насосно-трубопровідна система	Гній з приймальної ємності подається насосом до накопичувача або обладнання переробки	Гнучкість компонування, можливість подачі на сепаратор	Потребує захисту від грубих домішок, перемішування та контролю концентрації
Комбінована система з сепарацією	Збирання, перекачування і розділення гною на тверду та рідку фракції	Зменшення навантаження на сховища, отримання двох керованих продуктів, поліпшення подальшої утилізації	Потребує додаткових капітальних витрат і узгодження продуктивності вузлів лінії

Як видно з таблиці 1.1, жодна з базових систем сама по собі не забезпечує повного вирішення проблеми поводження з рідким гноєм. Найкращий результат

дає поєднання механізованого збирання, насосної подачі та попередньої сепарації. Саме така побудова лінії дає змогу перейти від простого видалення відходів до їх технологічної підготовки для подальшого використання.

Після виведення з приміщення рідкий гній може утилізуватися кількома шляхами: пряме внесення на поля, тривале зберігання з наступним внесенням, компостування твердої фракції, анаеробне зброджування, біологічне очищення рідкої фракції або комбіновані схеми. Найбільш технологічно гнучкою є схема, у якій перед основним зберіганням здійснюється розділення гною на тверду і рідку фракції. Це зменшує кількість завислих речовин у рідкому потоці, полегшує перекачування, знижує швидкість замулення накопичувачів, дає змогу окремо використовувати тверду фракцію як сировину для компостування або органічне добриво [8, 11].

З позиції проєктування модернізованої лінії видалення гною на свинофермі доцільно передбачити таку послідовність операцій: надходження гною з виробничих приміщень у поздовжні або поперечні канали; акумулювання у приймальній ємності; перемішування для вирівнювання концентрації сухої речовини; подача насосом на прес-сепаратор; відведення рідкої фракції в герметизований або відкритий накопичувач; транспортування твердої фракції на майданчик компостування чи тимчасового зберігання. Така схема відповідає системному підходу, за якого видалення гною не завершується біля виходу з приміщення, а переходить у керований процес підготовки органічних добрив.

1.2 Засоби для розділення рідкого гною на фракції

Розділення рідкого гною на фракції є фізико-механічним процесом, у якому частина завислих частинок і пов'язаних з ними поживних речовин переводиться у тверду фракцію, а основний обсяг води та розчинених сполук залишається у рідкій фракції. Необхідно враховувати, що механічний сепаратор не є повноцінною очисною спорудою: він не видаляє всі розчинені забруднювачі, але істотно

поліпшує властивості потоку для подальшого зберігання, перекачування, біологічної обробки або внесення на поля [4, 8].

Ефективність сепарації залежить від вмісту сухої речовини, розміру частинок, часу перебування гною в каналах, ступеня розбавлення, наявності соломи або залишків корму, режиму подачі та конструкції робочого органа. Чим довше гній перебуває у приміщенні або приймальній ємності без видалення, тим більше органічних сполук переходить у розчинену форму, а отже механічне вилучення твердої частини стає менш результативним [4, 12]. Тому для свиноферми важливо не лише встановити сепаратор, а й організувати своєчасне надходження гною до нього.

До основних засобів розділення належать відстійники, похилі та барабанні сита, вібраційні решета, шнекові преси, стрічкові преси, центрифуги, гідроциклони, а також системи з коагулянтами і флокулянтами. Гравітаційні засоби мають найпростішу будову, але потребують значної площі і часу. Ситові апарати ефективні для вилучення крупних частинок, проте мають обмежену здатність до зневоднення твердої фракції. Центрифуги забезпечують вищу ефективність вилучення фосфору та дрібнодисперсних частинок, але характеризуються більшою вартістю, енергомісткістю і вимогливістю до технічного обслуговування [5, 6].

Дані таблиці 1.2 свідчать, що вибір засобу сепарації повинен залежати від мети модернізації. Якщо потрібно лише захистити насос або лагуну від крупних включень, достатньо сита чи відстійника. Якщо необхідно отримати транспортабельну тверду фракцію та зменшити навантаження на сховище, доцільнішим є шнековий прес. Для максимальної концентрації фосфору в твердій фракції застосовують центрифуги, однак для більшості фермерських об'єктів вони є дорогими та складнішими в експлуатації.

Шнекові прес-сепаратори займають проміжне положення між простими ситовими засобами і високошвидкісними центрифугами. Вони не забезпечують максимального вилучення всіх поживних елементів, проте мають відносно просту будову, помірні енергетичні витрати, придатність до безперервної роботи та можливість отримання твердої фракції з підвищеним вмістом сухої речовини [6, 7].

Саме тому для модернізації технологічного процесу видалення гною на типовій свинофермі шнековий прес є технічно обґрунтованим варіантом.

Таблиця 1.2 - Характеристика основних засобів розділення рідкого гною на фракції

Засіб розділення	Принцип дії	Переваги	Недоліки
Відстійник	Осадження частинок під дією сили тяжіння	Простота, низькі енерговитрати	Потребує площі та часу, складне видалення осаду, низька керованість процесу
Похилі або статичні сита	Проходження рідкої фази крізь щілини або отвори	Немає складного приводу, добрий захист насосів від грубих домішок	Обмежене зневоднення твердої фракції, забивання отворів
Вібраційне або барабанне сито	Відокремлення частинок на рухомій або обертовій поверхні	Стабільніша самоочистка, безперервна робота	Підвищена складність і потреба в обслуговуванні
Шнековий прес-сепаратор	Подача шнеком і стискання маси в циліндричному ситі	Компактність, безперервність, отримання відносно сухої твердої фракції	Чутливість до каміння, металу, волокнистих домішок; потрібне регулювання протитиску
Стрічковий прес	Фільтрування та віджимання між рухомими стрічками	Високе зневоднення за правильної підготовки	Потреба у промиванні стрічок, іноді у реагентах
Декантерна центрифуга	Розділення під дією відцентрових сил	Високе вилучення дрібних частинок і фосфору	Висока вартість, енергоспоживання, вимоги до сервісу

За даними оглядів механічних технологій сепарації, шнековий прес є дешевшим в експлуатації порівняно з декантерною центрифугою, якщо

господарству не потрібне максимально можливе вилучення фосфору з рідкої фракції [5, 6]. При цьому тверда фракція після пресування є більш транспортабельною і може бути спрямована на компостування, гранулювання або внесення на поля, віддалені від ферми. Рідка фракція, у свою чергу, має нижчий вміст завислих речовин, краще перекачується насосами і може подаватися в накопичувачі, лагуни, біогазову установку або систему внесення органічних добрив.

1.3 Огляд конструкцій шнекових сепараторів гною

Шнековий сепаратор гною складається з приймального патрубку або камери подачі, циліндричного сита, шнека, привода, вузла регулювання тиску на виході твердої фракції, патрубка відведення рідкої фракції та вивантажувального каналу для твердої фази. Рідкий гній подається у робочу камеру, де шнек переміщує масу вздовж сита. Під дією тиску рідка фаза проходить крізь отвори або щілини сита, а тверда частина ущільнюється і виводиться через регульований вихід. Фактично шнек виконує дві функції: транспортування матеріалу і створення стискального зусилля, необхідного для віджимання вологи [7].

Найважливішими конструктивними параметрами шнекового сепаратора є діаметр шнека, крок витків, довжина зони фільтрування, форма і площа отворів сита, частота обертання, величина протитиску на виході, а також потужність електропривода. Менші отвори сита підвищують утримання дрібних частинок, але збільшують ризик забивання і вологість твердої фракції. Більші отвори зменшують гідравлічний опір і можуть дати сухішу тверду фракцію, але частина дрібних завислих речовин переходить у рідку фракцію [7]. Тому вибір сита повинен відповідати не лише бажаній сухості твердої фракції, а й фактичному складу гною на конкретній фермі.

Конструкції шнекових сепараторів можуть відрізнятися розташуванням робочої камери, способом створення протитиску, формою сита та типом привода. У простіших конструкціях протитиск створюється вантажем, пружиною або

регульованою заслінкою. У складніших машинах використовують автоматичне регулювання залежно від навантаження, що дозволяє стабілізувати вологість твердої фракції. Для умов господарства середнього масштабу доцільною є конструкція з механічним регулюванням протитиску, оскільки вона простіша в ремонті і менш залежна від складної автоматики.

Таблиця 1.3 - Основні вузли шнекового прес-сепаратора гною

Вузол	Функціональне призначення	Конструктивно-експлуатаційні вимоги
Приймальна камера	Приймає потік рідкого гною від насоса або самопливної лінії	Повинна забезпечувати рівномірне надходження без переливу та застійних зон
Шнек	Переміщує масу вздовж сита і створює тиск для віджимання	Потребує стійкості до абразивного зносу та захисту від сторонніх предметів
Циліндричне сито	Пропускає рідку фракцію і затримує тверді частинки	Вибір розміру отворів визначає баланс між продуктивністю, забиванням і якістю розділення
Вузол протитиску	Регулює ущільнення твердої фракції на виході	Впливає на сухість твердої фракції та навантаження привода
Електропривід	Забезпечує обертання шнека з потрібною частотою	Доцільне використання захисту від перевантаження і аварійної зупинки
Патрубок рідкої фракції	Відводить фільтрат у накопичувач або наступну ланку обробки	Потрібне запобігання зворотному підпору та переливам
Вивантаження твердої фракції	Формує вихід пресованого матеріалу	Бажано передбачити транспортер або майданчик для безпечного накопичення

Наведена характеристика вузлів показує, що працездатність прес-сепаратора визначається не лише геометрією шнека, а й узгодженням подачі, фільтрування, відведення фракцій та захисту від аварійних режимів. Тому при подальшому розробленні конструкції слід приділяти увагу не тільки розрахунку

продуктивності, але й умовам технічного обслуговування, очищення сита та безпечного доступу до робочих органів.

Для свинячого гною важливим є захист робочих органів від сторонніх предметів. У потік можуть потрапляти камінці, металеві предмети, шматки пластику, залишки кріплення або надмірна кількість волокнистих домішок. Тому перед прес-сепаратором бажано встановити приймальну решітку, каменевловлювач або подрібнювально-перемішувальний вузол, який вирівнює потік і знижує ймовірність аварійного заклинювання. Також необхідно передбачити байпасну лінію або можливість промивання, щоб зупинка сепаратора не блокувала всю систему видалення гною.

Дослідження роботи шнекового сепаратора на свинячому гної показали, що ступінь вилучення сухої речовини, органічних компонентів і поживних елементів істотно залежить від концентрації сухої речовини у вхідному потоці та від організації всієї системи гноєвидалення [9]. Отже, помилкою є оцінювати сепаратор тільки за паспортною продуктивністю. Для проєктування необхідно враховувати добовий вихід гною, нерівномірність його надходження, вологість, наявність піску й волокнистих включень, режим роботи насоса, місткість приймальної ємності та спосіб використання обох фракцій.

У модернізованому процесі видалення гною прес-сепаратор доцільно розглядати як центральний елемент лінії підготовки гною до зберігання та використання. Перед ним має бути забезпечена рівномірна подача перемішаної маси, після нього - окреме відведення фракцій. Рідку фракцію доцільно спрямовувати у герметизований накопичувач або лагуну з можливістю періодичного перемішування і подальшого внесення. Тверду фракцію слід подавати на бетонований майданчик з відведенням фільтрату, де вона може проходити компостування або тимчасове зберігання. Така схема підвищує керованість потоків поживних речовин і зменшує випадкові втрати під час транспортування та зберігання [10, 11].

Порівняно з центрифугою, шнековий прес програє за глибиною вилучення дрібнодисперсних частинок, але виграє за простотою, ремонтпридатністю та

нижчими експлуатаційними витратами [6]. Порівняно зі статичним ситом він краще зневоднює тверду фракцію, оскільки процес фільтрування поєднується зі стисканням. Саме ця комбінація робить прес-сепаратор придатним для дипломного проєкту, в якому метою є не створення складної очисної станції, а модернізація технологічного процесу видалення гною з отриманням практично придатних для використання фракцій.

1.4 Висновки до розділу

Аналіз технологій видалення рідкого гною свиней показав, що ефективність системи визначається не тільки способом очищення приміщення, а й узгодженістю всіх наступних операцій: накопичення, перекачування, розділення, зберігання та використання фракцій. Для умов свиноферми найбільш раціональною є комбінована лінія, у якій гній після виведення з приміщення подається на механічну сепарацію.

Розділення гною на тверду та рідку фракції зменшує навантаження на гноєсховища, полегшує перекачування рідкої фракції, створює передумови для компостування твердої фракції та більш точного використання поживних речовин як органічних добрив. При цьому сепарація має розглядатися як підготовчий етап, а не як повне очищення стоків.

Порівняння засобів розділення показало, що шнековий прес-сепаратор є доцільним варіантом для модернізації фермерської лінії, оскільки поєднує простоту конструкції, безперервність роботи, компактність, помірні експлуатаційні витрати та можливість отримання твердої фракції з достатньою для подальшого використання сухістю.

Основними напрямками подальшого розроблення у дипломному проєкті слід вважати обґрунтування технологічної схеми модернізованої лінії, визначення продуктивності прес-сепаратора, вибір параметрів шнека і сита, розрахунок привода, а також оцінювання експлуатаційної надійності та економічної доцільності запропонованого рішення.

2 Модернізація технологічного процесу видалення гною на свинофермі

2.1 Обґрунтування важливості питання

На свинофермах із закінченим циклом виробництва гній утворюється безперервно упродовж доби, а його склад залежить від віку тварин, структури погोलів'я, типу годівлі, кількості технологічної води та способу утримання. За утримання свиней на щілинній підлозі основний обсяг екскрементів потрапляє до підпідлогових каналів, звідки рідкий гній самопливом або насосами подається у збірні ємності. Такий спосіб дає змогу зменшити ручну працю та підтримувати відносно стабільний санітарний стан станків, однак у традиційній схемі без поділу гною на фракції вся маса надходить до лагун або відстійників, що збільшує потребу в об'ємі зберігання, ускладнює перемішування та сприяє накопиченню осаду [13].

Вимоги до сучасного гноєвидалення визначаються не лише необхідністю очищення приміщень, а й екологічними, санітарно-гігієнічними та технологічними чинниками. У документах Європейського Союзу з найкращих доступних технологій для інтенсивного утримання птиці та свиней до важливих процесів віднесено збирання, зберігання, оброблення та внесення гною, а також поводження зі стічними водами [2]. Отже, технологічна лінія гноєвидалення повинна розглядатися як єдина система, в якій підпідлогові канали, приймальний резервуар, насосне обладнання, сепаратор, майданчик твердої фракції та лагуна рідкої фракції працюють узгоджено.

Основною проблемою традиційної схеми є те, що рідкий гній зберігається в лагунах у нерозділеному стані. У такій масі містяться частинки корму, волокниста органічна речовина, мінеральні домішки та зважені тверді речовини. Під час тривалого зберігання частина цих речовин осідає, утворюючи шар ущільненого осаду. Для його видалення потрібне спеціальне обладнання, а при перемішуванні перед вивезенням зростають витрати енергії та підвищується ризик викидів запахових речовин. Крім того, транспортування нерозділеного гною на поля є менш ефективним, оскільки разом із поживними речовинами переміщується значний обсяг води.

Модернізація процесу полягає у введенні до технологічної схеми шнекового преса-сепаратора. Суть рішення полягає в тому, що після попереднього перемішування гній із приймальної ємності подається насосом до сепаратора, де під дією шнека та фільтрувальної решітки поділяється на тверду й рідку фракції. Тверда фракція має меншу вологість, її легше складувати, компостувати або вивозити як органічне добриво. Рідка фракція містить менше завислих частинок, тому краще зберігається у лагуні, легше перекачується та може вноситися на поля через цистерни або системи низькоемісійного внесення. Огляд механічних технологій розділення показує, що шнекові преси є доцільними для ферм, де потрібне відносно просте, надійне й економічно доступне вилучення грубих твердих частинок [6].

Таким чином, актуальність модернізації технологічного процесу видалення гною на свинофермі зумовлена необхідністю зменшення навантаження на лагун-відстійники, підвищення керованості потоків органічних відходів, покращення умов експлуатації насосного обладнання та створення передумов для раціонального використання обох фракцій гною як органічних добрив.

2.2 Вихідні дані та зоотехнічні вимоги

Проектна свиноферма приймається як ферма із закінченим циклом виробництва на 500 продуктивних свиноматок. Утримання тварин здійснюється в приміщеннях зі щільною підлогою, під якою розміщені канали та гнойові ванни для накопичення і відведення рідкого гною. За базовою схемою гній без попереднього поділу на фракції надходить до лагун-відстійників. У модернізованій схемі передбачено встановлення приймального резервуара з перемішувачем, насоса подачі та шнекового преса-сепаратора.

Добовий вихід рідкого гною для свиноферм із повним циклом виробництва прийнято за довідковими даними для продуктивної свиноматки у системі farrow-finish [14]. Коефіцієнт урахування технологічної води введено для врахування

промивання каналів, втрат води з поїлок і нерівномірності надходження гною протягом доби.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку технологічного процесу

Показник	Позначення	Прийняте значення
Тип ферми	—	закінчений цикл виробництва
Кількість продуктивних свиноматок	$n_{\text{св}}$	500 гол.
Спосіб утримання	—	на щілинній підлозі
Добовий вихід рідкого гною на 1 продуктивну свиноматку	$q_{\text{Г}}$	$0,0356 \text{ м}^3/(\text{гол.} \cdot \text{добу})$
Коефіцієнт урахування технологічної води та нерівномірності надходження	$k_{\text{в}}$	1,15
Густина рідкого гною	$\rho_{\text{Г}}$	1030 кг/м^3
Масова частка сухих речовин у вихідному гної	$w_{\text{ср}}$	6 %
Частка сухих речовин, що переходить у тверду фракцію	$\eta_{\text{ср}}$	35 %
Масова частка сухих речовин у твердій фракції	$w_{\text{Т}}$	30 %
Тривалість роботи сепаратора за добу	$t_{\text{зм}}$	4 год
Коефіцієнт резерву продуктивності обладнання	$k_{\text{р}}$	1,25
Розрахунковий строк зберігання рідкої фракції	$T_{\text{зб}}$	180 діб

Параметри сухих речовин і ефективності розділення прийнято як розрахункові для попереднього техніко-технологічного обґрунтування шнекового сепаратора; остаточно вони уточнюються після аналізу фактичної вологості гною та випробування конкретної моделі обладнання [6, 15].

До зоотехнічних і технологічних вимог процесу належать: своєчасне відведення гною із зони утримання тварин; недопущення підтоплення підпідлогових каналів; обмеження утворення застійних зон; можливість періодичного перемішування рідкого гною перед подачею на сепаратор; запобігання потраплянню у насос і сепаратор сторонніх предметів; герметичність трубопроводів; безпечне розміщення електроприводів поза зоною дії агресивного середовища; наявність майданчика з твердим водонепроникним покриттям для твердої фракції; відведення фільтрату з майданчика назад у приймальну систему.

Для щілинних підлог і каналів важливо забезпечити відповідність будівельних елементів навантаженням від тварин і технологічного обладнання. Чинні будівельні вимоги передбачають проектування щілинних підлог згідно з відповідними стандартами та з урахуванням технологічних рішень, а гнойові канали повинні забезпечувати надійне відведення маси без утворення небезпечних зон для тварин і персоналу [13].

2.3 Розробка технологічної схеми процесу

Базова технологічна схема передбачає надходження рідкого гною з приміщень через підпідлогові канали до збірного трубопроводу, далі — у приймальний резервуар або безпосередньо в лагуну-відстійник. Така схема є простою, але вона не розділяє потоки за фізико-механічними властивостями. Унаслідок цього всі тверді домішки, волокниста органічна маса та завислі частинки переміщуються в лагуну, де вони поступово осідають і ускладнюють експлуатацію накопичувача.

Модернізована схема побудована за принципом попереднього механічного розділення рідкого гною на тверду та рідку фракції. Вона включає такі послідовні

операції: накопичення рідкого гною в підпідлогових каналах; відведення його у приймальний резервуар; перемішування для вирівнювання концентрації сухих речовин; подавання насосом до преса-сепаратора; механічне розділення; транспортування твердої фракції на майданчик компостування або в контейнер; відведення рідкої фракції до насосної камери та лагуни-відстійника.

Прес-сепаратор у цій схемі виконує функцію технологічного вузла, який зменшує кількість завислих твердих речовин у потоці, полегшує зберігання рідкої фракції та формує окремий потік твердої органічної маси. Принцип роботи шнекового преса полягає в переміщенні гною обертовим шнеком уздовж циліндричної або конічної фільтрувальної решітки; рідина проходить крізь отвори решітки, а ущільнена тверда фракція вивантажується через регульований вихідний пристрій [15].



Рисунок 2.1 – Технологічна схема модернізованого процесу видалення гною на свинофермі з використанням преса-сепаратора

Перевагою запропонованої схеми є те, що лагуна приймає вже освітленішу рідку фракцію. Це не скасовує потреби у зберіганні та подальшому агрономічному використанні гною, але зменшує інтенсивність накопичення донного осаду. Тверда

фракція може зберігатися окремо на водонепроникному майданчику з відведенням фільтрату. За потреби її доцільно компостувати з рослинними рештками або використовувати як компонент органічного добрива після витримування.

Таблиця 2.2 – Характеристика основних елементів
модернізованої технологічної лінії

Елемент лінії	Призначення	Основні вимоги
Підпідлогові канали	Збирання гною зі станків через щільну підлогу	Відсутність застійних зон, можливість промивання, стійкість до корозійного середовища
Приймальний резервуар	Накопичення добової або змінної порції рідкого гною	Наявність перемішувача, захисної решітки, безпечного доступу для обслуговування
Насос подачі	Подача гною до преса-сепаратора	Стійкість до абразивних включень, продуктивність не нижча за продуктивність сепаратора
Прес-сепаратор	Поділ гною на тверду та рідку фракції	Регулювання ступеня віджимання, доступ до решітки, захист від перевантаження
Майданчик твердої фракції	Тимчасове зберігання та дозрівання твердої фракції	Водонепроникне покриття, борти, збір фільтрату
Лагуна рідкої фракції	Накопичення рідкої фракції до внесення на поля	Гідроізоляція, контроль рівня, можливість відкачування

2.4 Розрахунок технічних та технологічних параметрів процесу

Розрахунок виконано для визначення добового потоку рідкого гною, потрібної продуктивності сепаратора, орієнтовної кількості твердої та рідкої

фракцій, а також місткості основних накопичувальних споруд. Розрахунки мають проектний характер і призначені для вибору типорозміру обладнання та уточнення технологічної схеми.

Добовий об'єм рідкого гною визначається за залежністю:

$$Q_{\text{доб}} = n_{\text{св}} \cdot q_{\text{г}} \cdot k_{\text{в}} \quad (2.1)$$

де

$Q_{\text{доб}}$ — добовий об'єм рідкого гною, м³/добу;

$n_{\text{св}}$ — кількість продуктивних свиноматок, гол.;

$q_{\text{г}}$ — питомий добовий вихід рідкого гною, м³/(гол. · добу);

$k_{\text{в}}$ — коефіцієнт урахування технологічної води та нерівномірності надходження.

Підставляючи прийняті значення, отримаємо:

$$Q_{\text{доб}} = 500 \cdot 0,0356 \cdot 1,15 = 20,47 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Річний об'єм рідкого гною становитиме:

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{доб}} \cdot D \quad (2.2)$$

де

$Q_{\text{р}}$ — річний об'єм рідкого гною, м³/рік;

D — кількість діб роботи ферми протягом року.

$$Q_{\text{р}} = 20,47 \cdot 365 = 7471,55 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Потрібна робоча продуктивність преса-сепаратора визначається з урахуванням тривалості його роботи за добу та коефіцієнта резерву:

$$Q_{\text{сеп}} = \frac{Q_{\text{доб}} \cdot k_{\text{р}}}{t_{\text{зм}}} \quad (2.3)$$

де

$Q_{\text{сеп}}$ — розрахункова продуктивність преса-сепаратора, м³/год;

$k_{\text{р}}$ — коефіцієнт резерву продуктивності;

$t_{\text{зм}}$ — тривалість роботи сепаратора за добу, год.

$$Q_{\text{сеп}} = \frac{20,47 \cdot 1,25}{4} = 6,40 \text{ м}^3/\text{год}$$

Отже, для прийнятих умов доцільно вибрати шнековий прес-сепаратор із паспортною продуктивністю не менше 7 м³/год. З урахуванням можливих коливань вологості, збільшення навантаження у пікові періоди та необхідності уникнення роботи на граничному режимі доцільним є вибір типорозміру з продуктивністю 8–10 м³/год.

Добова маса рідкого гною визначається за виразом:

$$M_{\text{доб}} = \rho_{\text{г}} \cdot Q_{\text{доб}} \quad (2.4)$$

де

$M_{\text{доб}}$ — добова маса рідкого гною, кг/добу;

$\rho_{\text{г}}$ — густина рідкого гною, кг/м³.

$$M_{\text{доб}} = 1030 \cdot 20,47 = 21084,1 \text{ кг/добу}$$

Маса сухих речовин у вихідному гної дорівнює:

$$M_{\text{ср}} = M_{\text{доб}} \cdot \frac{w_{\text{ср}}}{100} \quad (2.5)$$

де

$M_{\text{ср}}$ — маса сухих речовин у вихідному гної, кг/добу;

$w_{\text{ср}}$ — масова частка сухих речовин у вихідному гної, %.

$$M_{\text{ср}} = 21084,1 \cdot \frac{6}{100} = 1265,0 \text{ кг/добу}$$

Маса сухих речовин, що переходить у тверду фракцію, розраховується за формулою:

$$M_{\text{ср.т}} = M_{\text{ср}} \cdot \frac{\eta_{\text{ср}}}{100} \quad (2.6)$$

де

$M_{\text{ср.т}}$ — маса сухих речовин у твердій фракції, кг/добу;

$\eta_{\text{ср}}$ — ефективність вилучення сухих речовин у тверду фракцію, %.

$$M_{\text{ср.т}} = 1265,0 \cdot \frac{35}{100} = 442,8 \text{ кг/добу}$$

Добова маса твердої фракції після сепарації визначається за залежністю:

$$M_{\text{т}} = \frac{M_{\text{ср.т}} \cdot 100}{w_{\text{т}}} \quad (2.7)$$

де

M_T — добова маса твердої фракції, кг/добу;

w_T — масова частка сухих речовин у твердій фракції, %.

$$M_T = \frac{442,8 \cdot 100}{30} = 1475,9 \text{ кг/добу}$$

Маса рідкої фракції після сепарації становитиме:

$$M_{\text{рід}} = M_{\text{доб}} - M_T \quad (2.8)$$

де

$M_{\text{рід}}$ — добова маса рідкої фракції, кг/добу.

$$M_{\text{рід}} = 21084,1 - 1475,9 = 19608,2 \text{ кг/добу}$$

Для оцінки необхідного об'єму лагуни приймаємо густину рідкої фракції близькою до густини водної суспензії. Добовий об'єм рідкої фракції визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{рід}} = \frac{M_{\text{рід}}}{\rho_{\text{рід}}} \quad (2.9)$$

де

$Q_{\text{рід}}$ — добовий об'єм рідкої фракції, м³/добу;

$\rho_{\text{рід}}$ — густина рідкої фракції, кг/м³.

$$Q_{\text{рід}} = \frac{19608,2}{1010} = 19,41 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Необхідний об'єм лагуни для зберігання рідкої фракції визначається як:

$$V_{\text{лаг}} = Q_{\text{рід}} \cdot T_{\text{зб}} \cdot k_z \quad (2.10)$$

де

$V_{\text{лаг}}$ — розрахунковий об'єм лагуни для рідкої фракції, м³;

$T_{\text{зб}}$ — тривалість зберігання рідкої фракції, діб;

k_z — коефіцієнт запасу місткості накопичувача.

$$V_{\text{лаг}} = 19,41 \cdot 180 \cdot 1,10 = 3844,0 \text{ м}^3$$

Для порівняння, якщо весь обсяг рідкого гною без сепарації спрямовувати до лагуни, її розрахунковий об'єм за тих самих умов становив би 4053,1 м³. Різниця в об'ємі не є єдиним ефектом сепарації: основна перевага полягає в зменшенні надходження сухих речовин до лагуни, що знижує інтенсивність утворення донного осаду та спрощує подальше перекачування.

Орієнтовна місткість майданчика для тимчасового зберігання твердої фракції визначається за масою твердої фракції, строком її зберігання та насипною густиною:

$$V_T = \frac{M_T \cdot T_T}{\rho_T} \quad (2.11)$$

де

V_T — потрібний об'єм майданчика або контейнерів для твердої фракції, м³;

T_T — строк тимчасового зберігання твердої фракції, діб;

ρ_T — насипна густина твердої фракції, кг/м³.

$$V_T = \frac{1475,9 \cdot 90}{750} = 177,1 \text{ м}^3$$

Продуктивність насоса подачі гною до сепаратора приймається з резервом відносно продуктивності сепаратора:

$$Q_H = Q_{\text{сеп}} \cdot k_H \quad (2.12)$$

де

Q_H — розрахункова продуктивність насоса, м³/год;

k_H — коефіцієнт резерву продуктивності насоса.

$$Q_H = 6,40 \cdot 1,15 = 7,36 \text{ м}^3/\text{год}$$

Орієнтовна гідравлічна потужність насоса визначається за залежністю:

$$P_H = \frac{\rho_T \cdot g \cdot Q_H \cdot H}{\eta_H} \quad (2.13)$$

де

P_H — розрахункова потужність насоса, Вт;

g — прискорення вільного падіння, м/с²;

H — розрахунковий напір, м;

η_H — коефіцієнт корисної дії насоса.

$$P_H = \frac{1030 \cdot 9,81 \cdot 0,00204 \cdot 18}{0,35} = 1059 \text{ Вт} \approx 1,1 \text{ кВт}$$

З урахуванням в'язкості гнойової маси, можливих втрат у трубопроводах, пускових режимів і необхідності резерву доцільно прийняти електропривод насоса потужністю не менше 1,5 кВт. Для шнекового преса-сепаратора продуктивністю 8—

10 м³/год орієнтовно приймається електропривод 4,0–5,5 кВт залежно від конструкції шнека, діаметра решітки та заданого ступеня віджимання.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку основних параметрів модернізованого процесу

Показник	Одиниця вимірювання	Розрахункове значення
Добовий об'єм рідкого гною з урахуванням технологічної води	м ³ /добу	20,47
Річний об'єм рідкого гною	м ³ /рік	7471,55
Необхідна робоча продуктивність преса-сепаратора	м ³ /год	6,40
Рекомендована паспортна продуктивність преса-сепаратора	м ³ /год	8–10
Добова маса вихідного рідкого гною	кг/добу	21084,1
Маса сухих речовин у вихідному гної	кг/добу	1265,0
Сухі речовини, що переходять у тверду фракцію	кг/добу	442,8
Добова маса твердої фракції	кг/добу	1475,9
Добова маса рідкої фракції	кг/добу	19608,2
Добовий об'єм рідкої фракції	м ³ /добу	19,41
Розрахунковий об'єм лагуни для рідкої фракції на 180 діб	м ³	3844,0
Орієнтовний об'єм майданчика твердої фракції на 90 діб	м ³	177,1
Розрахункова продуктивність насоса подачі	м ³ /год	7,36
Рекомендована потужність електропривода насоса	кВт	не менше 1,5

За результатами розрахунків добовий потік рідкого гною на фермі становить близько 20,5 м³/добу. Якщо сепаратор працює 4 години на добу, його мінімальна розрахункова продуктивність має бути 6,4 м³/год, тому з експлуатаційним запасом

доцільно приймати обладнання продуктивністю 8–10 м³/год. У результаті сепарації утворюється приблизно 1,48 т твердої фракції на добу та близько 19,4 м³ рідкої фракції. Для зберігання рідкої фракції протягом 180 діб потрібна лагуна об'ємом орієнтовно 3844 м³, а для тимчасового зберігання твердої фракції протягом 90 діб — майданчик або контейнерна зона місткістю близько 177 м³.

2.5 Висновки до розділу

У розділі обґрунтовано доцільність модернізації технологічного процесу видалення гною на свинофермі із закінченим циклом виробництва на 500 продуктивних свиноматок. Встановлено, що традиційна схема без розділення гною на фракції призводить до надходження всієї маси твердих і рідких компонентів у лагуни-відстійники, що збільшує навантаження на накопичувачі та ускладнює їх подальшу експлуатацію.

Запропоновано технологічну схему, в якій після підпідлогових каналів і приймального резервуара рідкий гній подається насосом до шнекового преса-сепаратора. У результаті процес поділяється на два керовані потоки: тверду фракцію, придатну для окремого складування або компостування, та рідку фракцію, яка надходить до лагуни з меншою кількістю завислих речовин.

Розрахунками визначено, що добовий обсяг рідкого гною становить 20,47 м³/добу, річний обсяг — 7471,55 м³/рік. Для прийнятого режиму роботи потрібна продуктивність сепаратора не менше 6,40 м³/год, а рекомендована паспортна продуктивність обладнання становить 8–10 м³/год. Орієнтовна кількість твердої фракції після сепарації дорівнює 1475,9 кг/добу, а об'єм рідкої фракції — 19,41 м³/добу.

Отримані результати підтверджують, що введення преса-сепаратора до лінії гноєвидалення є технічно обґрунтованим рішенням, яке підвищує керованість процесу, полегшує зберігання та подальше використання органічних добрив і створює основу для розробки конструкції преса-сепаратора в наступному розділі дипломного проєкту.

3 Розробка преса-сепаратора гною

3.1 Обґрунтування необхідності удосконалення

У попередньому розділі технологічний процес видалення гною на свинофермі було модернізовано шляхом введення до лінії шнекового преса-сепаратора. Таке рішення дає змогу не лише зменшити кількість завислих речовин, що надходять до лагуни-відстійника, а й сформувати два керовані потоки: тверду фракцію для компостування або вивезення як органічного добрива та рідку фракцію для зберігання і подальшого внесення на поля. У нормативних і довідкових документах з поводження з гноєм на свинофермах підкреслюється, що розділення гною на фракції зменшує навантаження на подальші етапи оброблення та спрощує експлуатацію накопичувачів [2, 16].

Разом з тим типові шнекові сепаратори мають ряд експлуатаційних обмежень. Під час роботи з рідким свинячим гноєм, у якому містяться частинки корму, волокнисті включення, пісок, залишки підстилки та мінеральні домішки, спостерігається нерівномірне заповнення завантажувальної зони. Частина рідкої маси проходить через сито без достатнього ущільнення, а частина накопичується біля завантажувальної горловини, що погіршує стабільність подачі. За низької концентрації сухих речовин ефективність шнекового пресування зменшується, тому конструкція повинна забезпечувати попереднє ущільнення шару гною перед входом у зону віджимання [7].

Для підвищення ефективності сепарації пропонується удосконалити прес-сепаратор за двома напрямками. Перший напрям - встановлення у завантажувальній зоні віброущільнювача, який створює додаткову дію на шар рідкого гною, зменшує порожнини у зоні входу та забезпечує більш рівномірне захоплення маси витками шнека. Другий напрям - застосування шнека зі змінним кроком: у завантажувальній зоні крок приймається 180 мм, а в зоні віджимання зменшується до 120 мм. За незмінного діаметра шнека таке зменшення кроку підвищує ступінь ущільнення матеріалу, збільшує тиск біля сита і зменшує вологість твердої фракції.

Удосконалення не змінює загального принципу роботи обладнання, але підвищує інтенсивність процесу в найбільш відповідальних зонах. Рідкий гній подається в горловину, попередньо ущільнюється вібраційною плитою, захоплюється завантажувальними витками шнека, переміщується вздовж перфорованого сита і поступово стискається в зоні зі зменшеним кроком витків. Рідка фракція проходить через отвори сита в приймальний лоток, а тверда фракція виводиться через регульовану заслінку, притиск якої задається важелем з вантажем. Така схема відповідає загальним принципам механічного розділення гнойових суспензій, але доповнює їх активним впливом на завантажувальну зону [4, 10].

3.2 Вихідні дані

Вихідні дані для розробки преса-сепаратора прийнято на основі розрахунків модернізованого технологічного процесу видалення гною на свинофермі з 500 продуктивними свиноматками та з урахуванням вимог до шнекового обладнання для розділення рідкого гною. Розрахункова продуктивність сепаратора повинна забезпечити перероблення добового обсягу рідкого гною протягом однієї технологічної зміни з необхідним резервом, а конструкція робочого органа має відповідати роботі з неоднорідною органічною суспензією.

Прийняті параметри відповідають середньому типорозміру шнекового сепаратора, який може використовуватися у складі технологічної лінії свиноферми. Збільшення продуктивності відносно мінімально необхідної величини створює запас на нерівномірне надходження гною, зміну його вологості, часткове забруднення сита та роботу обладнання не на граничному режимі. Зменшення кроку шнека у зоні віджимання приймається як основна конструктивна ознака модернізованого робочого органа.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розробки преса-сепаратора гною

Показник	Позначення	Прийняте значення
Добовий об'єм рідкого гною, що надходить на сепарацію	$Q_{\text{доб}}$	20,47 м ³ /добу
Розрахункова тривалість роботи сепаратора за добу	$t_{\text{зм}}$	4 год
Коефіцієнт резерву продуктивності	k_p	1,25
Прийнята проєктна продуктивність сепаратора	Q_p	8,0 м ³ /год
Густина вихідного рідкого гною	ρ_r	1030 кг/м ³
Масова частка сухих речовин у вихідному гної	$w_{\text{ср}}$	6 %
Частка сухих речовин, що переходить у тверду фракцію	$\eta_{\text{ср}}$	35 %
Масова частка сухих речовин у твердій фракції після віджимання	w_T	30 %
Крок шнека в завантажувальній зоні	S_1	180 мм
Крок шнека в зоні віджимання	S_2	120 мм
Діаметр шнека, що приймається до розрахунку	$D_{\text{ш}}$	250 мм
Діаметр вала шнека, що приймається до розрахунку	d_v	60 мм
Частота обертання шнека	n	1,0 с ⁻¹ (60 хв ⁻¹)
Довжина робочої частини сита	L_c	1200 мм
Коефіцієнт відкритої площі сита	ψ	0,32
Розрахунковий тиск у зоні віджимання	p_v	0,25 МПа

3.3 Розробка варіанту удосконалення

До реалізації пропонується прес-сепаратор шнекового типу з активною завантажувальною зоною. Базова конструкція складається з корпусу, завантажувальної горловини, шнека, перфорованого сита, приймального лотка рідкої фракції, регульованої заслінки виходу твердої фракції, привода та опорної рами. Модернізований варіант додатково містить віброущільнювальну плиту з віброприводом і пружинним блоком, а також шнек зі змінним кроком витків.

Завантажувальна зона призначена для приймання рідкого гною з напірного трубопроводу. Над входом у робочу камеру встановлюється віброущільнювальна плита, яка виконує низькоамплітудні коливання та діє на верхній шар маси. Завдяки цьому гній ущільнюється перед захопленням витками, зменшується пульсація подачі та знижується імовірність утворення повітряних порожнин. Віброущільнювач не повинен створювати надмірного перемішування, оскільки його основне завдання - стабілізувати подачу, а не подрібнювати включення.

Шнек виконується з двома функціональними ділянками. На першій ділянці, що розміщена під завантажувальною горловиною, крок витків становить 180 мм. Такий крок забезпечує захоплення об'єму гною і його подавання до зони сепарації. На другій ділянці крок зменшується до 120 мм. За однакового діаметра шнека зменшення кроку знижує вільний об'єм між сусідніми витками, внаслідок чого матеріал ущільнюється, а рідка фаза інтенсивніше відтискається через сито. Додатковий тиск біля виходу створюється регульованою заслінкою з важелем і вантажем.

Перфороване сито розміщується навколо шнека в зоні сепарації. Отвори або щілини сита повинні пропускати рідку фракцію, але затримувати волокнисті та грубі тверді частинки. Для свинячого рідкого гною доцільно застосовувати щілинне або перфороване сито з розміром отворів близько 0,75-1,0 мм, виготовлене з корозійностійкої сталі. Конструкція сита повинна передбачати можливість промивання, огляду та швидкого демонтажу для очищення.

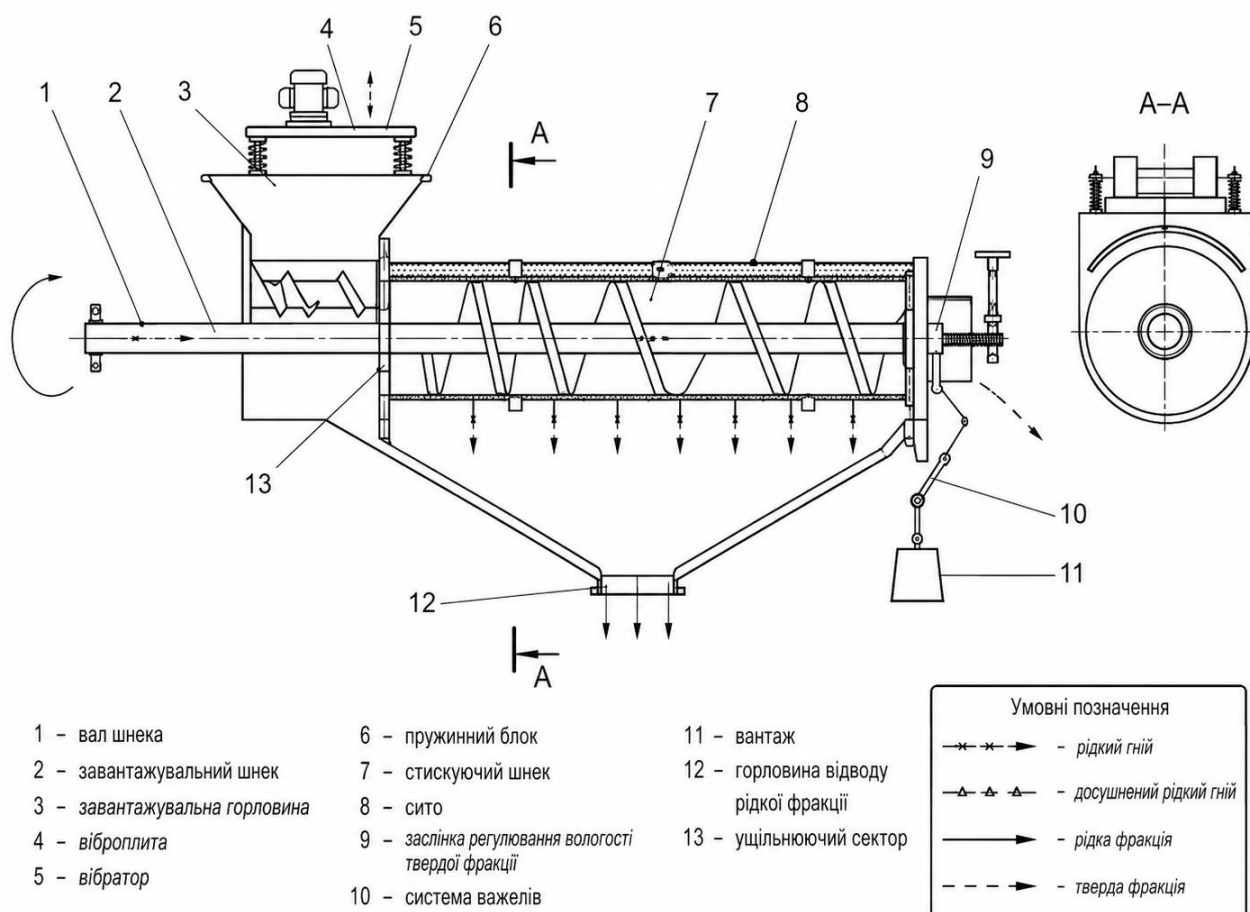


Рисунок 3.1 – Технічна схема удосконаленого преса-сепаратора гною

На рисунку 3.1 показано загальну будову удосконаленого сепаратора. Потік рідкого гною подається зверху в завантажувальну горловину, після чого проходить через зону віброущільнення і переміщується шнеком до пресувальної частини. Рідка фракція відводиться через нижній патрубок, а тверда фракція виходить через регульований вузол віджимання. На відміну від вихідної схеми, технічна схема акцентує увагу на робочих органах, напрямках руху потоків та елементах, які забезпечують зміну режиму пресування.

Очікуваний технологічний ефект від запропонованого удосконалення полягає у збільшенні стабільності подачі, підвищенні ступеня ущільнення в зоні віджимання та зниженні вологості твердої фракції. При цьому конструкція залишається достатньо простою для виготовлення в умовах ремонтної майстерні: модернізація потребує виготовлення шнека зі змінним кроком, монтажу

віброуцільнювача, встановлення регульованої заслінки та забезпечення доступу до сита для технічного обслуговування.

Таблиця 3.2 – Функціональне призначення основних вузлів удосконаленого преса-сепаратора

Вузол	Призначення	Особливість удосконалення
Завантажувальна горловина	Приймання рідкого гною від насоса та спрямування його до робочої камери	Форма горловини узгоджується з роботою віброуцільнювача
Віброуцільнювач	Стабілізація подачі та попереднє ущільнення маси перед шнеком	Створює додатковий динамічний вплив у зоні завантаження
Шнек зі змінним кроком	Переміщення, стискання та виведення твердої фракції	Крок зменшується зі 180 до 120 мм
Перфороване сито	Фільтрування рідкої фракції та утримання твердих частинок	Передбачено підвищену відкриту площу та можливість промивання
Регульована заслінка	Створення протитиску на виході твердої фракції	Вологість твердої фракції регулюється положенням вантажу
Приймальний лоток	Збирання рідкої фракції після проходження через сито	Спрямування рідини до окремої насосної камери або трубопроводу

3.4 Розрахунок конструкційно-технологічних параметрів

Розрахунок виконується з метою визначення продуктивності робочого органа, геометричних параметрів шнека, ступеня ущільнення гною, орієнтовної потужності привода, параметрів віброуцільнювача та конструктивних показників сита. Розрахункові залежності прийнято на основі загальних методик розрахунку шнекових транспортерів, механічних пресів і деталей машин [17, 18].

Мінімальна потрібна продуктивність сепаратора визначається за добовим об'ємом рідкого гною, тривалістю роботи обладнання та коефіцієнтом резерву:

$$Q_{\text{сеп}} = \frac{Q_{\text{доб}} \cdot k_p}{t_{\text{зм}}} \quad (3.1)$$

де

$Q_{\text{сеп}}$ — мінімальна потрібна продуктивність сепаратора, м³/год;

$Q_{\text{доб}}$ — добовий об'єм рідкого гною, м³/добу;

k_p — коефіцієнт резерву продуктивності;

$t_{\text{зм}}$ — тривалість роботи сепаратора за добу, год.

Підставляючи прийняті значення, отримаємо:

$$Q_{\text{сеп}} = \frac{20,47 \cdot 1,25}{4} = 6,40 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для подальшого конструкційного розрахунку приймаємо проектну продуктивність сепаратора 8,0 м³/год, що забезпечує необхідний резерв і допускає роботу обладнання за змінної вологості гною.

Робоча продуктивність шнека визначається за об'ємом матеріалу, який переміщується витками за одиницю часу:

$$Q_{\text{ш}} = 3600 \cdot F_{\text{ж}} \cdot S_1 \cdot n \cdot \varphi \cdot k_{\text{п}} \quad (3.2)$$

де

$Q_{\text{ш}}$ — об'ємна продуктивність шнека, м³/год;

$F_{\text{ж}}$ — жива площа між корпусом і валом шнека, м²;

S_1 — крок шнека в завантажувальній зоні, м;

n — частота обертання шнека, с⁻¹;

φ — коефіцієнт заповнення міжвиткового простору;

$k_{\text{п}}$ — коефіцієнт зниження подачі з урахуванням ковзання та неоднорідності гною.

Жива площа поперечного перерізу робочої камери визначається як площа кільця між зовнішнім діаметром шнека та валом:

$$F_{\text{ж}} = \frac{\pi \cdot (D_{\text{ш}}^2 - d_{\text{в}}^2)}{4} \quad (3.3)$$

де

$D_{\text{ш}}$ — зовнішній діаметр шнека, м;

$d_{\text{в}}$ — діаметр вала шнека, м.

$$F_{\text{ж}} = \frac{3,14 \cdot (0,25^2 - 0,06^2)}{4} = 0,0463 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{ш}} = 3600 \cdot 0,0463 \cdot 0,18 \cdot 1,0 \cdot 0,35 \cdot 0,75 = 7,87 \text{ м}^3/\text{год}$$

Отримане значення 7,87 м³/год практично відповідає прийнятій проєктній продуктивності 8,0 м³/год. Це підтверджує можливість використання шнека діаметром 250 мм із частотою обертання 60 хв⁻¹.

Ступінь геометричного ущільнення матеріалу за рахунок зміни кроку шнека визначається відношенням кроку в завантажувальній зоні до кроку в зоні віджимання:

$$K_{\text{ст}} = \frac{S_1}{S_2} \quad (3.4)$$

де

$K_{\text{ст}}$ — коефіцієнт геометричного стискання матеріалу;

S_2 — крок шнека в зоні віджимання, м.

$$K_{\text{ст}} = \frac{0,18}{0,12} = 1,50$$

Отже, за рахунок зменшення кроку шнека об'єм між витками у зоні віджимання зменшується приблизно в 1,5 раза. Це створює умови для підвищення тиску на гнойову масу та інтенсивнішого проходження рідини через сито.

Середній діаметр траєкторії руху матеріалу та кут підйому гвинтової лінії у зоні віджимання визначаються за формулами:

$$D_{\text{м}} = \frac{D_{\text{ш}} + d_{\text{в}}}{2} \quad (3.5)$$

$$\alpha = \arctg \frac{S_2}{\pi \cdot D_{\text{м}}} \quad (3.6)$$

де

$D_{\text{м}}$ — середній діаметр гвинтової лінії, м;

α — кут підйому гвинтової лінії шнека, град.

$$D_{\text{м}} = \frac{0,25 + 0,06}{2} = 0,155 \text{ м}$$

$$\alpha = \arctg \frac{0,12}{3,14 \cdot 0,155} = 13,8^\circ$$

Осьове зусилля у зоні віджимання орієнтовно визначається за прийнятим тиском пресування і живою площею робочої камери:

$$F_{\text{ос}} = p_{\text{в}} \cdot F_{\text{ж}} \quad (3.7)$$

де

$F_{\text{ос}}$ — осьове зусилля стискання гною, Н;

$p_{\text{в}}$ — розрахунковий тиск у зоні віджимання, Па.

$$F_{\text{ос}} = 0,25 \cdot 10^6 \cdot 0,0463 = 11575 \text{ Н}$$

Крутний момент на валу шнека з урахуванням кута підйому гвинтової лінії та тертя можна оцінити за виразом:

$$T_{\text{ш}} = \frac{F_{\text{ос}} \cdot D_{\text{м}}}{2 \cdot \eta_{\text{ш}}} \cdot \tg(\alpha + \varphi_{\text{т}}) \quad (3.8)$$

де

$T_{\text{ш}}$ — крутний момент на валу шнека, Н·м;

$\eta_{\text{ш}}$ — коефіцієнт корисної дії шнекового механізму;

$\varphi_{\text{т}}$ — кут тертя матеріалу по робочих поверхнях, град.

$$T_{\text{ш}} = \frac{11575 \cdot 0,155}{2 \cdot 0,80} \cdot \tg(13,8 + 14,0) = 604 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність привода шнека визначається за крутним моментом і частотою обертання:

$$P_{\text{ш}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T_{\text{ш}}}{1000} \quad (3.9)$$

де

$P_{\text{ш}}$ — потужність на приводі шнека, кВт.

$$P_{\text{ш}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,0 \cdot 604}{1000} = 3,79 \text{ кВт}$$

З урахуванням можливого збільшення опору під час забруднення сита, коливань вологості гною та необхідності пускового резерву для привода шнека доцільно прийняти електродвигун потужністю 5,5 кВт із редуктором, який забезпечує частоту обертання шнека близько 60 хв⁻¹.

Діаметр вала шнека перевіряється за умовою міцності на кручення:

$$d_{\text{роз}} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_{\text{ш}} \cdot 10^3}{\pi \cdot \tau_{\text{доп}}}} \quad (3.10)$$

де

$d_{\text{роз}}$ — розрахунковий діаметр вала за умовою кручення, мм;

$\tau_{\text{доп}}$ — допустиме напруження кручення матеріалу вала, МПа.

$$d_{\text{роз}} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 604 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 30}} = 46,8 \text{ мм}$$

Прийнятий діаметр вала 60 мм перевищує розрахункове значення, тому має необхідний запас міцності. Остаточна перевірка вала в робочому проєкті повинна додатково враховувати згин від маси шнека та реакцій опор.

Відкрита площа перфорованого сита визначається за площею бокової поверхні робочої частини та коефіцієнтом відкритої площі:

$$A_{\text{пер}} = \pi \cdot D_{\text{ш}} \cdot L_{\text{с}} \cdot \psi \quad (3.11)$$

де

$A_{\text{пер}}$ — відкрита площа перфорованого сита, м²;

$L_{\text{с}}$ — довжина робочої частини сита, м;

ψ — коефіцієнт відкритої площі сита.

$$A_{\text{пер}} = 3,14 \cdot 0,25 \cdot 1,20 \cdot 0,32 = 0,302 \text{ м}^2$$

Питомий гідравлічний потік через перфоровану поверхню становить:

$$q_A = \frac{Q_{\text{п}}}{A_{\text{пер}}} \quad (3.12)$$

де

q_A — питоме навантаження на відкриту площу сита, м³/(м²·год);

$Q_{\text{п}}$ — прийнята проєктна продуктивність сепаратора, м³/год.

$$q_A = \frac{8,0}{0,302} = 26,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Отримане значення питомого навантаження є прийнятним для попереднього проєктування, однак у процесі експлуатації воно залежатиме від фактичної вологості гною, розміру частинок, ступеня забруднення сита та режиму регулювання вихідної заслінки.

Годинна маса твердої фракції після сепарації визначається з урахуванням концентрації сухих речовин і ефективності їх вилучення:

$$M_{\text{т.год}} = \rho_{\text{г}} \cdot Q_{\text{п}} \cdot \frac{w_{\text{ср}}}{100} \cdot \frac{\eta_{\text{ср}}}{100} \cdot \frac{100}{w_{\text{т}}} \quad (3.13)$$

де

$M_{\text{т.год}}$ — годинна маса твердої фракції, кг/год;

$\rho_{\text{г}}$ — густина вихідного гною, кг/м³;

$w_{\text{ср}}$ — масова частка сухих речовин у вихідному гної, %;

$\eta_{\text{ср}}$ — частка сухих речовин, що переходить у тверду фракцію, %;

$w_{\text{т}}$ — масова частка сухих речовин у твердій фракції, %.

$$M_{\text{т.год}} = 1030 \cdot 8,0 \cdot \frac{6}{100} \cdot \frac{35}{100} \cdot \frac{100}{30} = 576,8 \text{ кг/год}$$

Отже, за продуктивності 8,0 м³/год сепаратор може формувати близько 0,58 т/год твердої фракції. Цей показник необхідно враховувати під час вибору контейнера, транспортера або майданчика для складування твердої фракції.

Динамічне зусилля віброушільнювача визначається за масою віброуючої плити, частотою коливань і амплітудою:

$$F_{\text{в}} = m_{\text{пл}} \cdot (2 \cdot \pi \cdot f_{\text{в}})^2 \cdot A_{\text{в}} \quad (3.14)$$

де

$F_{\text{в}}$ — інерційне зусилля віброушільнювача, Н;

$m_{\text{пл}}$ — маса віброуючої плити, кг;

$f_{\text{в}}$ — частота коливань, Гц;

$A_{\text{в}}$ — амплітуда коливань, м.

$$F_{\text{в}} = 12 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 25)^2 \cdot 0,0015 = 444 \text{ Н}$$

Для створення такого режиму достатньо застосувати малогабаритний вібропривід потужністю 0,18-0,25 кВт. Амплітуда 1,5 мм і частота 25 Гц забезпечують ушільнювальну дію без надмірного розбризкування рідкого гною.

Сумарна жорсткість пружинного блока за заданою власною частотою коливальної системи визначається за залежністю:

$$c_{\Sigma} = m_{\text{пл}} \cdot (2 \cdot \pi \cdot f_0)^2 \quad (3.15)$$

де

c_{Σ} — сумарна жорсткість пружинного блока, Н/м;

f_0 — прийнята власна частота коливальної системи, Гц.

$$c_{\Sigma} = 12 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 15)^2 = 106600 \text{ Н/м}$$

Якщо застосувати чотири однакові пружини, жорсткість однієї пружини становитиме:

$$c_1 = \frac{c_{\Sigma}}{z_{\Pi}} \quad (3.16)$$

де

c_1 — жорсткість однієї пружини, Н/м;

z_{Π} — кількість пружин у пружинному блоці.

$$c_1 = \frac{106600}{4} = 26650 \text{ Н/м} = 26,65 \text{ кН/м}$$

Маса регулювального вантажу заслінки визначається за рівновагою моментів від зусилля притискання та ваги вантажу:

$$m_{\text{вант}} = \frac{F_3 \cdot l_1}{g \cdot l_2} \quad (3.17)$$

де

$m_{\text{вант}}$ — маса регулювального вантажу, кг;

F_3 — потрібне зусилля притискання заслінки, Н;

l_1 — плече дії зусилля заслінки, м;

l_2 — плече дії ваги вантажу, м;

g — прискорення вільного падіння, м/с².

$$m_{\text{вант}} = \frac{1200 \cdot 0,15}{9,81 \cdot 0,50} = 36,7 \text{ кг}$$

У конструкції доцільно передбачити набірний вантаж масою 30-40 кг або можливість його переміщення по важелю. Це дасть змогу змінювати протитиск залежно від фактичної вологості гною та бажаної вологості твердої фракції.

Розрахунок показує, що прийнятий діаметр шнека 250 мм, крок 180 мм у завантажувальній зоні та частота обертання 60 хв⁻¹ забезпечують продуктивність, близьку до заданої. Зменшення кроку до 120 мм у зоні віджимання створює геометричний коефіцієнт стискання 1,5, що є основним конструктивним чинником

підвищення ефективності відділення рідкої фракції. Привід потужністю 5,5 кВт має достатній резерв порівняно з розрахунковою потужністю 3,79 кВт.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку основних параметрів удосконаленого преса-сепаратора

Показник	Одиниця вимірювання	Розрахункове значення
Мінімальна потрібна продуктивність сепаратора	м ³ /год	6,40
Прийнята проектна продуктивність	м ³ /год	8,0
Діаметр шнека	мм	250
Діаметр вала шнека	мм	60
Частота обертання шнека	хв ⁻¹	60
Крок шнека у завантажувальній зоні	мм	180
Крок шнека у зоні віджимання	мм	120
Коефіцієнт геометричного стискання	—	1,50
Жива площа робочої камери	м ²	0,0463
Розрахункова продуктивність шнека	м ³ /год	7,87
Осьове зусилля в зоні віджимання	Н	11575
Крутний момент на валу шнека	Н·м	604
Розрахункова потужність привода шнека	кВт	3,79
Прийнята потужність електродвигуна шнека	кВт	5,5
Відкрита площа сита	м ²	0,302
Питоме навантаження на сито	м ³ /(м ² ·год)	26,5
Орієнтовна маса твердої фракції	кг/год	576,8
Інерційне зусилля віброуцілювача	Н	444
Жорсткість однієї пружини	кН/м	26,65
Рекомендована маса регулювального вантажу	кг	30-40

Для практичного виготовлення робочого органа доцільно прийняти шнек із листової сталі товщиною 6-8 мм, вал діаметром 60 мм, зварну маточину та знімне перфороване сито з нержавіючої сталі. Поверхні, що контактують із гноєм, повинні мати антикорозійний захист або виготовлятися з корозійностійкого матеріалу. У зоні завантаження потрібно передбачити люк для огляду віброущільнювача, а в нижній частині - патрубок для промивання і зливу залишків рідини після зупинки.

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика розробленого преса-сепаратора

Параметр	Значення
Тип обладнання	шнековий прес-сепаратор гною з віброущільнювачем
Призначення	розділення рідкого свинячого гною на тверду і рідку фракції
Паспортна продуктивність	до 8 м³/год
Діаметр шнека	250 мм
Діаметр вала шнека	60 мм
Крок шнека	180 мм у зоні завантаження; 120 мм у зоні віджимання
Довжина робочої частини сита	1200 мм
Рекомендований розмір отворів або щілин сита	0,75-1,0 мм
Потужність електродвигуна шнека	5,5 кВт
Потужність вібропривода	0,18-0,25 кВт
Регулювання вологості твердої фракції	змінною протитиску вихідної заслінки
Матеріал сита	корозійностійка сталь
Орієнтовна маса твердої фракції за номінальної продуктивності	0,58 т/год

3.5 Висновки до розділу

У розділі розроблено варіант удосконалення преса-сепаратора гною для модернізованої технологічної лінії свиноферми. Запропоновано обладнати завантажувальну зону віброущільнювачем і застосувати шнек зі змінним кроком витків: 180 мм у зоні подачі та 120 мм у зоні віджимання. Таке рішення спрямоване на стабілізацію подачі рідкого гною, підвищення тиску в зоні фільтрування і зменшення вологості твердої фракції.

Виконано конструкційно-технологічні розрахунки основних параметрів. Встановлено, що при діаметрі шнека 250 мм, діаметрі вала 60 мм і частоті обертання 60 хв^{-1} розрахункова продуктивність становить $7,87 \text{ м}^3/\text{год}$, що відповідає прийнятій проєктній продуктивності $8,0 \text{ м}^3/\text{год}$. Коефіцієнт геометричного стискання за рахунок зменшення кроку шнека становить 1,5.

Розрахункова потужність привода шнека дорівнює 3,79 кВт, тому з урахуванням експлуатаційного резерву прийнято електродвигун потужністю 5,5 кВт. Перевірка вала на кручення показала, що прийнятий діаметр 60 мм перевищує розрахунковий діаметр 46,8 мм. Для перфорованого сита діаметром 250 мм і довжиною робочої частини 1200 мм відкрита площа становить $0,302 \text{ м}^2$, а питоме навантаження - $26,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

Розраховано параметри віброущільнювача: при масі плити 12 кг, частоті 25 Гц і амплітуді 1,5 мм інерційне зусилля становить близько 444 Н. Для пружинного блока з чотирьох пружин рекомендована жорсткість однієї пружини становить $26,65 \text{ кН/м}$. Регулювання протитиску вихідної заслінки доцільно виконувати за допомогою набору вантажів масою 30-40 кг або переміщенням вантажу по важелю.

Отже, запропонований прес-сепаратор є технічно доцільним для застосування у складі модернізованої лінії видалення гною на свинофермі. Його впровадження дозволить підвищити ефективність розділення рідкого гною на фракції, зменшити навантаження на лагуну-відстійник і поліпшити умови подальшого використання органічних добрив.

4 Охорона праці

4.1 Загальні вимоги охорони праці при видаленні гною

Охорона праці під час видалення, транспортування та розділення гною на свинофермі є обов'язковою складовою модернізації технологічного процесу. На ділянці гноєвидалення поєднуються механічні, електричні, санітарно-біологічні та організаційні небезпеки, тому безпечність процесу має забезпечуватися не лише інструктажем персоналу, а й конструктивними рішеннями обладнання, правильним розміщенням машин, організацією робочого місця та регулярним контролем технічного стану системи. Загальні вимоги до створення безпечних умов праці визначаються Законом України «Про охорону праці» та галузевими правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві [20, 21].

Технологічний процес видалення гною на свинофермі з утриманням тварин на щільній підлозі передбачає надходження рідкого гною у канали, його подальше переміщення насосами або самопливом, подавання до приймальної місткості, механічне розділення на тверду і рідку фракції та транспортування фракцій до місць зберігання або подальшого використання. На кожному з цих етапів можливе утворення небезпечних ситуацій: підвищена слизькість підлоги, контакт із біологічно забрудненою масою, виділення газів, потрапляння одягу або кінцівок у рухомі частини механізмів, ураження електричним струмом, а також травмування під час очищення, налагодження чи ремонту обладнання [21, 26].

Особливістю роботи з гноєм є наявність біологічних і хімічних чинників. У процесі зберігання та перемішування гнойової маси можуть виділятися аміак, сірководень, метан, вуглекислий газ та інші сполуки. Найбільшу небезпеку становить сірководень, який може накопичуватися у понижених місцях, гноєзбірниках, каналах і закритих місткостях. Метан створює пожежо- та вибухонебезпечну атмосферу, а аміак подразнює слизові оболонки і дихальні шляхи. Тому роботи біля приймальних колодязів, лагун, гнойових каналів і насосних приямків повинні виконуватися з урахуванням вимог вентиляції,

контролю повітряного середовища, заборони відкритого вогню та недопущення самотійного спуску працівників у замкнуті або напівзамкнуті простори [26, 27].

До виконання робіт з видалення та розділення гною допускаються працівники, які пройшли вступний і первинний інструктаж з охорони праці, навчання безпечним методам роботи, перевірку знань, медичний огляд у встановленому порядку та ознайомлені з інструкцією з експлуатації обладнання. Працівник повинен знати технологічну схему ділянки, місця встановлення запірної арматури, порядок аварійного вимкнення обладнання, розташування кнопок «Стоп», порядок дій у разі закупорювання трубопроводів, витікання гною, появи стороннього шуму, підвищеної вібрації або запаху газів [20, 21].

Перед початком роботи оператор зобов'язаний перевірити справність огорож рухомих частин, надійність кріплення кожухів, стан електричних кабелів, наявність заземлення, справність пускової та аварійної апаратури, відсутність сторонніх предметів у завантажувальній горловині, чистоту проходів і підлоги навколо обладнання. Підтікання гною, мастила або води на підлогу мають усуватися до запуску обладнання, оскільки вони збільшують ризик падіння і можуть призвести до ураження електричним струмом при пошкодженій ізоляції кабелів [21, 25].

Під час роботи лінії гноєвидалення забороняється відкривати захисні кожухи, торкатися рухомих частин, очищати шнек, сито або завантажувальну горловину руками, проштовхувати гній сторонніми предметами, перебувати біля відкритих приводів, виконувати регулювання заслінок без зупинки обладнання, а також залишати прес-сепаратор без нагляду при нестійкій подачі маси. Всі операції з очищення, розбирання, підтягування кріплень, заміни сита, ремонту приводу чи усунення заклинювання повинні виконуватися лише після повної зупинки обладнання, відключення електроживлення і виключення можливості випадкового пуску [22, 25].

Працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, водостійке взуття з неслизькою підошвою, гумові або полімерні рукавиці, захисні окуляри або щиток при ризику розбризкування, респіратор у разі

підвищеної запиленості чи запаху шкідливих газів, а також засоби захисту слуху при підвищеному шумі від електроприводу, насоса або вібраційного вузла. Після завершення роботи працівник повинен вимити руки, очистити взуття і спецодяг, а забруднений інструмент промити та розмістити у відведеному місці.

Робоча зона преса-сепаратора повинна мати достатнє освітлення, вільні проходи для обслуговування, неслизьке покриття підлоги, організований відвід рідкої фракції, доступ до аварійного вимикача та місце для безпечного зняття твердої фракції. Машину необхідно встановлювати на міцній основі, що виключає її зміщення під час роботи віброуцілювача. При компонуванні ділянки слід забезпечувати безпечні відстані до рухомих частин і неможливість випадкового потрапляння кінцівок у небезпечні зони, що відповідає загальним принципам безпеки машин [22, 23].

4.2 Вимоги охорони праці при роботі пресом-сепаратором

Прес-сепаратор гною належить до машин безперервної дії, у яких матеріал переміщується шнеком уздовж перфорованого сита, рідка фракція відводиться через отвори сита, а тверда фракція виштовхується через вихідний вузол із регульованим опором. У модернізованому варіанті додатково використовується віброуцілювач у завантажувальній зоні, що підвищує рівномірність подачі, але водночас створює додаткові небезпечні чинники: локальну вібрацію, можливість послаблення кріплень, защемлення у пружинному блоці та підвищений шум.

Для зниження ризику травмування небезпечні зони преса-сепаратора повинні бути ідентифіковані на стадії проєктування та експлуатації. Відповідно до принципів безпеки машин спочатку необхідно усунути небезпеку конструктивно, потім застосувати технічні засоби захисту, і лише після цього встановлювати організаційні обмеження та попереджувальні написи [22]. Захисні огорожі мають бути достатньо міцними, надійно закріпленими, не створювати нових небезпек, не ускладнювати обслуговування без потреби та унеможливити доступ до рухомих елементів під час роботи [23, 24].

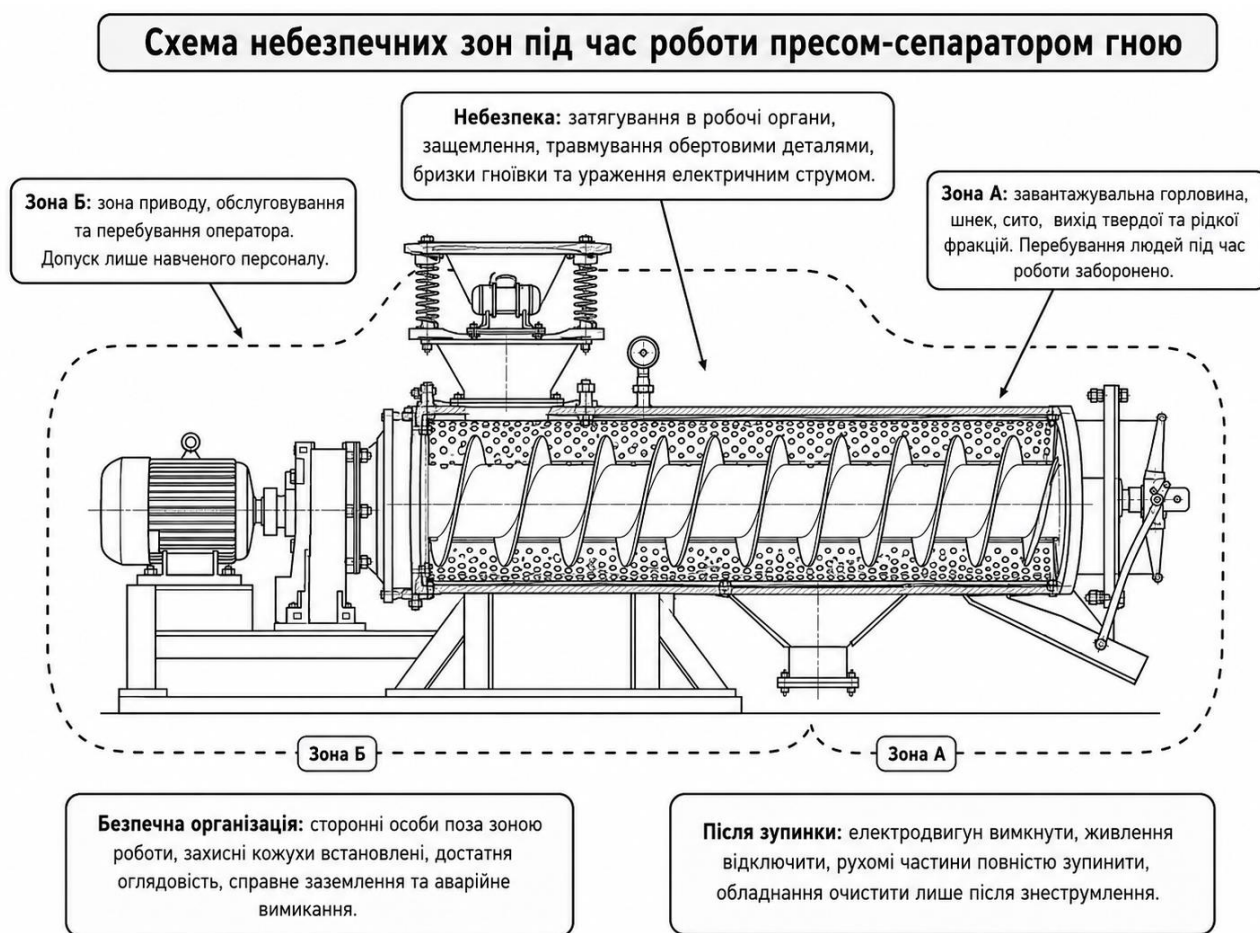


Рисунок 4.1 - Небезпечні зони преса-сепаратора гною

На рисунку 4.1 позначено основні небезпечні зони, що потребують конструктивного захисту, регламентованого доступу та постійного контролю технічного стану. Конструкція преса-сепаратора повинна передбачати захисне огороження муфти, електродвигуна, редуктора, відкритих ділянок шнека, важільно-вантажного механізму регулювання вологості твердої фракції та вібраційного вузла. Огороження мають зніматися лише за допомогою інструмента або бути обладнані пристроями, що унеможливають запуск машини при відкритому доступі до небезпечної зони. Відстані від отворів у захисних елементах до рухомих частин повинні виключати досягання небезпечних зон верхніми або нижніми кінцівками [23, 24].

Пуск преса-сепаратора дозволяється тільки після перевірки відсутності сторонніх предметів у завантажувальній горловині, закриття кожухів, відкриття лінії відведення рідкої фракції, готовності транспортера або місткості для твердої

фракції, а також після короткого холостого прокручування. Якщо під час запуску з'являються удари, нестійке обертання, сильна вібрація, запах перегріву ізоляції або витікання гною через нештатні місця, обладнання слід негайно зупинити.

У процесі роботи оператор контролює рівномірність подачі рідкого гною, стан виходу твердої фракції, відсутність переливу рідкої фракції, нагрівання електродвигуна і редуктора, шум та вібрацію віброущільнювача. Не допускається робота при відсутності потоку рідкої фракції через сито, оскільки це може свідчити про забивання перфорації, підвищення тиску в зоні віджиму і перевантаження приводу. У разі закупорювання сита прес зупиняють, знеструмлюють, вивішують попереджувальний знак про заборону вмикання і тільки після цього виконують очищення.

Регулювання заслінки виходу твердої фракції та положення вантажів необхідно виконувати плавно, без перебування рук у зоні можливого переміщення важелів. При збільшенні притискного зусилля слід контролювати струм електродвигуна, оскільки надмірний опір виходу твердої фракції може спричинити заклинювання шнека, зрізання кріпильних елементів або руйнування сита.

Після завершення роботи прес-сепаратор зупиняють у встановленій послідовності: припиняють подачу гною, дають машині короткочасно попрацювати для звільнення робочої камери, вимикають електродвигун, перекривають подачу, знеструмлюють обладнання, промивають завантажувальну горловину, сито, лоток рідкої фракції та зону виходу твердої фракції. Забороняється спрямовувати струмінь води безпосередньо на електродвигун, пускову апаратуру, кабельні вводи та клемні коробки [25].

Особлива увага приділяється роботам у приймальних місткостях, колодязях і каналах, які можуть належати до замкнутих або важкодоступних просторів. Такі роботи не повинні виконуватися одноосібно. Перед входом необхідно провітрити простір, перевірити повітряне середовище, використовувати страхувальні засоби та забезпечити спостерігача зовні. При появі різкого запаху, запаморочення, слабкості, подразнення очей або утрудненого дихання працівник повинен негайно залишити небезпечну зону, а рятування потерпілого проводиться лише з

використанням засобів захисту і без самовільного спуску у небезпечний простір [26, 27].

4.3 Висновки до розділу

У розділі визначено основні небезпечні та шкідливі чинники, що виникають під час видалення гною на свинофермі та експлуатації модернізованого преса-сепаратора. До найбільш суттєвих належать механічні небезпеки рухомих частин, електричні ризики у вологому середовищі, біологічне забруднення, виділення шкідливих газів, а також небезпеки, пов'язані з очищенням і технічним обслуговуванням обладнання.

Для преса-сепаратора виділено сім небезпечних зон: електропривід, завантажувальну горловину, вібровузол, шнеково-ситовий блок, вихід твердої фракції, зону відведення рідкої фракції та зону обслуговування. Для кожної зони встановлено вимоги щодо огороження, блокування, регламенту доступу, знеструмлення під час ремонту, санітарного захисту та організації безпечного робочого місця.

Запропоновані заходи охорони праці забезпечують зниження ризику травмування оператора, підвищують надійність експлуатації модернізованого обладнання і створюють основу для безпечного впровадження преса-сепаратора у технологічну лінію видалення гною на свинофермі.

5 Техніко-економічна оцінка

Техніко-економічну оцінку виконано для порівняння двох варіантів організації процесу видалення та подальшого поводження з рідким гноєм на свинофермі. Базовим прийнято традиційний варіант, за якого гній після видалення зі свинарників надходить до збірних ємностей і далі накопичується у лагунах-відстійниках без попереднього розділення на фракції. Удосконаленим варіантом передбачено включення до технологічної лінії преса-сепаратора, що забезпечує виділення твердої фракції та подавання рідкої фракції на подальше зберігання або використання.

Порівняння варіантів проведено за річними експлуатаційними витратами, додатковими капітальними вкладеннями та очікуваним економічним ефектом. До складу експлуатаційних витрат включено оплату праці з нарахуваннями, електроенергію, технічне обслуговування і ремонт, амортизаційні відрахування, а також витрати, пов'язані з перемішуванням, транспортуванням, внесенням і обслуговуванням сховищ гною [28, 29].

У розрахунках не наводиться хід визначення окремих показників, оскільки метою розділу є узагальнена оцінка доцільності модернізації технологічного процесу. Прийняті величини є розрахунковими для умов свиноферми із закінченим циклом виробництва на 500 продуктивних свиноматок і можуть уточнюватися за фактичними тарифами на електроенергію, рівнем оплати праці та вартістю обладнання на момент впровадження.

5.1 Вихідні дані

Вихідні дані сформовано з урахуванням технологічних умов ферми, прийнятої схеми видалення гною, тривалості роботи лінії та основних витратних складових. Для базового варіанта характерним є накопичення всієї маси рідкого гною у сховищах, що збільшує обсяг перемішування, перекачування і транспортування. Для удосконаленого варіанта враховано роботу преса-

сепаратора, додаткові енергетичні витрати та зменшення витрат на подальше поводження з гноєм завдяки виділенню твердої фракції [2].

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для техніко-економічної оцінки

Показник	Одиниця виміру	Прийняте значення
Тип підприємства	-	свиноферма із закінченим циклом виробництва
Кількість продуктивних свиноматок	гол.	500
Система утримання тварин	-	на щілинній підлозі
Середньодобовий обсяг рідкого гною з технологічною водою	м³/добу	42,0
Річний обсяг гнойових стоків	м³/рік	15330
Частка твердої фракції після сепарації	%	18–22
Частка рідкої фракції після сепарації	%	78–82
Продуктивність преса-сепаратора	м³/год	6,0
Встановлена потужність електроприводів базової лінії	кВт	9,0
Встановлена потужність електроприводів удосконаленої лінії	кВт	15,5
Вартість електроенергії для розрахунку	грн/кВт·год	7,5
Оплата праці з нарахуваннями	грн/люд.-год	130
Додаткові капітальні вкладення в модернізацію	тис. грн	820,0
Розрахунковий строк служби додаткового обладнання	років	8

5.2 Результати розрахунків економічних показників

Економічні показники визначено для двох варіантів технологічного процесу. У базовому варіанті основна частина витрат припадає на обслуговування лагун, перемішування гнойової маси, транспортування значного обсягу рідкого гною та виконання робіт із його внесення на поля. В удосконаленому варіанті зростають витрати на електроенергію, технічне обслуговування та амортизацію додаткового обладнання, проте зменшується обсяг робіт зі зберігання і транспортування рідкої маси.

Додатковою перевагою модернізованого процесу є отримання твердої фракції, яку можна використовувати як органічне добриво або направляти на компостування. Це знижує втрати поживних речовин, полегшує транспортування органічної маси та зменшує навантаження на лагуни-відстійники [2, 30]. Узагальнені результати оцінки наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати розрахунків економічних показників

Показник	Базовий варіант	Удосконале ний варіант	Зміна показника
Річний обсяг гнойових стоків, м³/рік	15330	15330	без змін
Обсяг твердої фракції, т/рік	-	2760	+2760
Обсяг рідкої фракції після сепарації, м³/рік	15330	12570	-2760
Витрати на оплату праці з нарахуваннями, тис. грн/рік	302,4	245,7	-56,7
Витрати на електроенергію, тис. грн/рік	118,0	232,5	+114,5
Витрати на технічне обслуговування і ремонт, тис. грн/рік	172,0	218,0	+46,0
Амортизаційні відрахування, тис. грн/рік	135,0	241,0	+106,0

Витрати на перемішування, транспортування, внесення та обслуговування сховищ, тис. грн/рік	648,0	398,0	-250,0
Сумарні річні експлуатаційні витрати, тис. грн/рік	1375,4	1335,2	-40,2
Умовний агрономічний ефект від використання твердої фракції, тис. грн/рік	-	286,0	+286,0
Приведені річні витрати з урахуванням агрономічного ефекту, тис. грн/рік	1375,4	1049,2	-326,2
Річний економічний ефект від модернізації, тис. грн/рік	-	326,2	+326,2
Додаткові капітальні вкладення, тис. грн	-	820,0	+820,0
Орієнтовний строк окупності додаткових вкладень, років	-	2,5	прийнятний для впровадження

Аналіз результатів свідчить, що впровадження преса-сепаратора потребує додаткових капітальних вкладень та збільшує витрати на електроенергію, технічне обслуговування й амортизацію. Разом з тим зменшується навантаження на систему зберігання рідкого гною, скорочуються витрати на перемішування, транспортування і внесення гнойової маси, а також з'являється можливість окремого використання твердої фракції.

Найбільший позитивний вплив удосконалення проявляється не лише у прямому скороченні експлуатаційних витрат, а й у підвищенні технологічної керованості процесу. Тверда фракція має менший об'єм порівняно з вихідним рідким гноєм, простіше транспортується, може складуватися окремо та використовуватися у вигляді органічного добрива або сировини для

компостування. Рідка фракція після сепарації є більш однорідною, краще перекачується насосним обладнанням і створює менше проблем із замуленням сховищ.

5.3 Висновки до розділу

У розділі виконано техніко-економічну оцінку модернізації технологічного процесу видалення гною на свинофермі шляхом включення до лінії преса-сепаратора. Порівняння базового та удосконаленого варіантів показало, що розділення рідкого гною на фракції дає змогу зменшити обсяг рідкої маси, яка надходить на зберігання, скоротити витрати на транспортування та обслуговування сховищ, а також отримати додатковий корисний продукт у вигляді твердої фракції.

За прийнятими вихідними даними сумарний річний економічний ефект від модернізації становить 326,2 тис. грн. За додаткових капітальних вкладень 820,0 тис. грн орієнтовний строк окупності становить 2,5 року, що свідчить про економічну доцільність реалізації запропонованого технічного рішення.

Отже, впровадження удосконаленого технологічного процесу з використанням преса-сепаратора є обґрунтованим як з економічної, так і з виробничо-технологічної точки зору. Запропоноване рішення підвищує ефективність поводження з гноєм, зменшує експлуатаційне навантаження на лагуни-відстійники та створює передумови для раціонального використання органічних добрив у господарстві.

Загальні висновки

У дипломному проєкті розглянуто питання модернізації технологічного процесу видалення гною на свинофермі з розробкою преса-сепаратора для розділення рідкого гною на тверду та рідку фракції.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан технологій видалення, транспортування, зберігання та утилізації гною на свинофермах. Встановлено, що традиційне накопичення рідкого гною у лагунах-відстійниках потребує значних об'ємів споруд, ускладнює подальше використання органічної маси та створює підвищене екологічне навантаження. Обґрунтовано доцільність застосування механічного розділення гною на фракції.

У другому розділі запропоновано модернізовану технологічну схему видалення гною для свиноферми із закінченим циклом виробництва на 500 продуктивних свиноматок. Передбачено включення до технологічної лінії преса-сепаратора, що дозволяє зменшити обсяг рідкої фракції, спростити транспортування твердої фракції та підвищити ефективність подальшого використання органічних відходів.

У третьому розділі розроблено конструктивне удосконалення преса-сепаратора. Запропоновано обладнати завантажувальну зону віброущільнювачем, а також зменшити крок шнека в зоні віджимання з 180 до 120 мм. Таке рішення сприяє підвищенню тиску в робочій зоні, покращенню відділення рідкої фракції та зменшенню вологості твердої фракції.

У четвертому розділі розроблено заходи з охорони праці під час виконання робіт із видалення гною та експлуатації преса-сепаратора. Визначено основні небезпечні зони обладнання, встановлено вимоги до безпечної роботи, технічного обслуговування, електробезпеки та санітарно-гігієнічного захисту персоналу.

У п'ятому розділі виконано техніко-економічну оцінку запропонованої модернізації. Порівняння базового та удосконаленого варіантів показало, що впровадження преса-сепаратора дає змогу знизити експлуатаційні витрати,

покращити організацію поводження з гноєм і забезпечити економічну доцільність запропонованого технічного рішення.

Отже, запропонована модернізація технологічного процесу видалення гною на свинофермі є технічно обґрунтованою, сприяє підвищенню ефективності роботи лінії, покращує умови зберігання та використання органічних відходів і може бути рекомендована до впровадження у виробництво.

Бібліографія

1. Міністерство аграрної політики України. (2006). ВНТП-АПК-09.06. Системи видалення, обробки, підготовки та використання гною. Київ. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=53699
2. 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://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107189>
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. https://eur-lex.europa.eu/eli/dec_impl/2017/302/oj/eng
4. Hjorth, M., Christensen, K. V., Christensen, M. L., & Sommer, S. G. (2010). Solid-liquid separation of animal slurry in theory and practice: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 153–180. <https://doi.org/10.1051/agro/2009010>
5. Møller, H. B., Lund, I., & Sommer, S. G. (2000). Solid-liquid separation of livestock slurry: Efficiency and cost. *Bioresource Technology*, 74(3), 223–229. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00016-X](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00016-X)
6. Lyons, G. A., Cathcart, A., Frost, J. P., Wills, M., Johnston, C., Ramsey, R., & Smyth, B. (2021). Review of two mechanical separation technologies for the sustainable management of agricultural phosphorus in nutrient-vulnerable zones. *Agronomy*, 11(5), 836. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050836>
7. NC State Extension Publications. (n.d.). Screw press separation of manure. <https://content.ces.ncsu.edu/screw-press-separation-of-manure>
8. Texas A&M AgriLife Extension. (2018). Solid-liquid separation of animal manure and wastewater. Texas Animal Manure Management Issues. <https://tammi.tamu.edu/2018/03/05/solid-liquid-separation-animal-manure-wastewater/>
9. Chastain, J. P., Lucas, W. D., Albrecht, J. E., Pardue, J. C., Adams, J., & Moore, K. P. (2001). Removal of solids and major plant nutrients from swine manure

using a screw press separator. *Applied Engineering in Agriculture*, 17(3), 355–363.
<https://hero.epa.gov/reference/4480930/>

10. Zhang, Y., Xia, X., Li, Z., Wang, M., Yang, T., & Xi, B. (2023). Solid-liquid separation and its environmental impact on manure treatment in scaled pig farms: Evidence based on life cycle assessment. *Agriculture*, 13(12), 2284.
<https://doi.org/10.3390/agriculture13122284>

11. EU CAP Network. (n.d.). Solid-liquid separation of manure. https://eu-cap-network.ec.europa.eu/projects/practice-abstracts/solid-liquid-separation-manure_en

12. Flotats, X. (2022). Slurry management: Solid/liquid separation of swine manure. *Pig333*. https://www.pig333.com/articles/solid-liquid-separation-of-swine-manure_17403/

13. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. (2024). ДБН В.2.2-1:2024. Будівлі і споруди для тваринництва. https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3530811256246110088

14. Iowa Department of Natural Resources. (2010). Table 5. Manure production per space of capacity. <https://www.iowadnr.gov/media/6179/download?inline=>

15. Dairy Conservation Navigator. (n.d.). Manure separation: Coarse solid-liquid separation via sloped screens and screw press. <https://www.dairyconservation.org/practices/manure-separation%3A-coarse-solid-liquid-separation>

16. USDA Natural Resources Conservation Service. (2019). National Engineering Handbook, Part 637: Environmental Engineering. Chapter 4. Solid-liquid separation alternatives for manure handling and treatment. USDA NRCS.

17. Співаковський, А. О., & Дьячков, В. К. (1983). Транспортирующие машины. Машиностроение.

18. Павлице, В. Т. (2003). Основи конструювання та розрахунків деталей машин. Афіша.

19. Ревенко, І. І., Роговий, А. А., & Брагінець, М. В. (2009). Машини та обладнання для тваринництва. Кондор.

20. Верховна Рада України. (1992). Закон України «Про охорону праці» № 2694-XII. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
21. Міністерство соціальної політики України. (2018). Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві: Наказ № 1240. <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1090-18>
22. ДСТУ EN ISO 12100:2016. (2016). Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків.
23. ДСТУ EN ISO 13857:2021. (2021). Безпечність машин. Безпечні відстані для запобігання потраплянню верхніх і нижніх кінцівок у небезпечні зони.
24. ДСТУ EN ISO 14120:2017. (2017). Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож.
25. Міністерство праці та соціальної політики України. (1998). НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів: Наказ № 4. <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0093-98>
26. European Parliament and Council of the European Union. (2009). Directive 2009/104/EC concerning the minimum safety and health requirements for the use of work equipment by workers at work. Official Journal of the European Union.
27. Occupational Safety and Health Administration. (2021). Working safely around manure storage structures (OSHA 4166). OSHA.
28. Міністерство аграрної політики України. (2001). Методичні рекомендації з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції, робіт і послуг сільськогосподарських підприємств. Київ.
29. Міністерство фінансів України. (2000). Національне положення (стандарт) бухгалтерського обліку 7 «Основні засоби».
30. Burton, C. H., & Turner, C. (2003). Manure management: Treatment strategies for sustainable agriculture (2nd ed.). Silsoe Research Institute.

Додатки

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

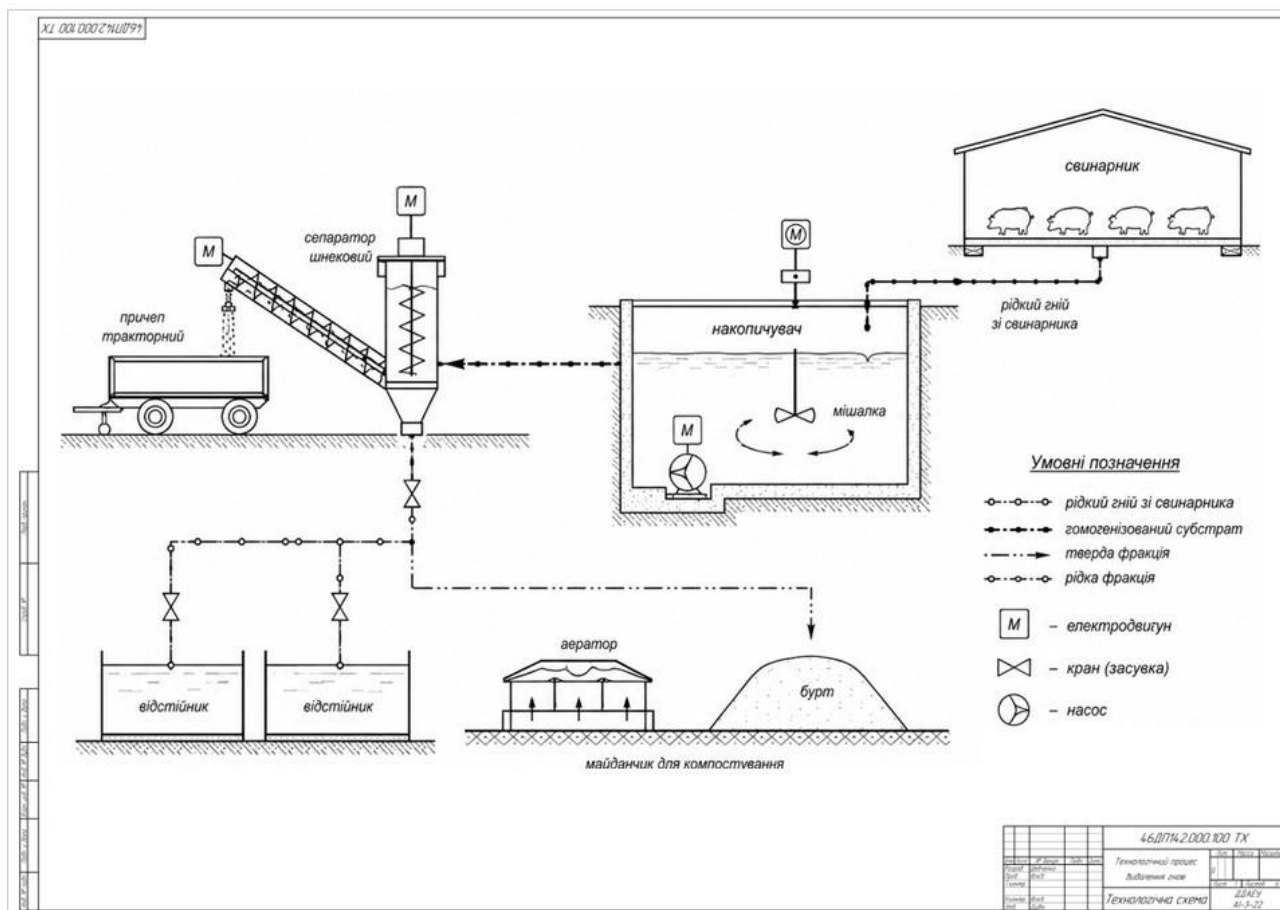
Модернізація технологічного процесу видалення гною на свинофермі з розробкою преса-сепаратора

демонстраційний матеріал до дипломного проєкту рівня вищої освіти «Бакалавр»

Виконав: студент 3 курсу, групи АІ-2-22
Шевченко Денис Олександрович

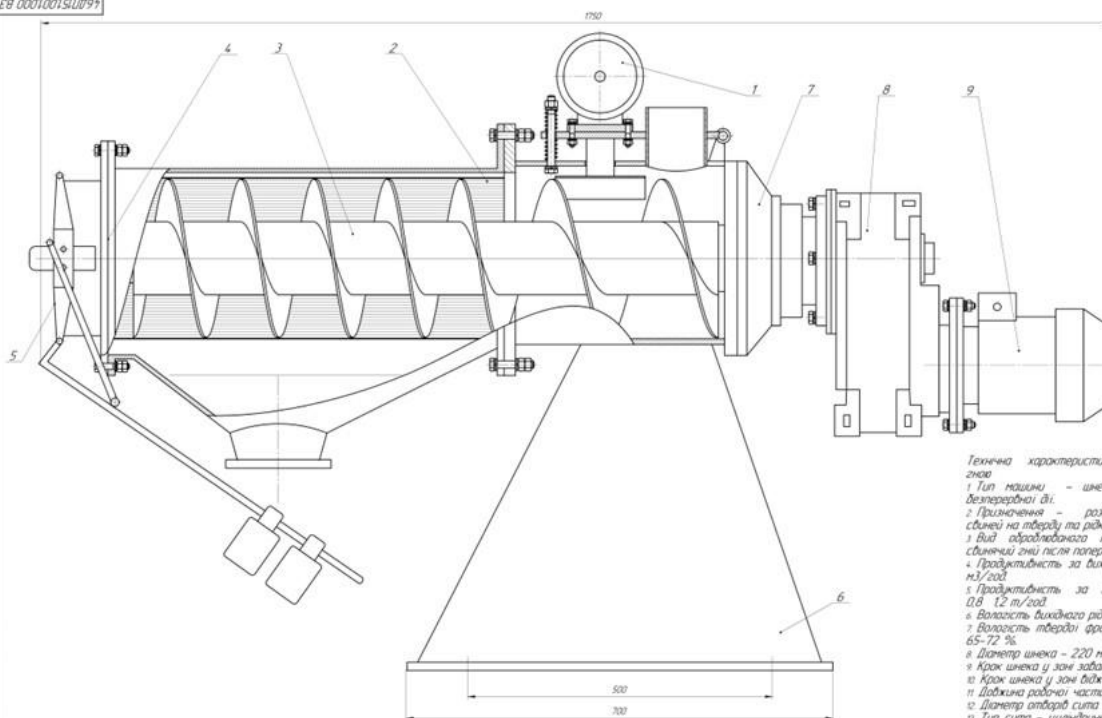
Керівник: к.т.н., доцент
Івлєв Віталій Володимирович

Дніпро-2026





- | | | |
|-------------------------------|---|--|
| 1 – вал шнека | 6 – пружинний блок | 11 – вантаж |
| 2 – завантажувальний шнек | 7 – стискуючий шнек | 12 – горловина відводу
рідкої фракції |
| 3 – завантажувальна горловина | 8 – сито | 13 – ушлікуючий сектор |
| 4 – віброплита | 9 – заслінка регулювання вологості
твердої фракції | |
| 5 – вібратор | 10 – система важелів | |

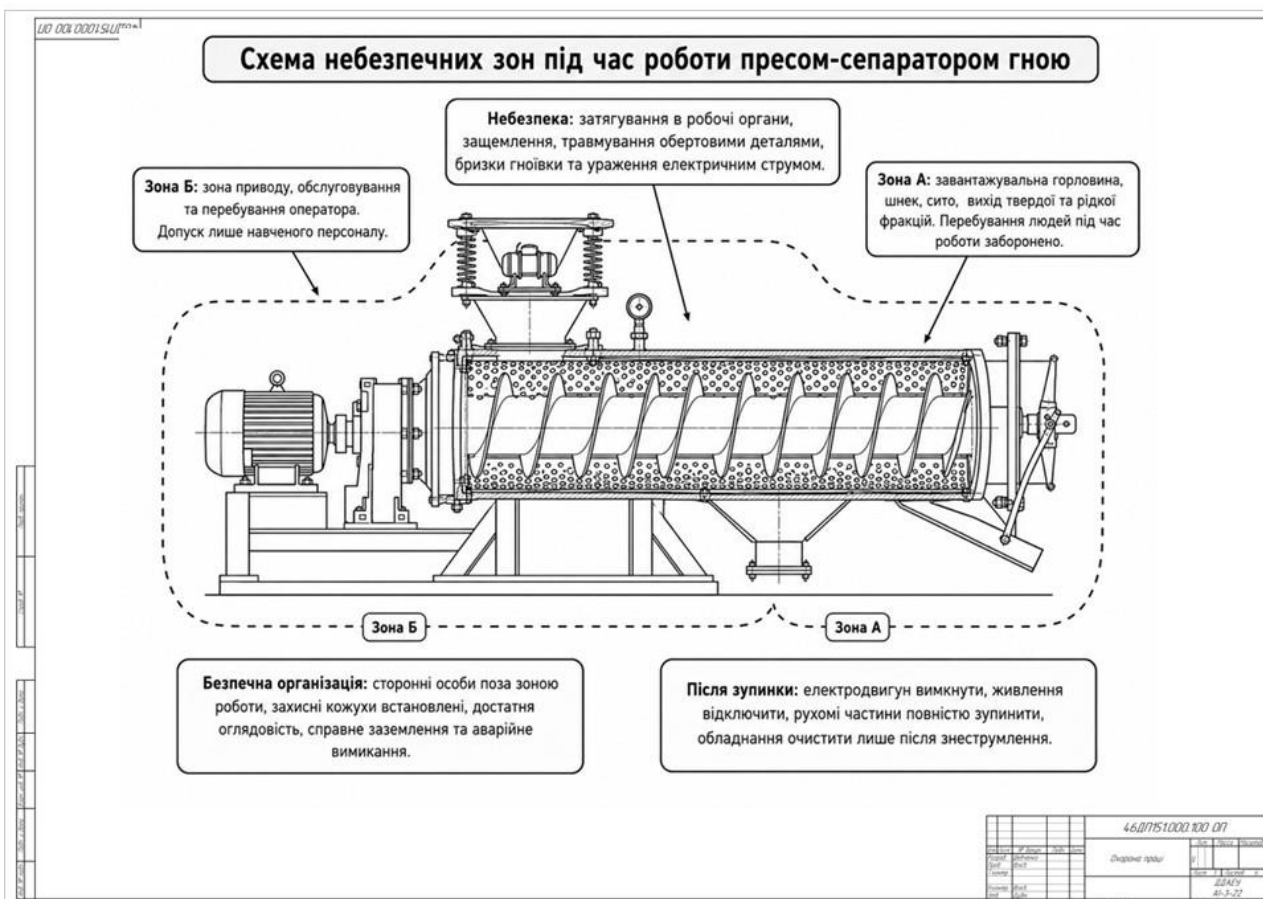
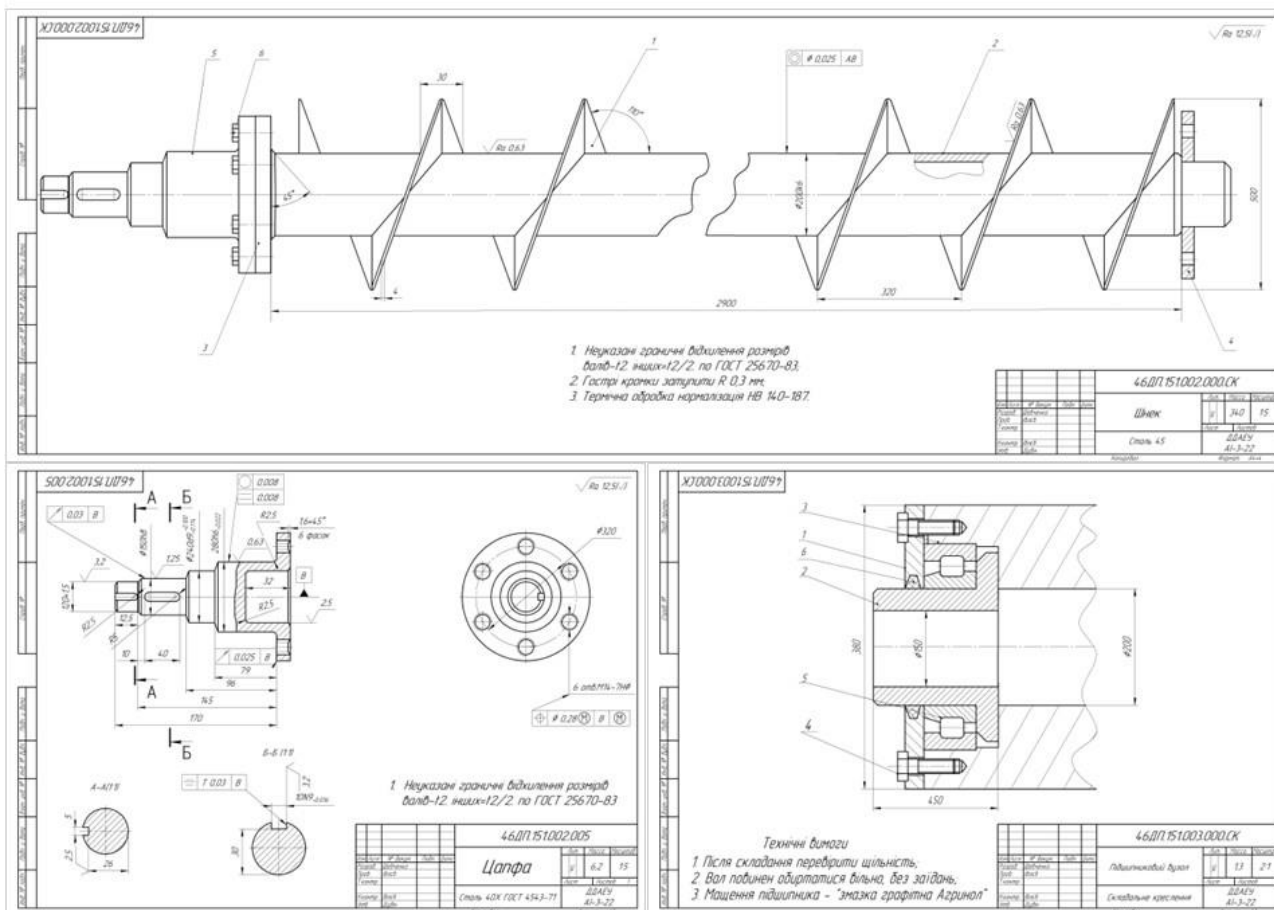
[illegible]

- 4,0 кВт
- № Частота обертання шнека - 35-45 об/хв
- Додатковий робочий орган - вібраційний
- завантажувальний зомі
- Потужність приводу вібраційного
- 0,25-0,37 кВт
- № Регулювання вологості твердої фракції -
- механічне заспоко та важливо-вантажним
- механізмом

Технічні характеристики преса-сепаратора
випередника ді:

- 1/ Тип машини – шнековий прес-сепаратор
- 2/ Призначення – розділення рідкого знежиреного молока на вершкову та рідину фракції
- 3/ Вид обробленого матеріалу – рідкий сепарований після попереднього перемішування
- 4/ Продуктивність за вихідною масою – 5,0-7,0 т/год
- 5/ Продуктивність за твердістю фракцією – 0,8-12 т/год
- 6/ Водяність твердішої рідкого знежир. – 92-96 %
- 7/ Водяність твердшої фракції після сепарування – 65-72 %
- 8/ Діаметр шнека – 220 мм
- 9/ Крок шнека у зоні завантаження – 180 мм
- 10/ Крок шнека у зоні відокремлення – 120 мм
- 11/ Крок шнека в зоні частини шнека – 1200 мм
- 12/ Тип транспортування – 0,5-1,0 т
- 13/ Тип сита – шнуровані перероблені відходи робочої частини шнека
- 14/ Тип приводу – електричний, через муфту та редуктор
- 15/ Потужність електродвигуна, приводу шнека –

				46ДП151001000 БЗ			
				Пресс-сепаратор для разделения жидк.			
				Видеял. издательский			
				28.09.94 41-3-22			



3U 006 00015U0799

Показник	Базовий варіант	Удосконалений варіант	Зміна показника
Річний обсяг гнойових стоків, м ³ /рік	15330	15330	без змін
Обсяг твердої фракції, т/рік	-	2760	+2760
Обсяг рідкої фракції після сепарації, м ³ /рік	15330	12570	-2760
Витрати на оплату праці з нарахуваннями, тис. грн/рік	302,4	245,7	-56,7
Витрати на електроенергію, тис. грн/рік	118,0	232,5	+114,5
Витрати на технічне обслуговування і ремонт, тис. грн/рік	172,0	218,0	+46,0
Амортизаційні відрахування, тис. грн/рік	135,0	241,0	+106,0
Витрати на перемішування, транспортування, внесення та обслуговування сховищ, тис. грн/рік	648,0	398,0	-250,0
Сумарні річні експлуатаційні витрати, тис. грн/рік	1375,4	1335,2	-40,2
Умовний агрономічний ефект від використання твердої фракції, тис. грн/рік	-	286,0	+286,0
Приведені річні витрати з урахуванням агрономічного ефекту, тис. грн/рік	1375,4	1049,2	-326,2
Річний економічний ефект від модернізації, тис. грн/рік	-	326,2	+326,2
Додаткові капітальні вкладення, тис. грн	-	820,0	+820,0
Орієнтовний строк окупності додаткових вкладень, років	-	2,5	

46.01751000 100 /ПЕ			
Річний обсяг гнойових стоків, м ³ /рік	15330	15330	без змін
Обсяг твердої фракції, т/рік	-	2760	+2760
Обсяг рідкої фракції після сепарації, м ³ /рік	15330	12570	-2760
Витрати на оплату праці з нарахуваннями, тис. грн/рік	302,4	245,7	-56,7
Витрати на електроенергію, тис. грн/рік	118,0	232,5	+114,5
Витрати на технічне обслуговування і ремонт, тис. грн/рік	172,0	218,0	+46,0
Амортизаційні відрахування, тис. грн/рік	135,0	241,0	+106,0
Витрати на перемішування, транспортування, внесення та обслуговування сховищ, тис. грн/рік	648,0	398,0	-250,0
Сумарні річні експлуатаційні витрати, тис. грн/рік	1375,4	1335,2	-40,2
Умовний агрономічний ефект від використання твердої фракції, тис. грн/рік	-	286,0	+286,0
Приведені річні витрати з урахуванням агрономічного ефекту, тис. грн/рік	1375,4	1049,2	-326,2
Річний економічний ефект від модернізації, тис. грн/рік	-	326,2	+326,2
Додаткові капітальні вкладення, тис. грн	-	820,0	+820,0
Орієнтовний строк окупності додаткових вкладень, років	-	2,5	