

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

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

**Удосконалення технологічного процесу видалення гною
на свинофермі з розробкою шнекового завантажувача**

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

_____ Ворошило Олександр Андрійович

Керівник: _____ Лупко Кристина Олегівна

Рецензент: _____ Леперда Володимир Юрійович

Дніпро 2025

**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)
«07» травня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Ворошило Олександр Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення технологічного процесу видалення гною на свинофермі з розробкою шнекового завантажувача

керівник проєкту Лупко Кристина Олегівна, докторка філософії
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«07» травня 2025 року № 964

2. Строк подання здобувачем проєкту 07.06.2025 р.

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Характеристика підприємства. 2. Удосконалення технологічного процесу видалення та обробки гною. 3. Розробка шнекового завантажувача. 4. Охорона праці. 5. Економічна оцінка. Загальні висновки. Бібліографічний список

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Технологічна схема. 2. Система видалення гною зі свинарника. 3. Завантажувач ТФ. 4. Шнек. 5. Цапфа опорна. 6. Цапфа привідна. 7. Стакан підшипника. 8. Економічні показники.

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання: 07.05.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2025 р.	
2	Теоретичний	до 15.04.2025 р.	
3	Експериментальний	до 30.04.2025 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2025 р.	
5	Економічний	до 22.05.2025 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2025 р.	

Здобувач

_____ (підпис)

Ворошило О.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

_____ (підпис)

Лупко К.О.

_____ (прізвище та ініціали)

[illegible]

Затверд.	Дудін			дипломного проекту	ЛДАЕУ АІС-1-
----------	-------	--	--	--------------------	--------------

АНОТАЦІЯ

Ворошило О.А. Удосконалення технологічного процесу видалення гною на свинофермі з розробкою шнекового завантажувача / Дипломний проєкт на здобуття ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

У першому розділі було розглянуто діяльність господарства, що дало підстави обґрунтувати потребу у створенні механізованої технологічної лінії видалення та переробки гною. На основі критичного огляду зоотехнічних вимог і чинних технічних рішень виконано розрахунок основних параметрів лінії, а також спроектовано завантажувач твердої фракції субстрату. Окрему увагу приділено заходам з підвищення рівня охорони праці та техніки безпеки під час виконання операцій із гноєвидалення. Економічне обґрунтування доводить доцільність упровадження запропонованої технології. Підсумкові висновки узагальнюють отримані результати, а список використаної літератури та розгорнуті додатки забезпечують повноту та наукову коректність проєкту.

Ключові слова: свині, відгодівля, гній, біогаз, компостування, ферма, завантажувач, шнек.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Характеристика підприємства	10
1.1 Загальні відомості про підприємство	10
1.2 Організація виробничого процесу на комплексі с. Оленівка	11
1.3 Обґрунтування теми проекту	13
1.4 Висновки	14
2 Удосконалення технологічного процесу видалення та обробки гною	16
2.1 Актуальність питання	16
2.2 Вихідні дані до проектування	18
2.3 Стан справ у господарстві, наявні рішення та їх аналіз	19
2.4 Розробка технологічної схеми процесу	23
2.5 Розрахунок технологічних параметрів процесу	23
2.5.1 Розрахунок місткості проміжного гноєзбірника	24
2.5.2 Продуктивність операції розділення гною на фракції	24
2.5.3 Місткість сховищ для твердої і рідкої фракції	25
2.6 Вибір та визначення кількості основних та допоміжних засобів механізації процесу	27
2.6.1 Вибір обладнання відділення розділення субстрату на фракції	27
2.6.2 Визначення кількості тракторних причепів для транспортування твердої фракції	29
2.6.3 Обладнання для прискореного компостування	32
2.7 Висновки	33
3 Розробка шнекового завантажувача	35
3.1 Вихідні дані	35
3.2 Вибір конструкції шнекового транспортера	37

3.2.1	Огляд існуючих конструкцій	37
3.2.2	Вибір конструктивної схеми	40
3.3	Визначення конструктивних параметрів завантажувача	40
3.3.1	Визначення параметрів шнека	40
3.3.2	Підбір електродвигуна	42
3.3.3	Підбір клинопасової передачі	43
3.3.4	Визначення об'єму бункера шнека	44
3.4	Робота та обслуговування ділянки розділення	45
3.5	Висновки	46
4	Охорона праці	47
4.1	Загальні вимоги	47
4.2	Інструкція з охорони праці для оператора біогазової установки	48
4.3	Висновки	51
5	Економічна оцінка	52
5.1	Вихідні дані	52
5.2	Розрахунок показників економічної ефективності	53
5.3	Висновки	54
	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	55
	БІБЛІОГРАФІЯ	56
	ДОДАТКИ	59

ВСТУП

У сучасних умовах інтенсивного ведення свинарства питання ефективного та екологічно безпечного видалення гною набуває особливої ваги. Висока концентрація тварин на промислових фермах не лише підвищує продуктивність галузі, а й суттєво збільшує обсяг органічних відходів, що за несприятливої утилізації стають джерелом забруднення ґрунту, води й атмосферного повітря. Відповідно до вимог Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», Директиви 2010/75/ЄС щодо промислових викидів та чинних ветеринарно-санітарних норм, виробники зобов'язані впроваджувати технології, що мінімізують негативний вплив тваринницьких підприємств на довкілля й забезпечують безпечні умови праці.

Аналіз існуючих систем видалення гною показує, що традиційні скребкові або гідравлічні транспортні лінії на свинофермах часто характеризуються підвищеним енергоспоживанням, значним зношуванням робочих органів і недостатньою гнучкістю у роботі з різними фракціями субстрату. Особливо гострою є проблема переміщення твердої складової, яка потребує окремих механізмів з високою зносостійкістю та стабільною продуктивністю. Саме тому актуальним є удосконалення технологічного процесу шляхом інтеграції механізованих комплексів, що поєднують автоматизовані засоби транспортування з ефективними пристроями дозованого завантаження.

Метою дипломного проєкту є підвищення технологічної, енергоекономічної та екологічної ефективності системи видалення гною на свинофермі шляхом розроблення та впровадження шнекового завантажувача твердої фракції субстрату в існуючу лінію транспортування. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішені такі завдання: проаналізовано виробничі умови базового господарства та визначено вихідні параметри потоку гною; досліджено світові й вітчизняні технічні рішення з видалення та переробки відходів свинарства; виконано розрахунок оптимальної конфігурації технологічної лінії з урахуванням зоотехнічних і санітарних норм; спроектовано шнековий завантажувач, обґрунтовано його

конструкційні та режимні параметри; розроблено заходи з охорони праці й техніки безпеки при експлуатації оновленої системи; здійснено техніко-економічний розрахунок, що підтверджує доцільність впровадження запропонованого рішення.

Новизна роботи полягає у поєднанні нескладного у виготовленні шнекового вузла з автоматизованими засобами керування подачею твердої фракції, що забезпечує зниження питомих енерговитрат на 10–15 % порівняно з існуючими аналогами та підвищує надійність роботи всієї лінії. Практичне значення полягає у можливості тиражування запропонованої конструкції на фермах різної потужності, що сприятиме підвищенню екологічної безпечності галузі, зменшенню експлуатаційних витрат і поліпшенню умов праці персоналу. Отримані результати можуть бути використані як методична база для проєктування та модернізації систем гноєвидалення на свинофермах в Україні та за її межами

1 Характеристика підприємства

1.1 Загальні відомості про підприємство

ТОВ «Агро-Овен» Магдалинівського району Дніпропетровської області створено 1998 року на базі колективного сільськогосподарського підприємства «За Мир». Первинний земельний фонд становив близько 6 500 га, однак упродовж останніх років площу угідь поступово збільшено до 20 000 га. Паралельно з розширенням рослинництва підприємство інтенсивно розвивало тваринництво та переробну галузь, формуючи вертикально інтегровану структуру.

Основними напрямками тваринництва є птахівництво й свинарство.

У 2003 році ухвалено стратегічне рішення про створення повного виробничо-збутового циклу м'ясного птахівництва - від виробництва комбікормів до реалізації готової продукції. Проектна потужність циклу встановлена на рівні 60 тис. т м'яса птиці у забійній масі. До складу птахівничого комплексу входять (рис. 1.1):



Рисунок 1.1 - Розташування потужностей птахівництва ТОВ «Агро-Овен»

губихинський комбікормовий завод - 90 тис. т комбікормів на рік;
птахофабрика «Молодіжна» - 4,5 млн голів бройлерів (≈ 10 тис. т м'яса) на рік;
птахофабрика «Голубівська» - 10 млн голів (≈ 20 тис. т);
птахофабрика «Мар'янівська» - 18,5 млн голів (≈ 30 тис. т);
завод із переробки м'яса птиці - продуктивність 6 тис. голів бройлерів за годину, 75 тис. т м'яса на рік.

Свинокомплекси підприємства розміщено поряд із власними кормовими угіддями, складською та технічною базою, комбікормовим заводом і м'ясопереробним виробництвом (потужність - 75 тис. голів на рік). Загальна місткість цехів одночасного вирощування й відгодівлі становить 38 тис. голів. Структура галузі включає репродукторну свиноферму й три відгодівельні майданчики у селах Дмухайлівка, Котівка та Оленівка.

На відгодівельному комплексі в с. Оленівка 2003 року, за підтримки уряду Нідерландів, запущено біогазову установку проектною продуктивністю 80 т рідкого гною на добу. Нині виробнича спроможність комплексу сягає 22 тис. голів на рік; перспективний план передбачає її збільшення до 40 тис. голів, що забезпечить роботу біогазової установки на повну потужність.

У подальших підрозділах подано докладну виробничо-технологічну характеристику саме Оленівського свиного господарства як базового об'єкта дослідження та впровадження удосконаленої системи видалення і переробки гною.

1.2 Організація виробничого процесу на комплексі с. Оленівка

Свинокомплекс у селі Оленівка розташовано на південно-західній околиці населеного пункту (рис. 1.2). До його складу входять десять основних виробничих корпусів, з яких нині повністю задіяно п'ять.

Відгодівельні свині утримуються групами по тридцять голів у станках із суцільною щільною бетонною підлогою; доступ до сухого комбікорму забезпе-

чується кормовими автоматами за принципом годівлі «вволю». Повний цикл відгодівлі триває 112 діб, з яких 105–112 діб припадає на власне відгодівлю, а 7 діб - на мийку, дезінфекцію та підготовку секції для нової партії тварин.



Рисунок 1.2 - Ситуаційний план розташування свинокомплексу

Мікроклімат у приміщеннях підтримують дахові витяжні вентилятори та стінні припливні клапани з автоматичним регулюванням, а влітку повітря додатково охолоджують водяним розпилом через форсунки, розташовані над припливними отворами.

Комбікорм подається до бункерів-накопичувачів завантажувачем ЗКП-8А, агрегатованим із тракторами класу 0,9–1,4 кН (МТЗ-80, ЮМЗ-6 тощо). Привід шнеків здійснюється від вала відбору потужності трактора, піднімання та опускання вивантажувального шнека - гідравлічне. Корм засипають через верхні

люки бункерів, а вивантажують шнековим конвеєром, що сполучає горизонтальний, вертикальний та вивантажувальний шнеки через кутові редуктори.

Система годівлі включає бункери-накопичувачі, два ланцюгово-шайбові транспортери для різних раціонів і групові кормові автомати (один автомат на два станки). У кожному автоматі встановлено дві ніпельні напувалки, завдяки чому свині самостійно зволожують корм до потрібної консистенції. Додатково в станках змонтовані чашкові автонапувалки з розрахунку дві одиниці на станок.

Видалення гною організовано як періодична самосплавна система. Під тваринами розміщено гноєзбірні ванни без ухилу, перекриті щільною підлогою. Під ваннами прокладено пластиковий поздовжній колектор із труб ПВХ Ø 250 мм, який вентильовується через повітряний клапан і під'єднується до поперечного колектора з ухилом $i = 0,005$. Зібраний стік по пластикових колекторах надходить у гноєзбірники (об'ємом 20 м³ біля відгодівельника та 10 м³ біля репродуктора), звідки довговаловий фекальний насос перекачує його поліетиленовим напірним трубопроводом Ø 110 мм до біогазової установки. Насос, за необхідності, забезпечує й гомогенізацію субстрату.

Переробка гною здійснюється методом анаеробного (метанового) збродження. Отриманий біогаз спалюється у когенераційній установці потужністю до 160 кВт·год електроенергії; відпрацьоване тепло спрямовується на опалення корпусів та підтримання температурного режиму біореактора. Зброджений субстрат накопичується у лагунах і використовується як рідке органічне добриво.

Після досягнення товарної маси тварин виганяють через коридор на ваговий трап і відвантажують до м'ясопереробного підприємства. Звільнену секцію протягом 5–7 діб миють, дезінфікують і знову заселяють підсвинками з цеху дощухування, що забезпечує безперервність виробничого циклу.

1.3 Обґрунтування теми проєкту

Аналіз поточної діяльності свиного господарства в с. Оленівка ТОВ «Агро-Овен» засвідчив, що подальше нарощування поголів'я та посилення екологічних

вимог до тваринницьких підприємств потребують модернізації наявної системи прибирання й переробки гною. Від ефективності цієї ланки залежать санітарно-гігієнічний стан виробничих приміщень, дотримання нормативів щодо викидів забруднювальних речовин, рівень виробничих витрат і конкурентоспроможність підприємства. Відтак головною метою дипломного проєкту визначено удосконалення технологічної лінії видалення та обробки гною.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі взаємопов'язані завдання:

- критично проаналізувати існуючу технологічну схему прибирання та переробки гною й визначити її вузькі місця;
- обґрунтувати вибір оптимальної, зоотехнічно та екологічно прийнятної технології видалення, обробки, зберігання й утилізації гнойових мас;
- підібрати або спроєктувати високоефективну машину (зокрема шнековий завантажувач твердої фракції) та інтегрувати її в загальну лінію;
- розробити комплекс заходів з охорони праці та техніки безпеки для модернізованої системи;
- виконати техніко-економічний розрахунок, що підтвердить доцільність упровадження запропонованих рішень.

Таким чином, обґрунтування теми ґрунтується на потребі одночасно підвищити екологічну безпеку, технологічну надійність та економічну ефективність системи гноєвидалення на свинофермі, що відповідає стратегічним завданням розвитку господарства і сучасним нормативним вимогам.

1.4 Висновки

У першому розділі проаналізовано виробничу діяльність ТОВ «Агро-Овен» та деталізовано організацію технологічних процесів на свиногосподарському комплексі в с. Оленівка. Підприємство сформувало вертикально інтегровану структуру з розвиненими галузями птахівництва й свинарства, що забезпечує власну кормову базу та переробку продукції.

Діючий відгодівельний комплекс працює за інтенсивною технологією групового утримання свиней і використовує періодичну самосплавну систему гноєвидалення з подальшим анаеробним зброджуванням субстрату в біогазовій установці. Однак заплановане збільшення поголів'я до 40 тис. голів і посилення екологічних вимог висвітлили низку технічних та санітарно-гігієнічних обмежень існуючої лінії прибирання й обробки гною. Встановлено необхідність удосконалити цю лінію шляхом інтеграції енергоощадного обладнання для видалення твердої фракції, упровадження заходів підвищення охорони праці та підтвердження економічної доцільності проєктних рішень, що й визначає актуальність і зміст подальших досліджень у дипломному проєкті.

2 Удосконалення технологічного процесу видалення та обробки гною

2.1 Актуальність питання

Гнойова біомаса сучасного тваринництва є подвійним фактором - цінною сировиною для аграрного виробництва й одночасно значним джерелом техногенного навантаження на довкілля. За оцінками наукових та галузевих досліджень, на підприємства тваринництва припадає 43–46 % сумарного біологічного навантаження на природні екосистеми, що зумовлено високою концентрацією біогенних елементів, сполуками азоту й фосфору, а також значним мікробіологічним потенціалом відходів. Існуючі традиційні технології зберігання та внесення переробленого гною (гноєсховища, лагуни, пряме дискування) не забезпечують повного знешкодження патогенної мікрофлори та не запобігають втратам летких сполук азоту. Унаслідок цього відбувається накопичення нітратів у ґрунті, небажаний приріст парникових газів (N_2O , CH_4), забруднення підземних і поверхневих вод, що супроводжується прямими економічними втратами (добрива, енергія) та додатковими витратами на екологічні компенсації.

Водночас рослинництво України гостро потребує стабільного джерела органічної речовини для відновлення гумусного балансу. Згідно з результатами ґрунтових обстежень, щорічні втрати гумусу сягають 0,6–0,7 т/га, а його середні запаси з 1960-х років скоротилися орієнтовно на 20 т/га. Державні програми, зокрема Національна програма охорони земель (1996–2000 рр.) та подальші стратегії сталого землекористування, передбачають пріоритетне виробництво високоякісних органічних добрив і оптимізацію співвідношення між біологічними та мінеральними засобами підвищення родючості. Реалізація цих програм істотно стримується кризовим станом у галузі: скорочення поголів'я тварин майже вдвічі зменшило обсяги традиційних органічних добрив, а економічні втрати через зниження родючості сягають, за різними оцінками, 25–30 млрд грн щороку.

Серед наявних технологічних напрямів переробки відходів тваринництва метанове (анаеробне) зброджування посідає провідне місце. Процес забезпечує

комплексний результат - глибоке знезараження субстрату, перетворення органічного азоту на стабільні форми, а також одержання біогазу як відновлюваного джерела енергії, що відповідає вимогам Директиви (ЄС) 2018/2001 про відновлювану енергію та Енергетичній стратегії України-2035. Крім того, дегістат після зброджування характеризується вищою агрохімічною доступністю поживних елементів порівняно з вихідним гноєм, не містить насіння бур'янів і більшості патогенів, а вуглеводнева складова біогазу (50–60 % CH_4) здатна замінити значні обсяги викопного палива. Окупність біогазових комплексів на тваринницьких фермах середньої потужності, за даними [6], становить 4–6 років, а агрегований економічний ефект додатково зростає завдяки «зеленому» тарифу та скороченню витрат на мінеральні добрива.

З огляду на наміри ТОВ «Агро-Овен» збільшити поголів'я свиней до 40 тис. голів і підсилені вимоги екологічного законодавства (Закон України «Про управління відходами», 2023 р.; Постанова КМУ №118 від 27.01.2024 р. щодо інтегрованих дозволів для агропідприємств), модернізація системи обробки та переробки гною стає стратегічно важливою. Удосконалення технологічної лінії, передусім шляхом оптимізації видалення твердої фракції та впровадження енергоощадного шнекового завантажувача, дасть змогу:

- зменшити питомі енерговитрати на транспортування субстрату на 10–15 %;
- поліпшити санітарно-гігієнічний стан тваринницьких приміщень і скоротити емісію летких органічних сполук;
- підвищити ступінь утилізації біогенних елементів і тим самим сприяти відновленню родючості ґрунтів;
- створити умови для нарощування генерації «зеленої» енергії та диверсифікації енергетичного балансу господарства.

Таким чином, удосконалення процесів обробки та переробки гною на свинофермі в с. Оленівка є не лише відповіддю на нагальні екологічні виклики, а й важливою складовою сталого розвитку підприємства, що поєднує економічну

вигоду з екологічною відповідальністю та відповідає державним і європейським пріоритетам у сфері циркулярної економіки та відновлюваної енергетики.

2.2 Вихідні дані до проектування

Метою цього підрозділу є формування інформаційної бази для обґрунтування та вибору оптимальної технології видалення, транспортування, зберігання й подальшої переробки гною. Достовірність вихідних даних безпосередньо визначає коректність розрахунків продуктивності кожної операційної ланки й обсяг необхідних засобів механізації, тому до їх добору висуваються підвищені вимоги.

До комплексу вихідної інформації належать:

Зоотехнічні характеристики поголів'я - кількість тварин у кожній виробничій групі (маточне поголів'я, підсвинки, ремонтні свинки, відгодівельники), їхня середня жива маса, добові прирости й тривалість перебування у групі.

Технологічні параметри утримання - тип підлогового покриття (суцільна, щілинна), кратність та спосіб годівлі, питома витрата води на напування й миття, режим вентиляції та мікрокліматичні показники.

Фізико-хімічні властивості гною - вміст сухої речовини, зольність, вологість, концентрація азоту, фосфору, калію, наявність інгібуючих або токсичних домішок, середня температура та рН, а також питомі показники газоутворення під час анаеробного зброджування.

Календарно-технологічний графік виробництва - сезонні коливання надходження гнойової маси, планові періоди санітарних перерв і профілактичних робіт, згущення або розділення фракцій у процесі переробки.

Виходячи з приведеної в р.1 технології, частина поголів'я буде утримуватися на щілинній підлозі (рідкий гній). Добовий вихід гною по фермі визначимо за виразом:

$$G_{гн} = g \cdot n, \quad (2.1)$$

де $G_{\text{гн}}$ – добовий вихід гною по фермі, кг;

n – поголів'я тварин на фермі, гол. Згідно даних розділу 1 проектна місткість ферми – 12 000 голів відгодівельного поголів'я;

g – добовий вихід екскрементів від однієї тварини, кг/гол. Для відгодівельного поголів'я $T=6,5$ кг/гол.

$$G_{\text{гн}} = 6,5 \cdot 12000 = 78000_{\text{кг}}.$$

Всього на фермі буде задіяно 8 приміщень, місткість кожного – 1500 голів.

2.3 Стан справ у господарстві, наявні рішення та їх аналіз

На відгодівельній свинофермі ТОВ «Агро-Овен» (с. Оленівка) функціонує вакуумно-самосплавна система видалення гною (рис. 2.1). Тверда й рідка фракції, що надходять через щілинну підлогу, накопичуються у гноєзбірних ваннах завдяки герметичному закриттю зливних отворів. Після їх заповнення пробку зливу піднімають вручну гаком; далі гнойова маса самопливом прямує трубопроводом у проміжний гноєзбірник (рис. 2.2), а звідти - самопливно або фекальним насосом подається до лінії переробки.

Для обробки гною використано анаеробне (метанове) зброджування на біогазовій установці фірми ZORG Україна проектною продуктивністю 80 т/добу (рис. 2.3). Рідкі стоки подаються в установку фекальними насосами, тверді - тракторним завантаженням у шнековий приймач. Після гомогенізації й підігріву субстрат переходить у мезофільний реактор (30–41 °C), де перемішується похилими міксерами з нержавіючої сталі та підігрівається теплообмінником, що використовує вторинне тепло когенераційної установки (два електрогенератори по 85 кВт). Середній гідравлічний час відстоювання - 20–40 діб; витрати власної

енергії становлять 5–15 % від виробленої. Біогаз акумулюється у триметровому газгольдері з ПВХ-EPDM тканини, звідки безперервно подається на когенерацію. Переброджений дегістат накопичується у лагунах і переважно в теплий період року вноситься на поля як рідке органічне добриво.

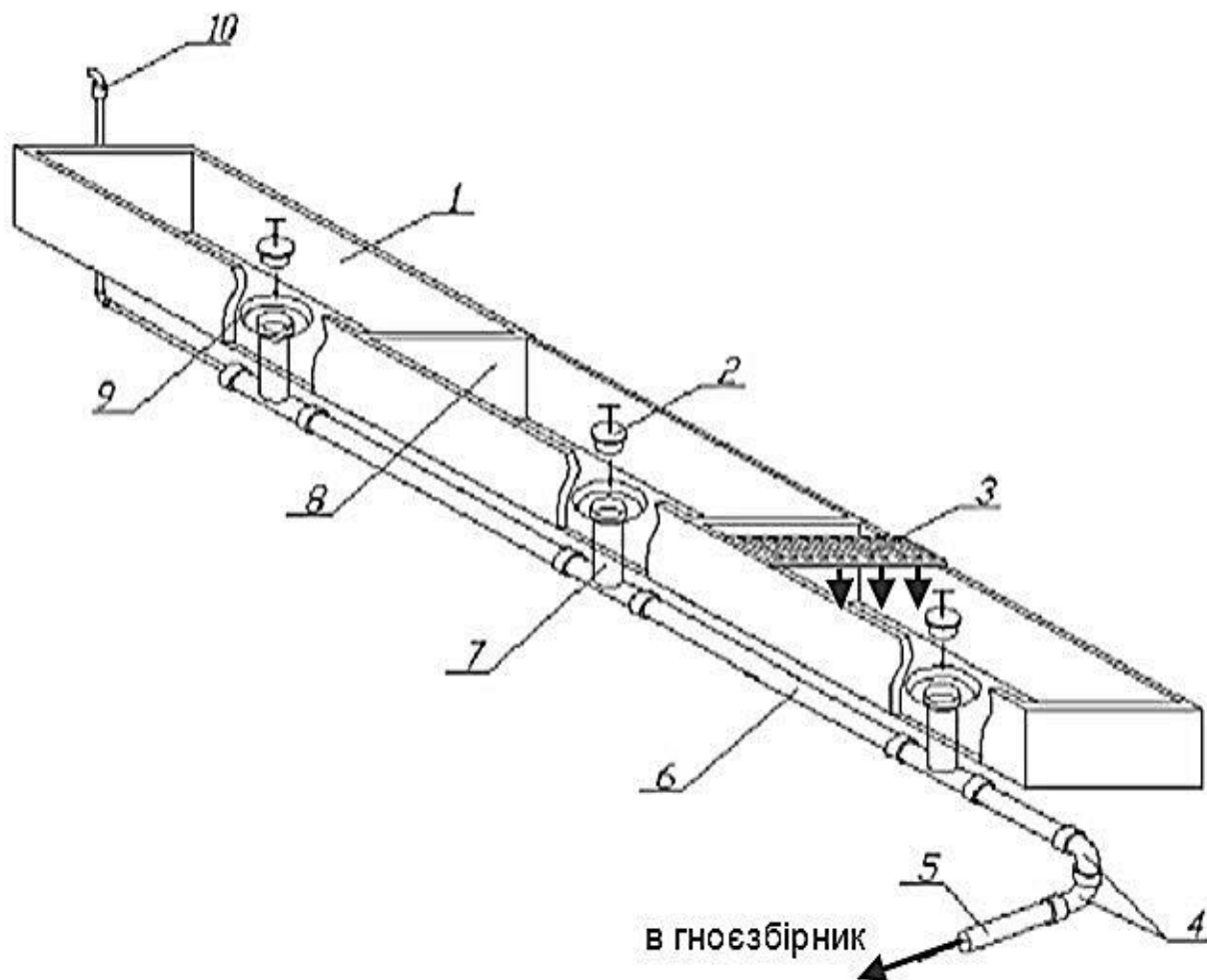


Рисунок 2.1 - Принципова схема вакуум-самосплавної системи: 1 – ванна; 2 – пробка; 3 – щілинна підлога; 4 – відвід; 5 – поперечний колектор; 6 – поздовжній колектор; 7 – трійник; 8 – перегородка ванни; 9 – прямок (гнойова чаша); 10 – повітряний клапан.

Практика роботи комплексу підтверджує надійність діючої схеми, однак її ефективність обмежують три чинники.

Енергетичні й трудові витрати. Ручне відкривання пробок і нерегулярний режим сплаву знижують продуктивність, а вакуумні труби зі значним зносом підвищують питомі витрати енергії на перекачування.

Нерівномірний склад субстрату. Поділ фракцій відбувається без попереднього зневоднення, тому до біореактора надходить субстрат із надлишковою вологістю, що зменшує вихід метану й потребує додаткового тепла на підігрів.

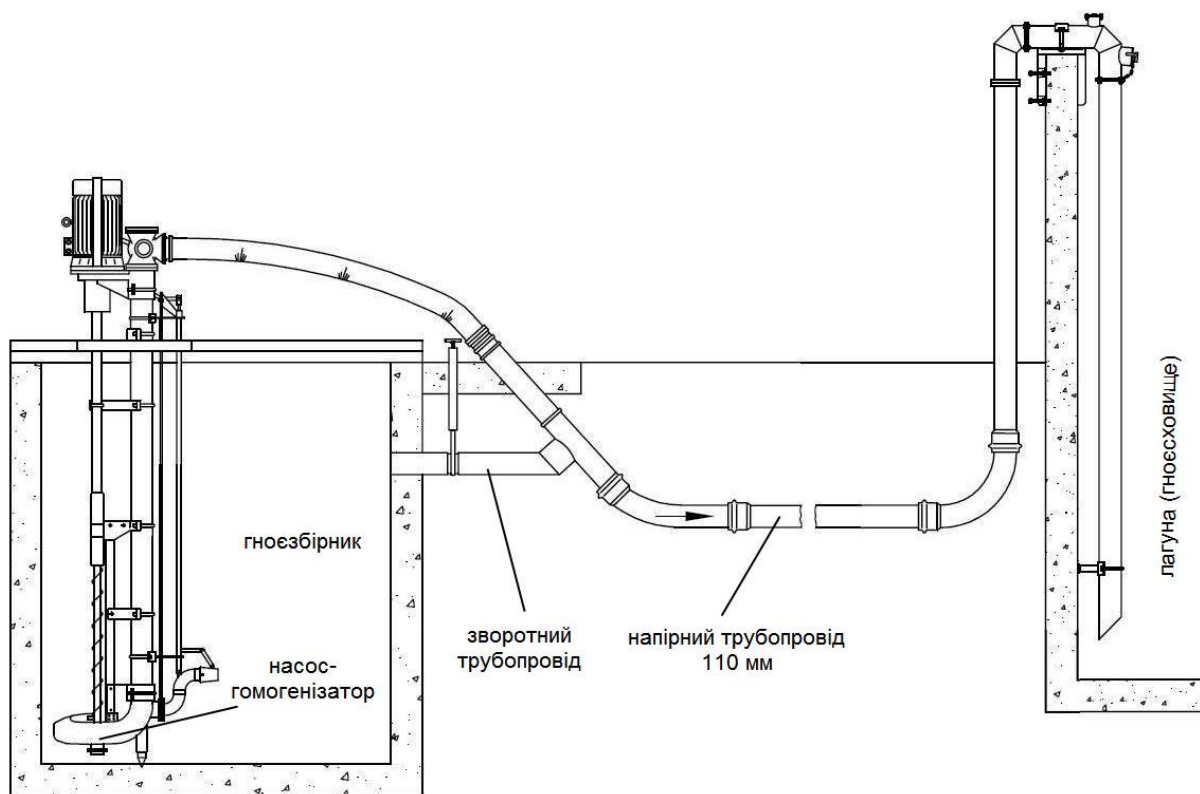


Рисунок 2.2 - Приклад виконання проміжного гноезбірника та його оснащення

Нераціональна утилізація твердої фракції. Усі органічні рештки спрямовуються в реактор, хоча дослідження показують, що комбінування анаеробного зброджування з прискореним біотермічним компостуванням підвищує енергетичний і добривний ефект: лише 17 % залишкової енергії гною реалізується у вигляді біогазу, тоді як у твердій фазі концентрується близько 35,5 % потенціалу органічних добрив.

Відтак найперспективнішим напрямом модернізації є інтеграція енергоощадного шнекового завантажувача для дозованого вилучення та зневоднення твердої фракції з подальшим її компостуванням. Це дозволить:

- стабілізувати склад субстрату, підвищивши вихід метану;
- знизити витрати тепла на підігрів реактора на 10–12 %;
- одержати високоякісні тверді органічні добрива паралельно з біогазом;
- автоматизувати операцію відкривання зливу й мінімізувати ручну працю.

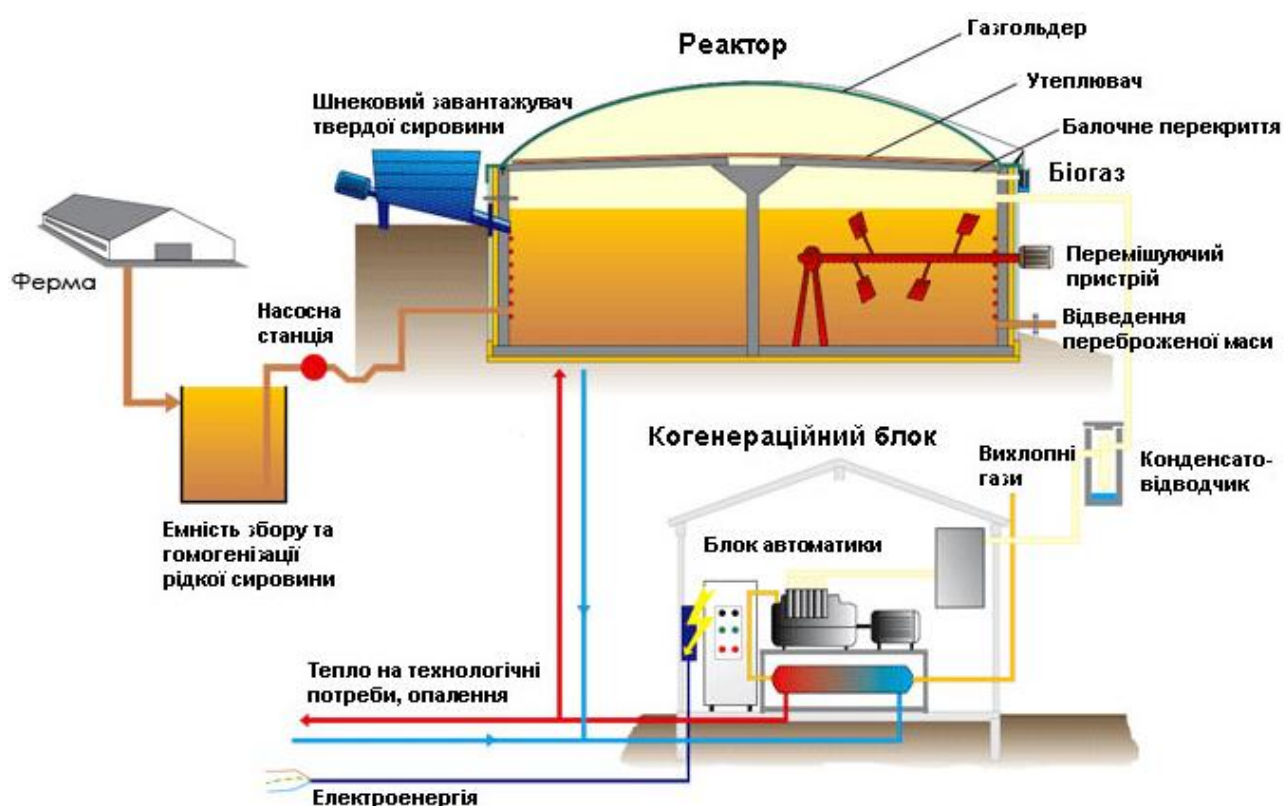


Рисунок 2.3 - Технологічна схема біогазової установки ТОВ «Агро-Овен»

Таким чином, аналіз чинної системи свідчить про необхідність удосконалення лінії видалення й переробки гною шляхом впровадження механізованого відокремлення твердої фази та комбінованої схеми «біогаз + компост», що підвищить екологічну та економічну ефективність господарства.

2.4 Розробка технологічної схеми процесу

Діючий на фермі комплекс операцій з видалення та переробки гною в цілому відповідає сучасним вимогам. Разом із тим для підвищення екологічної й енергетичної ефективності пропонується до чинної схеми додати стадію розділення перебродженого субстрату на тверду й рідку фракції. Тверду частку передбачається спрямовувати на прискорене біотермічне компостування, що дозволить отримати кондиційні органічні добрива з високою агрохімічною доступністю поживних елементів. Рідку фракцію планується піддавати гравітаційному відстоюванню у накопичувальних ємностях з подальшим використанням як рідких добрив або зворотного субстрату для коригування сухих речовин при подачі в метантенк.

Узагальнена технологічна схема модернізованого процесу наведена на аркуші 1 графічної частини, а детальне компонування системи гноєвидалення для одного свинарника показано на аркуші 2. Запропонована інтеграція операції фракційного розділення забезпечує зменшення навантаження на біореактор, стабілізує склад субстрату, скорочує витрати тепла на підігрів і водночас підвищує вихід високоякісних твердих органічних добрив, що цілком узгоджується з принципами ресурсоефективного і сталого виробництва.

2.5 Розрахунок технологічних параметрів процесу

У цьому підрозділі належить визначити:

- місткість проміжного гноєзбірника з урахуванням запланованого зростання поголів'я;
- необхідну продуктивність обладнання для розділення перебродженого субстрату на тверду та рідку фракції;

- обсяг відстійника рідкої фази та розміри майданчика, призначеного для компостування твердої частини.

2.5.1 Розрахунок місткості проміжного гноєзбірника

Згідно технології видалення гною передбачено 1 раз на два тижні, з різних приміщень за зміщеним графіком. Місткість гноєзбірника розрахуємо по максимальному разовому виходу гною:

$$V_{max} = g \cdot n_1 \cdot 14 = 6,5 \cdot 1500 \cdot 14 = 136500 \text{ кг} \approx 140 \text{ м}^3, \quad (2.2)$$

де n_1 – місткість одного свинарника, гол.

Місткість гноєзбірника складе:

$$V_r = \frac{V_{max} \cdot \psi}{\phi} = \frac{140 \cdot 1,1}{0,9} = 171 \text{ м}^3, \quad (2.3)$$

де ψ - коефіцієнт запасу місткості. Для рідких матеріалів [9] $\psi = 1,1$.

ϕ - коефіцієнт запасу ємкості, з [9] $\phi = 0,8 \dots 0,9$. Приймаємо $\phi = 0,9$.

Приймаємо $V_r = 170 \text{ м}^3$.

2.5.2 Продуктивність операції розділення гною на фракції

Необхідну продуктивність визначимо наступним чином:

$$Q_p = \frac{G_{zh}}{t_z \cdot k_M} = \frac{78000}{80,8} = 12187,5 = 12,2 \text{ т/год.} \quad (2.4)$$

де t_3 – тривалість робочої зміни лінії розподілу гною на фракції. За режимом роботи лінії (робочий тиждень – 7 днів, робота в одну зміну) $t_3 = 8$ год.;

k_m – коефіцієнт машинного часу роботи обладнання який враховує витрати часу на заплановані перерви в роботі. $k_m = 0,8 \dots 0,9$. Приймаємо $k_m = 0,8$.

2.5.3 Місткість сховищ для твердої і рідкої фракції

Місткість сховищ будемо визначати за середню добовим виходом гною з ферми – 78 т.

Спочатку визначимо кількість сухої речовини в рідкому збродженному субстраті, вологість якого становить $W = 92\%$.

$$M_c = \frac{G_{zh}(100 - W)}{100} = \frac{78(100 - 92)}{100} = 6,24 \text{ т.} \quad (2.5)$$

Кількість твердої фракції після зневоднення її до вологості $W_T = 65\%$

$$M_T = \frac{G_{zh} \cdot \Xi (100 - W_T)}{100} = \frac{78 \cdot 0,9 (100 - 65)}{100} = 24,6 \text{ т,} \quad (2.6)$$

де Ξ – ефективність затримки сухої речовини в гноївці при її розподілі. Приймаємо $\Xi = 0,9$, тобто затримується в твердій фракції 90% сухої речовини і тільки 10% приходить в рідку.

Тоді кількість рідкої фракції за добу становить

$$M_p = G_{zh} - M_T = 78 - 24,6 = 53,4 \text{ т.} \quad (2.7)$$

Відповідно об'єми фракцій дорівнюють:

добовий вихід твердої фракції

$$V_T = \frac{M_T}{\rho_T} = \frac{24,6}{0,9} = 27,3 \text{ м}^3; \quad (2.8)$$

добовий вихід рідкої фракції

$$V_p = \frac{M_p}{\rho_p} = \frac{53,4}{1,01} = 48,5 \text{ м}^3; \quad (2.9)$$

Загальну площу для збереження і біотермічного знезараження твердої фракції знайдемо за виразом

$$S_T = \frac{V_T \cdot t_T}{h_{\phi} \cdot k_{\phi}} = \frac{27,330}{2 \cdot 0,5} = 819 \text{ м}^2, \quad (2.10)$$

де t_T – тривалість зберігання твердої фракції, *дiб*. При прискореному біотермічному компостуванні $t_T=20\dots30$ *дiб*. Приймаємо $t_T=30$ *дiб*;

h_{ϕ} – висота буртування, м. З $h_{\phi} = 1,5\text{--}2$ м, приймаємо $h_{\phi} = 2$ м;

k_{ϕ} – коефіцієнт використання площі. $k_{\phi}=0,5\dots0,9$. Приймаємо $k_{\phi}=0,5$.

За результатами розрахунку приймаємо для збереження і прискореного біотермічного знезараження твердої фракції приймаємо майданчик з твердим покриттям розмірами 42х20 м, на якому передбачаємо викладання гною у 4 бурти з параметрами: довжина в основі – 41 м, ширина в основі – 3 м, висота буртування – 2 м.

Місткість відстійників для збереження рідкої фракції визначимо за формулою

$$V_{p.c} = \frac{V_p \cdot t_p}{K_g} = \frac{48,5150}{0,9} = 8083 \text{ м}^3, \quad (2.11)$$

де t_p – тривалість зберігання в відстійнику рідкої фракції, діб. За рекомендацією $t_p = 150 \dots 180$ діб. Приймаємо $t_p = 150$ діб;

K_g – коефіцієнт використання об'єму відстійника. Приймаємо для рідкої фракції $K_g = 0,9$.

За результатами розрахунку приймаємо для відстоювання рідкої фракції 2 лагуни прямокутної форми об'ємом 4000 м^3 кожна.

2.6 Вибір та визначення кількості основних та допоміжних засобів механізації процесу

2.6.1 Вибір обладнання відділення розділення субстрату на фракції

Нам необхідно вибрати, гомогенізатор гною, фекальний насос який буде подавати його до сепаратора та сепаратор.

Для забезпечення ефективної гомогенізації та усереднення складових виробничих стоків гною по концентрації перед процесом сепарації, резервуар-усереднювач буде обладнано одним електромеханічним пристроєм, що перемішує, - мішалкою-гомогенізатором марки ТВМ 4,0/4 (“Schauer”) або аналогічною.

Мішалка-гомогенізатор буде застосовуватися для перемішування стоків по концентрації забруднень і виключення виділення осаду.

Для подачі стоків з резервуара-усереднювача на сепаратор, у резервуарі буде змонтовано заглиблений насос із подрібнюючим механізмом марки PTS 3/80 (“Schauer”).

В якості трубопроводів для перекачування рідких стоків гною з резервуару на сепаратор будуть використані тверді й гнучкі ПВХ труби.

Таблиця 2.1 - Характеристики мішалки ТВМ 4,0/4

Потужність, кВт	Напруга жив- лення, В	Частота обер- тання, об/хв	Продуктив- ність, м³/год	Маса, кг
4,0	400 - 690	320	2000	81

Таблиця 2.2 - Характеристики насосу РТ5 3,0/80

Потужність, кВт	Напруга жив- лення, В	Частота обер- тання колеса, об/хв	Продуктив- ність, м³/год	Маса, кг
3,0	220 - 380	1420	70	75

Для забезпечення поділу всього об'єму виробничих стоків гною які поступають з виробничих корпусів, достатнє застосування одного основного шнекового сепаратора СМ-260/0,25, який буде змонтовано у верхньому ярусі цеху розділення. Робоча продуктивність сепаратора із ситом 0,5 $\approx$ 16 м³/год рідких стоків гною з концентрацією сухих речовин 7%.

Освітлена рідка фракція по похилому трубопроводу буде направлятися самотливом у лагуни для відстоювання.

Приймаючи до уваги технічні характеристики приведених машин а також необхідну (розрахункову) продуктивність лінії приходимо до висновку, що нам достатньо по одній з цих машин.

Таблиця 2.3 - Характеристики сепаратора СМ-260/0,25

Потужність, кВт	Напруга жив- лення, В	Частота обер- тання шнеку, об/хв	Продуктивність, м³/год	Маса, кг
4,0	220 - 380	33	6-18	460

Тверда фракція за допомогою шнекового завантажувача, оснащеного бункером проміжного накопичення, подається до причепа тракторного 2ПТС-4М і відвозиться до місця складування.

Необхідна продуктивність шнекового навантажувача складе:

$$Q_p = \frac{M_T}{t_3 \cdot \gamma} = \frac{24,6}{80,9} = 3,4 \text{ т/год}, \quad (2.12)$$

де γ - коефіцієнт запасу продуктивності для безперебійної роботи потокової лінії (при 10 % запасу рівний 0,9).

Так, як шнековий завантажувач не входить до комплексу поставки обладнання лінії розділення, оптимальним варіантом буде його виготовлення під розрахункові умови.

2.6.2 Визначення кількості тракторних причепів для транспортування твердої фракції

Транспортування твердої фракції гною виконуємо з використанням тракторного агрегату з причепом 2ПТС-4М. Для визначення їх кількості, необхідно знати об'єм робіт та час за який його необхідно виконати. Об'єм гною, який підлягає транспортуванню буде рівний об'єму твердої фракції розділеного субстрату і складе:

$$G_{доб} = M_T = 24,6 \text{ т}. \quad (2.13)$$

Кількість мобільних агрегатів, які забезпечують своєчасну доставку твердої фракції розділеного субстрату на майданчик компостування становить:

$$n_{\text{моб}} = \frac{i_p}{i_1}, \quad (2.14)$$

де i_p – кількість рейсів, яку необхідно зробити;

i_1 – кількість рейсів, які повинен виконати один мобільний агрегат за час зміни.

$$i_p = \frac{G_{\text{доб}}}{G_{\text{моб}}} = \frac{24,6}{5} = 4,92 \quad (3.15)$$

де $G_{\text{моб}} = 5$ т – вантажопідйомність тракторного причепа 2ПТС-4М;

Кількість рейсів, які може виконати один мобільний агрегат за час зміни визначаємо за формулою:

$$i_1 = \frac{t_{\text{зм}} 3600}{T_{\text{ц.моб}}}, \quad (3.16)$$

де $T_{\text{ц.моб}}$ – тривалість одного рейсу мобільного засобу, с.

$$T_{\text{ц.моб}} = T_x + T_{\text{зав}} + T_p + T_{\text{роз}}, \quad (3.17)$$

де T_x – тривалість холостого переїзду, с;

$$T_x = \frac{l_{\text{сп}}}{V_x} = \frac{500}{4,2} = 119 \text{ с} \quad (3.18)$$

де $l_{\text{сп}} = 500$ м – максимальна відстань від цеху розділення до майданчика комплектування, м;

$V_x = 4,2$ м/с – швидкість руху не завантаженого агрегату.

Тривалість завантаження причепа визначаємо за формулою:

$$T_{зав} = \frac{G_{моб} 3600}{Q_{ин}} = \frac{5 \cdot 3600}{3,4} = 5294 \text{ с.} \quad (3.19)$$

Тривалість переїзду завантаженого агрегату до місця компостування

$$T_p = \frac{l_{cn}}{V_p} = \frac{500}{2,8} = 179 \text{ с,} \quad (3.20)$$

де $V_p = 2,8 \text{ м/с}$ – швидкість руху завантаженого роздавача;

$T_{роз} = 240 \text{ с}$ – час розвантаження, який приймається виходячи із технології та організації робіт.

Тоді

$$T_{ц.моб.} = 119 + 5294 + 179 + 240 = 5832 \text{ с.}$$

Виходячи з цього маємо

$$i_1 = \frac{8 \cdot 3600}{5832} = 4,93$$

Кількість мобільних агрегатів складе

$$n_{моб} = \frac{4,92}{4,93} = 0,99 .$$

Приймаємо 1 агрегат.

2.6.3 Обладнання для прискороного компостування

Прискорене біотермічне компостування - це керований процес, у якому задаються та підтримуються оптимальні умови для розвитку мікробіологічних перетворень (вологість, температура, аерація, структура й забезпеченість біогенними елементами), що дозволяє мінімізувати тривалість переробки відходів до готового високоякісного компосту.

Основним технічним засобом, що забезпечує такі умови, є аератор компостних буртів (рис. 2.4).

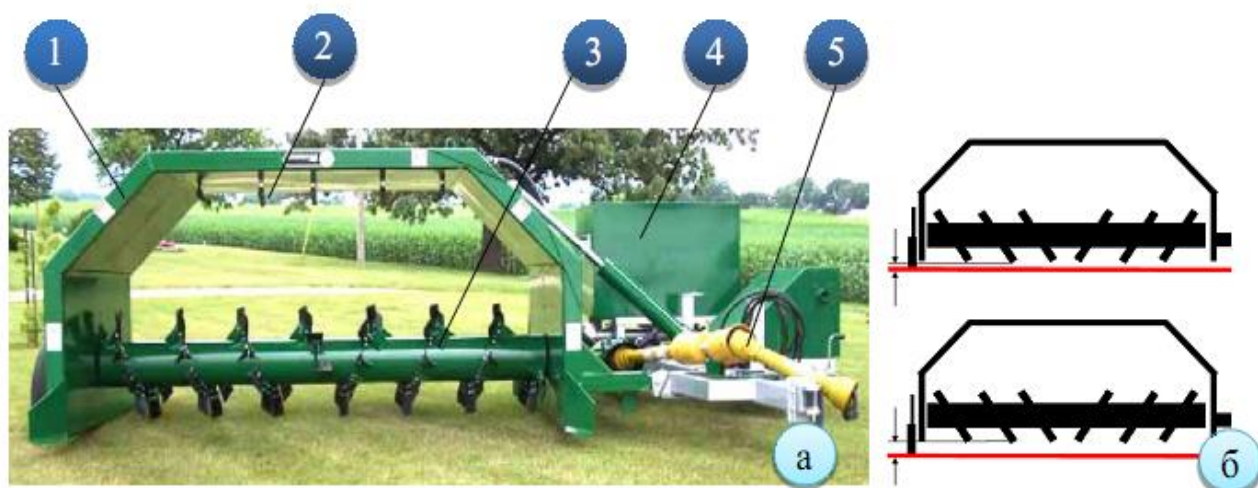


Рисунок 2.4 - Причіпний аератор компостних буртів: а – загальний вигляд; 1- рама; 2 – зрошувальні форсунки; 3 - фрезерно-барабанний робочий орган; 4 - бак для внесення рідких компонентів; 5 – привідний вал. б – схема вертикальної зміни положення робочого органа

Причіпна машина складається з рами 1, фрезерно-барабанного ротора 3, бака для введення рідких компонентів 4, привідного вала 5 та системи зрошувальних форсунок 2; зміна глибини обробітку здійснюється вертикальним переміщенням робочого органа (рис. 2.4, б).

У чинних промислових конструкціях близько 80–85 % аераторів оснащено горизонтальним ротором діаметром 0,3–1,2 м. На його поверхні радіально, за

гвинтовою траєкторією, встановлено лопаті, штифти чи фрези з вильотом 100–250 мм і кутом атаки, зміщеним відносно суміжних елементів. Ротор розміщується в аркоподібному кожусі, що надає потрібної жорсткості й одночасно охоплює борт під час проходження машини. Для стабілізації вологості та внесення поживних розчинів аератор обладнано системою зрошення, форсунки якої рівномірно розподіляють рідину по перероблюваній масі безпосередньо під час перемішування.

Таким чином, використання аераторів дозволяє інтенсифікувати доступ кисню, вирівнювати температурний профіль бурту та рівномірно зволожувати компостну масу, що у сукупності скорочує тривалість біотермічної стадії й забезпечує стабільну якість готового добрива.

Необхідну продуктивність аератора визначимо за виразом:

$$Q_p = \frac{V_T \cdot t_T}{t_z \cdot k} = \frac{27,330}{80,8} = 128 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.21)$$

Де k – коефіцієнт використання часу зміни.

Приймаємо до використання причіпний аератор компостних буртів АСК-3, продуктивністю $Q_{\text{тех}} = 600 \text{ м}^3/\text{год.}$, потужністю на привід 44 кВт.

Час роботи прийнятого аератора протягом зміни:

$$t = \frac{V_T \cdot t_T}{Q_{\text{тех}}} = \frac{27,330}{600} = 1,4 \text{ год.} \quad (3.22)$$

2.7 Висновки

У даному розділі було встановлено наступне.

По-перше, для видалення та переробки гною прийнято технологічну схему, що передбачає накопичення гнойової маси у ваннах під щільною підлогою свинарників, періодичне скидання її у трубопровід, самопливне транспортування

пластиковими магістралями до проміжного гноєзбірника, подальше подавання у метантенк, анаеробне зброджування з одержанням біогазу, одностадійне розділення перебродженого субстрату шнековим сепаратором на рідку та тверду фракції, зберігання рідкої частини у відстійниках і прискорене компостування твердої частини на спеціалізованому майданчику.

По-друге, сформовано комплект обладнання для всієї лінії та визначено необхідну кількість машин і установок.

У наступному розділі буде розроблено конструкцію завантажувача твердої фракції, оскільки він не входить до базового комплекту обладнання сепараційної лінії.

3 Розробка шнекового завантажувача

В цьому розділі нам необхідно визначити конструктивні, кінематичні та енергетичні параметри шнекового завантажувача твердої фракції збродженого гною після одностадійного сепарування.

3.1 Вихідні дані

Показники твердої фракції субстрату подано в табл. 3.1. Необхідна продуктивність завантажувача, згідно з п. 2.6.1, становить $3,4 \text{ т} \cdot \text{год}^{-1}$ ($\approx 3,78 \text{ м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$ за $\rho = 900 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$).

Характеристики гною після розділення

№	Показник	Гній
1	Вологість відносна, %	63,3...74,2
2	Щільність, $\text{кг}/\text{м}^3$	900
3	В'язкість, $\text{Па} \cdot \text{с}$	0,27
4	Коефіцієнт тертя по металу	0,55-0,6

Із компоновальної схеми дільниці (рис. 3.1) випливає:

- висота підйому $h = 3,8 \text{ м}$;
- кут нахилу шнека $\approx 30^\circ$ до горизонту.

Крім того, виходячи зі схеми технологічного процесу (аркуш 1 графічної частини) необхідно враховувати геометричні параметри цеху розділення гною на фракції, висоту встановлення сепаратора та висоту тракторного причепа, з прив'язкою до під'їзного майданчика. Для цього приведемо розріз дільниці розділення гною, яку пропонує постачальник обладнання для сепарації, з позначенням висот (рис 3.1).

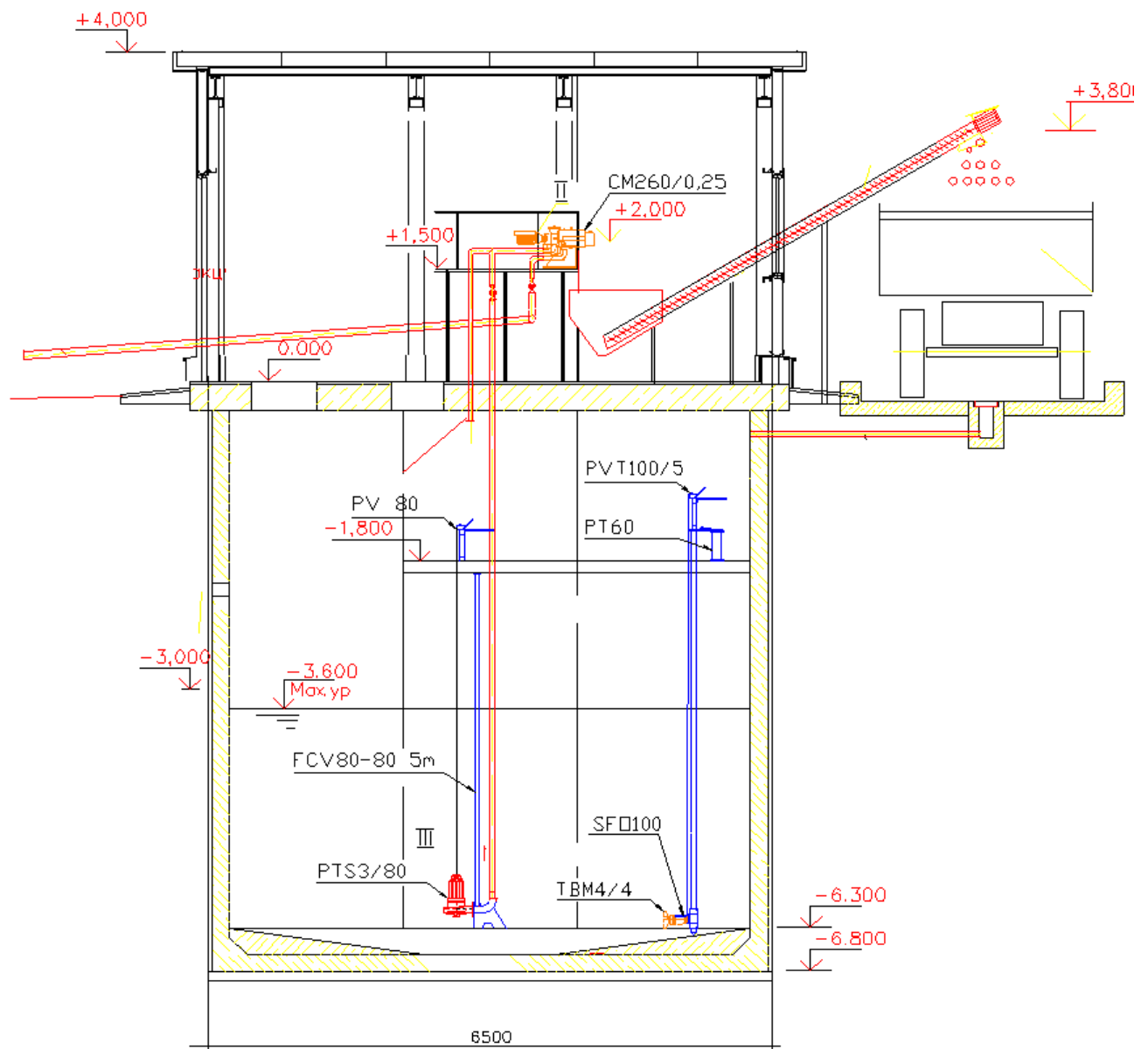


Рисунок 3.1 - Розріз ділянки розділення гною

Отже загальна довжина шнека повинна складати:

$$l = \frac{h}{\sin 30} = \frac{3800}{0,5} = 7600 \text{ мм.}$$

3.2 Вибір конструкції шнекового транспортера

3.2.1 Огляд існуючих конструкцій

Принцип роботи шнекових транспортерів ґрунтується на переміщенні матеріалу в порожнинах між спіральним гвинтом і стінкою корпусу завдяки обертанню гвинта. Така схема відзначається компактністю та високим коефіцієнтом корисної дії, що робить шнеки енергетично й економічно привабливими. Проста модульна будова дозволяє виготовляти спеціалізовані моделі практично для будь-яких умов експлуатації й різноманітних матеріалів.

За кінематикою розрізняють дві схеми приводу. У тягнучій схемі двигун установлюють з боку розвантаження, тоді як у штовхаючій - з боку завантажувальної горловини. Вибір схеми визначають фізичні властивості транспортованого матеріалу, конструкція гвинта та доступність приводу для обслуговування.

Корпус, як правило, складається з окремих секцій циліндричної форми, з'єднаних фланцями. Його виготовляють із вуглецевих або нержавіючих сталей; на зовнішній поверхні передбачають вушка чи рым-болти для стропування та монтажу. Завантажувальні та розвантажувальні патрубки виконують у кількості, заданій технологією, а під завантажувальним отвором розміщують ревізійний люк для очищення у разі засмічення. Для волокнистих або малорухомих матеріалів завантажувальну горловину формують у вигляді бункера.

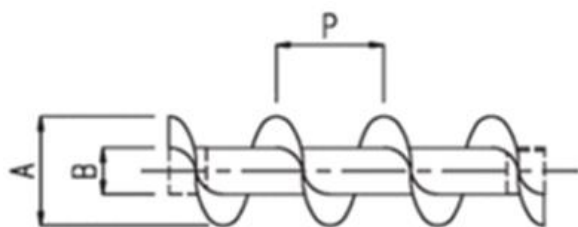


Рисунок 3.2 - Суцільний шнек.

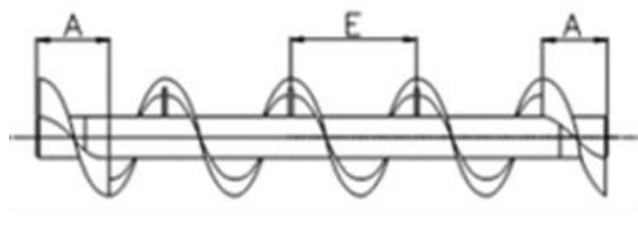


Рисунок 3.3 - Стрічковий шнек.

Основним робочим елементом є гвинт. Суцільний гвинт утворюють спіра-

льним пером, привареним до труби-вали. У зоні завантаження крок спіралі роблять меншим, ніж у транспортній частині, що вирівнює подачу. Такий гвинт доцільний для сипких, добре рухомих матеріалів (рис. 3.2). Стрічковий гвинт (рис. 3.3) складається з окремої стрічки; встановивши додаткову стрічку з протилежним кроком, одержують змішувальний шнек.

Безосьові стрічкові гвинти (рис. 3.4) застосовують для різнорідних чи клейких матеріалів; торець спіралі може ковзати по днищі корпуса. Лопатеві гвинти (рис. 3.5) забезпечують інтенсивне перемішування й часто входять до складу багатовалових систем.

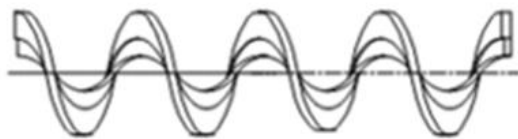


Рисунок 3.4 - Стрічковий безосьовий шнек

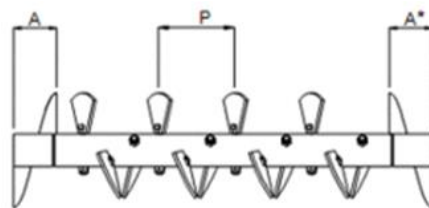


Рисунок 3.5 - Лопатевий шнек

Для малорухомих або абразивних мас використовують спеціальні форми пера (рис. 3.6) чи зміцнюють крайку зносостійким покриттям (рис. 3.7).

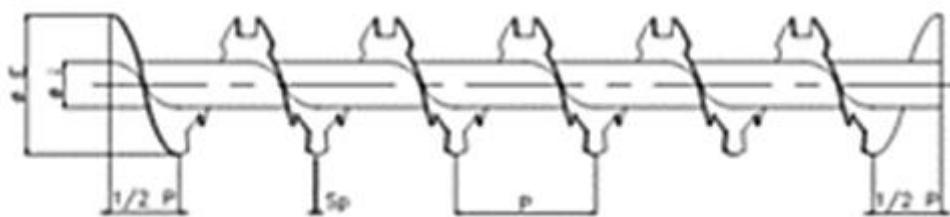


Рисунок 3.6 - Спеціальний шнек

Шнекові транспортери також служать дозаторами. Нерівномірність подачі усувають установленням на розвантажувальному кінці багатозахідного дозуючого гвинта з малим кроком (рис. 3.8).

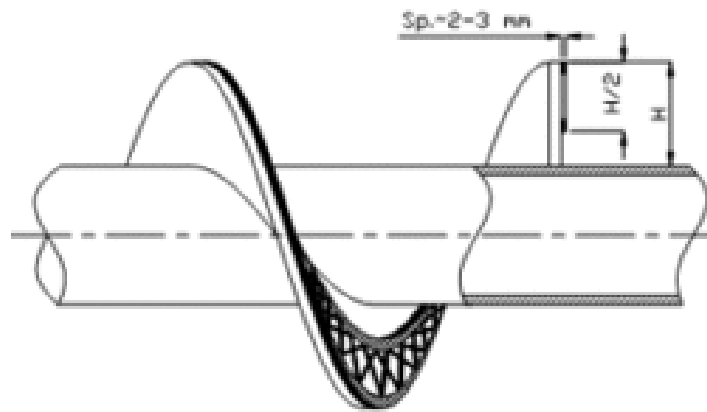


Рисунок 3.7 - Зміцнення пера шнека

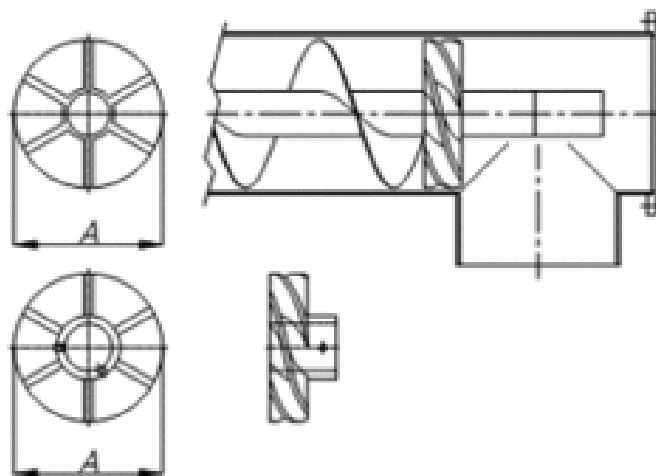


Рисунок 3.8 - Дозуючий гвинт шнека

Під час роботи з рідкими матеріалами або при нахилі шнека у бік виходу можливе сифонування; тоді застосовують запобіжні пристрої на валу перед вихідним патрубком (рис. 3.9).

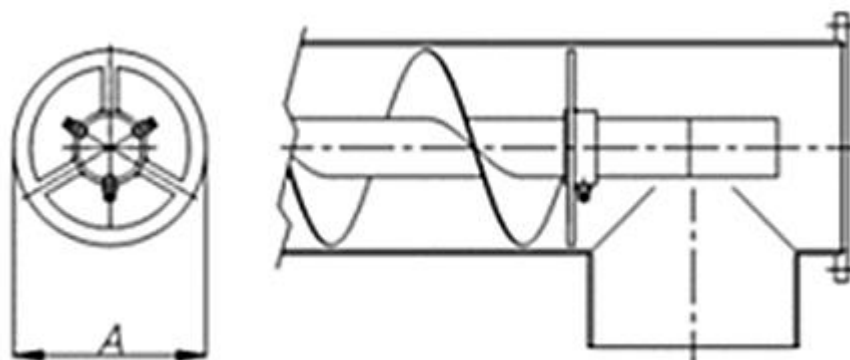


Рисунок 3.9 - Шнек для подачі рідких матеріалів

Вали обладнують ущільнювальні-підшипниковими вузлами роздільного виконання, що знижує ризик потрапляння продукту в підшипники. Ущільнення мають регульовальний ресурс. Електродвигуни переважно фланцеві, розраховані на роботу за температур $-25 \dots +40 \text{ }^{\circ}\text{C}$; їхню потужність визначають за властивостями матеріалу, геометрією шнека й потрібною продуктивністю.

Таким чином, сучасна номенклатура шнекових транспортерів дає змогу добирати або конструювати гвинт, корпус і систему приводу відповідно до специфіки твердої фракції збродженого субстрату, що забезпечує надійну роботу лінії та оптимальні енерговитрати.

3.2.2 Вибір конструктивної схеми

Приймаємо проектування шнековий транспортер з суцільним гвинтом, кінематична схема – тягнуча (привід встановлено у зоні вивантаження матеріалу), матеріал корпусу – вуглецева сталь; в зоні завантаження – бункер для проміжного накопичення гною.

3.3 Визначення конструктивних параметрів завантажувача

3.3.1 Визначення параметрів шнека

Вихідними даними при проектуванні є продуктивність Q .

Визначають діаметр шнека $D_{ш}$, діаметр вала шнека d_v , крок шнека S , кутову швидкість ω .

Продуктивність завантажувача можна записати як:

$$Q = F_{шару} g_{шару} \rho, \quad (3.2)$$

де ρ – щільність гною, кг/м³

Знаючи

$$F_{шару} = \frac{\pi(D_{ш}^2 - d_{\epsilon}^2)}{4} \varphi_3 \varphi_n, \quad (3.3)$$

де φ_3 – коефіцієнт заповнення робочого простору шнека продуктом ($\varphi_3 = 0,25..0,35$);

φ_n – коефіцієнт, що враховує зменшення ступеня заповнення продукту залежно від кута нахилу шнека, при $\beta = 30^\circ \varphi_n = 0,65$, $\beta = 45^\circ \varphi_n = 0,44$;

$$g_{шару} = S \cdot n = S \frac{\omega}{2\pi}, \text{ м/с} \quad (3.4)$$

Продуктивність завантажувача дорівнює

$$Q = \frac{\pi(D_{ш}^2 - d_{\epsilon}^2)}{4} \cdot \frac{S\omega}{2\pi} \cdot \rho \varphi_3 \varphi_n = 0,125(D_{ш}^2 - d_{\epsilon}^2) \cdot S\omega \varphi_3 \varphi_n \rho. \quad (3.5)$$

Виходячи з досвіду проектування транспортних засобів для в'язких продуктів $D_{ш}$ приймаємо 100 мм, а d_{ϵ} зі співвідношення $D_{ш} = (4...6)d_{\epsilon}$ тоді $d_{\epsilon} = 32$ мм. Крок S вибирають у межах $S_{\theta} = (0,8...1,1)D_{\theta}$, тобто 120 мм і тому кут α обмежується в межах 10...20°.

Користуючись формулою продуктивності, кутову швидкість обертання шнека:

$$\omega = \frac{Q}{0,125(D_{ш}^2 - d_{с}^2) \cdot S \varphi_3 \varphi_n \rho} =$$

$$= \frac{3,4}{0,125 \cdot (0,1^2 - 0,032^2) \cdot 0,16 \cdot 0,35 \cdot 0,65 \cdot 900} = 72,5 c^{-1}.$$

Тоді частота обертання шнека буде:

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 72,5}{3,14} = 692 x c^{-1}. \quad (3.6)$$

3.3.2 Підбір електродвигуна

Електродвигун підберемо у відповідності до необхідної на привід потужності.

Визначимо потужність приводу (кВт) завантажувача

$$N = \frac{8Q \cdot l}{367 \cdot \eta} \cdot (f \cos \beta + \sin \beta) \varphi_3 \cdot \varphi_n =$$

$$= \frac{8 \cdot 3,4 \cdot 7,6}{367 \cdot 0,92} \cdot (0,6 \cos 30 + \sin 30) \cdot 0,35 \cdot 0,65 = 0,98 кВт \quad (3.7)$$

де $L_{ш} = 16,5 м$ – довжина шнеку (за технічною характеристикою);

$f = 0,6$ – коефіцієнт тертя гною по сталі;

$\beta = 30^\circ$ – кут нахилу шнеку;

η – ККД приводу.

$$\eta = \eta_{кп} \cdot \eta_n^2 = 0,94 \cdot 0,99^2 = 0,92 \quad (3.8)$$

Тут $\eta_{кп} = 0,94$ – ККД клинопасової передачі;

$\eta_n = 0,99$ – ККД підшипникового вузла (а їх два).

По каталогу приймаємо електродвигун АИР80В6У3 по ГОСТ 19523-81 номінальна потужність $P_{\text{дв}}=1,1$ кВт із номінальною частотою обертання $n_{\text{дв}}=950$ хв⁻¹.

3.3.3 Підбір клинопасової передачі

Виходячи з характеристик електродвигуна та попередніх розрахунків визначимо параметри клинопасової передачі.

Передаточне число привода:

$$i = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{ш}}} = \frac{950}{692} = 1,37; \quad (3.9)$$

Для передачі крутного моменту приймаємо клинопасову передачу.

Вихідні дані:

- передана потужність, $P_1=0,98$ кВт;
- частота обертання привідного вала $n_1=950$ хв⁻¹;
- передаточне число передачі $i=1,37$;

Режим роботи - значні коливання навантаження в період перевантажень 200% номінальної, робота у одну зміну.

Вибір пасової передачі.

По переданій потужності привідного шнека $d_{\text{min}}=90$ мм для ременя типу А.

Діаметр ведомого шківів:

$$d_2 = d_1 \cdot i = 90 \cdot 1,37 = 123,3 \text{ мм} . \quad (3.10)$$

За ДСТ-12843-80 приймаємо $d_2=120$ мм.

Дійсне число передачі та дійсна частота обертання шнека:

$$i = \frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)} . \quad (3.11)$$

$$i = \frac{120}{90 \cdot (1-0,01)} = 1,35 .$$

Тоді дійсна частота обертання шнеку:

$$n_{ш} = \frac{n_{нг}}{i} = \frac{950}{1,35} = 704 \text{ хв}^{-1} . \quad (3.12)$$

3.3.4 Визначення об'єму бункера шнека

Об'єм бункера шнек-завантажувача визначимо з умови безперебійної роботи транспортного агрегату (п. 2.6.2):

$$V_{бун} = \frac{V_T}{t_3} \cdot (T_x + T_p + T_{роз}) , \quad (3.13)$$

де V_T – добовий вихід твердої фракції субстрату, т. З п. 2.5.3 $V_T = 27,3$ т.

t_3 – тривалість робочої зміни лінії розподілу гною на фракції, год;

T_x – тривалість холостого переїзду, год. З п. 2.6.2 $T_x = 119 \text{ с} = 0,03$ год.

T_p – Тривалість переїзду завантаженого агрегату до місця компостування, год. З п. 2.6.2 $T_p = 179 \text{ с} = 0,05 \text{ год.}$

$T_{роз}$ – час розвантаження, год. З п. 2.6.2 $T_{роз} = 240 \text{ с} = 0,07 \text{ год.}$

$$V_{бун} = \frac{27,3}{8} \cdot (0,03 + 0,05 + 0,07) = 0,51 \text{ м}^3.$$

Приймаємо об'єм бункера рівний $0,6 \text{ м}^3$.

3.4 Робота та обслуговування дільниці розділення

Сепаратор живиться насосом із накопичувального резервуара. У впускній камері вібратор попередньо ущільнює масу, завдяки чому процес відділення рідкої фази розпочинається вже на вході. Під час руху субстрату по сити відокремлені волокна утворюють фільтрувальний шар, який затримує дрібніші частинки, при цьому шар разом із основною масою плавно просувається до виходу. Наприкінці тракту між шнеком і подвійною засувкою формується так звана «робоча пробка» твердої фракції. Тиск з боку шнека та відтисного вузла забезпечує віджимання практично всієї вільної та частини зв'язаної вологи. Зусилля відтиску регулюють зміною кількості й положення противаг, що дозволяє встановлювати вологість твердої частини у межах 50–70 %, тоді як вміст сухої речовини у рідкій фазі не перевищує 1 % (ефективність сепарації понад 99 %).

Устаткування лінії підлягає щоденному огляду, технічному обслуговуванню № 1 після кожних 75–90 год роботи та технічному обслуговуванню № 2 через 270–300 год або двічі на рік. Щоденний огляд включає перевірку наявності і справності транспортних засобів під похилим конвеєром, стану огорожень приводів і скребків. Під час ТО-1, окрім щоденних операцій, перевіряють натяг ременів і ланцюгів, змащують підшипники ковзання поворотних роликів, вузли притискання та очищення, приводну станцію, натяжний гвинт і вихідний вал ре-

дуктора реверсу. При ТО-2 повторюють роботи ТО-1, а також демонтують, розбирають і промивають у дизельному паливі ланцюги та штанги, замінюють пошкоджені ланки, перевіряють редуктори, очищають їх деталі, контролюють стан зубчастих коліс і підшипників, за потреби змінюють зношені елементи. Додатково розбирають і промивають вузли притискання й очищення скребків, поворотний сектор і ролики, перевіряють втулки, ущільнення, клинові паси та замінюють дефектні деталі, після чого конвеєр повторно збирають і налагоджують.

3.5 Висновки

У межах цього розділу отримано такі результати.

1. Запропоновано конструкцію шнекового завантажувача для подавання твердої фракції гною у тракторний причіп та визначено його головні геометричні й кінематичні параметри.

2. Розраховано робочі зусилля у тяговому органі завантажувача й обґрунтовано електричний привід із клинопасовою передачею; встановлена потужність привода становить 1,1 кВт.

3. Наведено регламент роботи й правила технічного обслуговування обладнання.

У наступному розділі буде розглянуто питання охорони праці під час експлуатації лінії прибирання та переробки гною.

4 Охорона праці

4.1 Загальні вимоги

Вимоги охорони праці для ліній видалення гною й біогазових установок базуються на системному оцінюванні ризиків відповідно до Директиви 89/391/ЄЕС, Закону України «Про охорону праці» та ДСТУ ISO 45001:2019, а також охоплюють механічну, вибухопожежну, біологічну, електротехнічну й хімічну безпеку. Устаткування-шнекові транспортери, насоси, сепаратори, міксери, компресори й когенератори-має відповідати Директиві 2006/42/ЕС «Про машини» та національному Технічному регламенту безпеки машин (постанова КМУ № 62/2013); виробник зобов'язаний видати декларацію СЕ, а роботодавець забезпечити паспорти й інструкції українською мовою згідно з НПАОП 0.00-4.33-99. Зони, де може накопичуватися біогаз, класифікуються за Директивами 1999/92/ЕС та 2014/34/EU (ATEX) і Технічним регламентом вибухозахищеного обладнання (постанова КМУ № 1055/2016); там дозволено використовувати лише апарати з маркуванням Ex відповідного рівня захисту, облаштовується безперервний газоаналіз і сигналізація на основі ДСТУ EN 60079-29-1, а роботи всередині апаратів виконують за нарядом-допуском відповідно до НПАОП 0.00-5.05-04.

Гній і дегістат належать до другого класу біологічних агентів згідно з Директивою 2000/54/ЕС та ДСП 9.9.5-080-2002; персонал проходить медогляди, забезпечується комбінезонами, нітриловими рукавицями, окулярами та напівмасками FFP2, а на робочих місцях облаштовуються пункти гігієни рук.

Електрообладнання виконується за Директивою 2014/35/EU (LVD), ДСТУ ІЕС 60364 та Правилами безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98); приводні механізми блокуються при відкритті люків згідно з EN ISO 14120, а система lock-out/tag-out застосовується під час обслуговування. З огляду на належність біогазових станцій до об'єктів підвищеної небезпеки згідно з Директивою 2012/18/EU (Seveso III) та Законом України «Про

об'єкти підвищеної небезпеки» (2022 р.), обов'язково розробляється план локалізації й ліквідації аварій (ПЛАС) за НПАОП 40.1-1.32-01, а приміщення категоруються за ДСТУ EN IEC 60079-10-1 і оснащуються вибуховими клапанами, іскрогасниками та факелами.

Для механізмів видалення гною застосовуються стандарти EN 618, EN 620 та НПАОП 0.00-1.28-2017, що вимагають суцільних огорожень обертових деталей, блокування при їх демонтажі й реверсного режиму очищення зі швидкістю менше 10 об/хв.

Приміщення дільниць видалення гною й біореакторів забезпечуються припливно-витяжною вентиляцією, здатною забезпечити мінімум десятикратний повітрообмін за годину відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 та EN 16798-3; концентрація NH_3 і H_2S контролюється в межах гранично-допустимих значень, установлених наказом МОЗ № 400/2020.

Роботодавець розробляє інструкції з охорони праці відповідно до НПАОП 0.00-4.01-08 і стандарту ЄН 50110-1, проводить навчання й перевірку знань працівників не рідше одного разу на три роки згідно з наказом Мінсоцполітики № 111/2018, веде журнали огляду газонебезпечних приміщень, забезпечує персональні газоаналізатори й видає наряди-допуски на роботи в замкнених просторах відповідно до ДСН 3.3.1-71-2003 та EN 689.

Суворе виконання цих вимог гарантує мінімізацію професійних ризиків, запобігає аваріям і забезпечує відповідність підприємства законодавству ЄС та України у сфері безпеки й гігієни праці.

4.2 Інструкція з охорони праці для оператора біогазової установки

1. Загальні положення

1.1. Інструкція встановлює обов'язкові для виконання вимоги безпеки під час експлуатації біогазової установки, розроблена відповідно до Закону України «Про охорону праці», Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки», Директив

89/391/ЄЕС, 1999/92/ЄС (ATEX 137) і 2012/18/EU (Seveso III), Технічного регламенту вибухозахищеного обладнання (постанова КМУ № 1055 від 28.12.2016 р.) та НПАОП 40.1-1.21-98.

1.2. Оператор допускається до роботи після проходження медогляду, первинного та повторного інструктажів, навчання й перевірки знань правил безпечної експлуатації газонебезпечних об'єктів не рідше одного разу на 12 місяців.

1.3. Біогаз (метан 50–60 %) є вибухо- та пожежонебезпечною речовиною; гній і дегістат містять біологічні агенти 2-ї групи небезпеки та сірководень. Основними небезпечними факторами є вибух метано-повітряної суміші, отруєння H_2S і NH_3 , ураження електрострумом, біологічне інфікування, термічні опіки.

1.4. Оператор зобов'язаний користуватися спецодягом (комбінезон із кислото-лужним просоченням), нітриловими рукавицями, захисними окулярами (щитком) та фільтрувальним напівмаском не нижче FFP2; у вибухонебезпечних зонах необхідне використання іскробезпечних інструментів і переносних світильників Ex II 2G.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Перевірити працездатність системи газоаналізу; допустимі концентрації: $\text{CH}_4 \leq 20 \text{ \% НКМ}$, $\text{H}_2\text{S} \leq 10 \text{ мг/м}^3$, $\text{NH}_3 \leq 20 \text{ мг/м}^3$. За перевищення – роботу не починати, повідомити відповідального.

2.2. Переконатися у відсутності зовнішніх ушкоджень на трубопроводах, фланцях, манометрах, арматурі когенератора, у справності запобіжних клапанів і полум'явідділювачів.

2.3. Перевірити рівні масла у редукторах міксерів, роботу циркуляційних насосів підігріву.

2.4. Встановити заповненість реактора та резервуарів у межах технологічного графіка; не допускати заливання понад максимальний рівень.

2.5. Перевірити справність блокувань і сигнальних ланцюгів «газ – факел – когенерація», функцію аварійної зупинки E-STOP.

3. Вимоги безпеки під час роботи

3.1. Підтримувати температуру мезофільного процесу $35 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$; коригувати підігрів лише за показаннями термодатчиків.

3.2. Не відкривати люки реактора, газгольдера чи дегістатних резервуарів під тиском; роботи всередині замкнених просторів виконуються виключно за нарядом-допуском і нагляду газорятувальної ланки.

3.3. Заборонено курити, користуватися відкритим вогнем або іскроутворювальними інструментами в радіусі 15 м від газопроводів і запобіжних факелів.

3.4. Контролювати тиск біогазу в куполі 2,0 – 6,0 кПа; при перевищенні автоматично відкривається надлишковий факел, про що оператор робить запис у журналі.

3.5. Стежити за рівнем дегістату й твердої фракції; при забиванні шнеків чи насосів зупиняти лінію, знеструмлювати її ЛОТО-пристроєм, прочищати лише з повним знебарвленням газоаналізатором.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. Зупинити подачу субстрату, дочекатися циклу мінімального змішування, відключити живлення міксерів і насосів.

4.2. Закрити запірні крани газу, перевести когенератор у режим охолодження й холостий провітрювання, вимкнути автоматичний факел.

4.3. Очистити робочі площадки від залишків субстрату, дезінфікувати розлиті маси розчином гіпохлориту натрію 1 %.

4.4. Здати зміну з записом у вахтовому журналі показань приладів, виконаних регламентів і зауважень щодо роботи обладнання.

5. Дії у разі аварійної ситуації

5.1. При сигналі «газ» або виявленні різкого запаху сірководню негайно увімкнути аварійну вентиляцію, евакуюватися у напрямку, протилежному вітру, попередити чергового інженера та викликати газорятувальну службу.

5.2. У разі займання біогазу за межами факела зупинити подачу газу, активувати стаціонарну систему пінного пожежогасіння, вимкнути електроживлення зони АТЕХ, повідомити ДСНС за тел. 101.

5.3. При зупинці циркуляційного насоса або перевищенні тиску в реакторі більше 6 кПа перевести газ у запасний газгольдер або на факел, знизити температуру підігріву, викликати чергову ремонтну бригаду.

5.4. У разі травми або отруєння працівника вивести потерпілого на свіже повітря, дати кисень із ШВЛ-балона, надати першу допомогу, викликати швидку за тел. 103, повідомити керівника робіт.

6. Заключні положення

Періодичні оперативні інструктажі проводяться щоквартально; позапланові - у разі зміни технологічного процесу, модернізації обладнання, пожежі, вибуху або нещасного випадку. Порушення працівником вимог цієї інструкції є дисциплінарним проступком і тягне відповідальність згідно з Кодексом законів про працю України, а в разі завдання шкоди здоров'ю або довкіллю - відповідно до Кримінального кодексу України та Директиви 2008/99/ЄС «Про охорону довкілля шляхом кримінального права».

4.3 Висновки

У розділі «Охорона праці» комплексно оцінено небезпечні та шкідливі фактори, притаманні ланці видалення гною й роботі біогазової установки, обґрунтовано застосування технічних, санітарно-гігієнічних і організаційних заходів, що відповідають вимогам Директив 89/391/ЄЕС, 1999/92/ЄС, 2014/34/EU, Seveso III, а також Закону України «Про охорону праці» й національних технічних регламентів. Запропоновано вибухозахищене та іскробезпечне обладнання класу Ex, систему безперервного газоаналізу, припливно-витяжну вентиляцію з кратністю ≥ 10 , заходи lock-out/tag-out під час обслуговування, засоби індивідуального захисту оператора (комбінезон, нітрилові рукавички, напівмаска FFP2, окуляри) і регламентовані інструктажі та медогляди. Розроблена інструкція для оператора біогазової установки, план локалізації й ліквідації аварій, а також графік технічних оглядів забезпечують мінімізацію професійних ризиків і повну відповідність підприємства європейським та українським стандартам безпеки праці.

5 Економічна оцінка

5.1 Вихідні дані

Порівняння виконуватиметься між базовою технологією, яка охоплює виробництво біогазу та рідких органічних добрив, і удосконаленим варіантом, що передбачає додаткове розділення збродженого субстрату на тверду й рідку фракції з подальшим прискореним біотермічним компостуванням твердої частини. Оскільки до ділянки фракційного розділення технологічні схеми обох варіантів збігаються, економічні розрахунки виконуватимуться лише за статтями, які стосуються впровадження запропонованого удосконалення.

Отже, базовий сценарій включає зберігання рідкого дегістату з періодичною гомогенізацією. У проектному сценарії додано операції фракційного розділення, транспортування твердої фази до компостного майданчика та прискорене біотермічне компостування. Додатковою продукцією проектного варіанта стають високоякісні сухі органічні добрива (компост).

Порівняльні дані щодо комплектації обладнання за кожним варіантом, установленної потужності, вартості та інших показників, необхідних для подальших розрахунків, наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Вихідні дані до розрахунку економічних показників

Вихідні дані	Варіанти	
	базовий	проектний
1	2	3
1. Вартість комплекту обладнання, грн.	86000	581700
2. Додаткові капітальні вкладення, грн.	-	495700

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
в т.ч. – ділянка розділення субстрату		385500
– причеп 2ПТС-4М		32000
– аератор компосту АСК-3		78200
3. Потужність стаціонарного обладнання, кВт	16,0	12,1
4. Потужність мобільних засобів, кВт	-	44
5. Обслуговуючий персонал, люд	-	1
6. Кількість твердої фракції субстрату вологістю 65 %, т/рік	-	8979
7. Кількість отриманого компосту вологістю 35 %, т/рік	-	6285

5.2 Розрахунок показників економічної ефективності

Для порівняння базового та удосконаленого варіанту технологічного процесу видалення гною, ми зосередимося на питомих експлуатаційних витратах. Це дозволить оцінити ефективність і економічну доцільність модернізації. Витрати на експлуатацію включають такі категорії, як заробітна плата, енергоресурси, амортизаційні відрахування та витрати на ремонт і технічне обслуговування.

Таблиця 5.1 - Показники економічної ефективності розробки

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
1	2	3
1. Кінцевий продукт після переробки	рідкі органічні добрива	компост, рідкі органічні добрива
2. Обслуговуючий персонал, люд	-	1
3. Вартість комплексу обладнання, грн.	86000	581700

Продовження таблиці 5.2

1	2	3
3. Потужність стаціонарного обладнання, кВт	16,0	12,1
4. Потужність мобільних засобів, кВт	-	44
5. Експлуатаційні витрати, грн.	63304	295257,88
6. Кількість отриманого компосту, т/рік	-	6285
7. Виручка від реалізації компосту, грн.	-	754200
8. Річний економічний ефект, грн.	-	522246,12
9. Додаткові капітальні вкладення, грн.	-	495700
10. Строк окупності додаткових капітальних вкладень, роки	-	0,95

5.3 Висновки

Аналіз даних таблиці 5.2 показує, що впровадження удосконаленої схеми обробки зброженого субстрату, попри більші експлуатаційні витрати та вищі капітальні вкладення, є економічно доцільним: очікуваний термін окупності становить лише 0,95 року, а розрахований річний економічний ефект досягає 522 246,12 грн.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

При виконанні дипломного проекту отримані наступні результати:

1. Враховуючи наміри керівництва ТОВ «Агро-Овен» та існуючий стан справ на фермі поставлено завдання проекту – розробити проект удосконалення механізації лінії видалення та обробки гною на свинофермі с. Оленівка;

2. Детально розроблено проект лінії удосконалення прибирання, транспортування та обробки гною. В якості удосконалення технологічного процесу видалення та обробки гною до існуючої технологічної схеми нами пропонується ввести операцію розділення збродженого субстрату на фракції з подальшим прискореним компостуванням твердої та відстоюванням рідкої фракції. Це дасть змогу отримувати додатковий продукт у вигляді компосту;

3. Для завантаження твердої фракції гною до тракторного причепа запропонована конструкція шнекового завантажувача і розраховані його основні геометричні і кінематичні параметри та розроблено креслення;

4. Розроблені заходи з техніки безпеки при експлуатації технологічної лінії прибирання, транспортування, обробки та зберігання гною;

5. Як показали розрахунки, експлуатаційні витрати проектного варіанту, зважаючи на його вищу складність, значно вищі, ніж для базового. Але з урахуванням отримання додаткової продукції (компосту), реалізаційна ціна якого на сьогодні складає 120 грн./т., розрахунковий економічний ефект від впровадження складе 522246,12 грн.

Виходячи з отриманих показників економічної ефективності можна пропонувати розроблений проект удосконалення лінії видалення та обробки гною на аналогічних підприємствах з виробництва свинини.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. ВНТП-АПК-01.05. Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)// Міністерство аграрної політики України (Мінагрополітики України) // Київ – 2005.
2. Машина для заготівлі та приготування кормів// За редакцією В.І. Кравчука, Дослідницьке, УкрНДІВПТ ім. Погорілого – 2009, -136 с.
3. Машина для тваринництва та птахівництва // За редакцією В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника, Дослідницьке, УкрНДІВПТ ім. Погорілого – 2009, -207 с.
4. Романюха І.О., Дудін В.Ю. Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] /І.О. Романюха, В.Ю. Дудін; за ред. І. Романюхи. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2014. – 418 с.
5. ДСТУ 4397: 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 15 с.
6. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва/ І.Г.Бойко, В.І.Гридасов, А.І.Дзюба та ін.; За ред. О.П.Скорика, О.І.Фісяченка. – Харків, 2004. – 272 с.
7. Нова сільськогосподарська техніка/ В.А. Ясенецький, В.С. Куліш, М.П. Мечта та ін.; За ред. В.А. Ясенецького. – К.: Урожай, 1991. – 320 с.
8. Повод М.Г, Дудін, В.Ю., Шпетний М.Б.Розробка основних засад щодо обґрунтованого визначення розмірів санітарно-захисних зон свиноферм: монографія, Суми, «Сумський національний аграрний університет» 2019. – 96 с., ISBN 978-617-593-059-5
9. Гранично допустимі концентрації \ГДК\ та орієнтовні безпечні рівні дії \ОБРД\ забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць/Міністерство екології та природних ресурсів України.
10. Дудін В.Ю., Павленко С.І., Акименко Р.М. Моніторинг ринку та технічних засобів виробництва твердих органічних добрив Технічні системи і

технології тваринництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2016. – Вип. 170. – С. 34-45.

11. Дудін В.Ю. Огляд практик поводження з рідким гноєм в країнах ЄС. *Materialy XIV Miedzynarodowej naukow-praktycznej konferencji, «Wykształcenie i nauka bez granic - 2018»*, Volume 20 *Przemysł: Nauka i studia* -12-16 s.

12. Дудін В.Ю. Огляд технологій переробки рідкого гною свиней /*Materiály XVI Mezinárodní vědecko - praktická konference «Moderní vymoženosti vědy»*, 22 - 30 ledna 2020 r., Volume 10 : Praha. Publishing House «Education and Science» - s. 30-34

13. Дудін В.Ю. Огляд технологій переробки твердого гною *Materialy XV Międzynarodowej naukow-praktycznej konferencji, «Wykształcenie i nauka bez granic - 2019»*, 07 - 15 grudnia 2019 roku, Volume 8 *Przemysł: Nauka i studia* – s. 49-51.

14. Основи теорії машиновикористання у тваринництві: навчальний посібник [для студ. вищ.навч.закл.] / В.Т.Дмитрів, Ю.М.Носов, В.М. Сиротюк та ін.]; за ред. В.Т. Дмитріва. – Львів: Афіша, 2008. – 260 с.

15. Писаренко Г.С. та ін. Опір матеріалів Підручник / Г. С. Писаренко О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. За ред. Г. С. Писаренка - К.; Вища школа, 1993. - 655 с.

16. Павловський М.А. Теоретична механіка/ М.А. Павловський //Київ: Техніка, 2002. – 510 с.

17. Коновалюк Д.М., Ковальчук Р.М. Деталі машин: підручник 2-е видання, К.:Кондор, 2004. - 584 с.

18. ВНТП-АПК-09.06/ Мінагрополітики України Системи видалення, обробки, підготовки та використання гною. 2006, Мінагрополітики України, Київ – 85 с.

19. Стратегія розвитку сільського господарства України на період до 2028 року: Проект [Електронний ресурс] / [НААН України; ННЦ «Інститут аграрної економіки»]. – К, 2022. – Режим доступу: http://iae.faaf.org.ua/images/iae/strateg_agro_print0.pdf.

20. Посібник-практикум: Машини та обладнання для тваринництва / І.І.Ревенко, М.В.Брагінець, О.О.Заболотько та ін.; – К.:Кондор, 2011. – 396с.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Удосконалення технологічного процесу видалення гною на свинофермі з розробкою шнекового завантажувача

демонстраційний матеріал до дипломного проєкту рівня вищої освіти «Бакалавр»

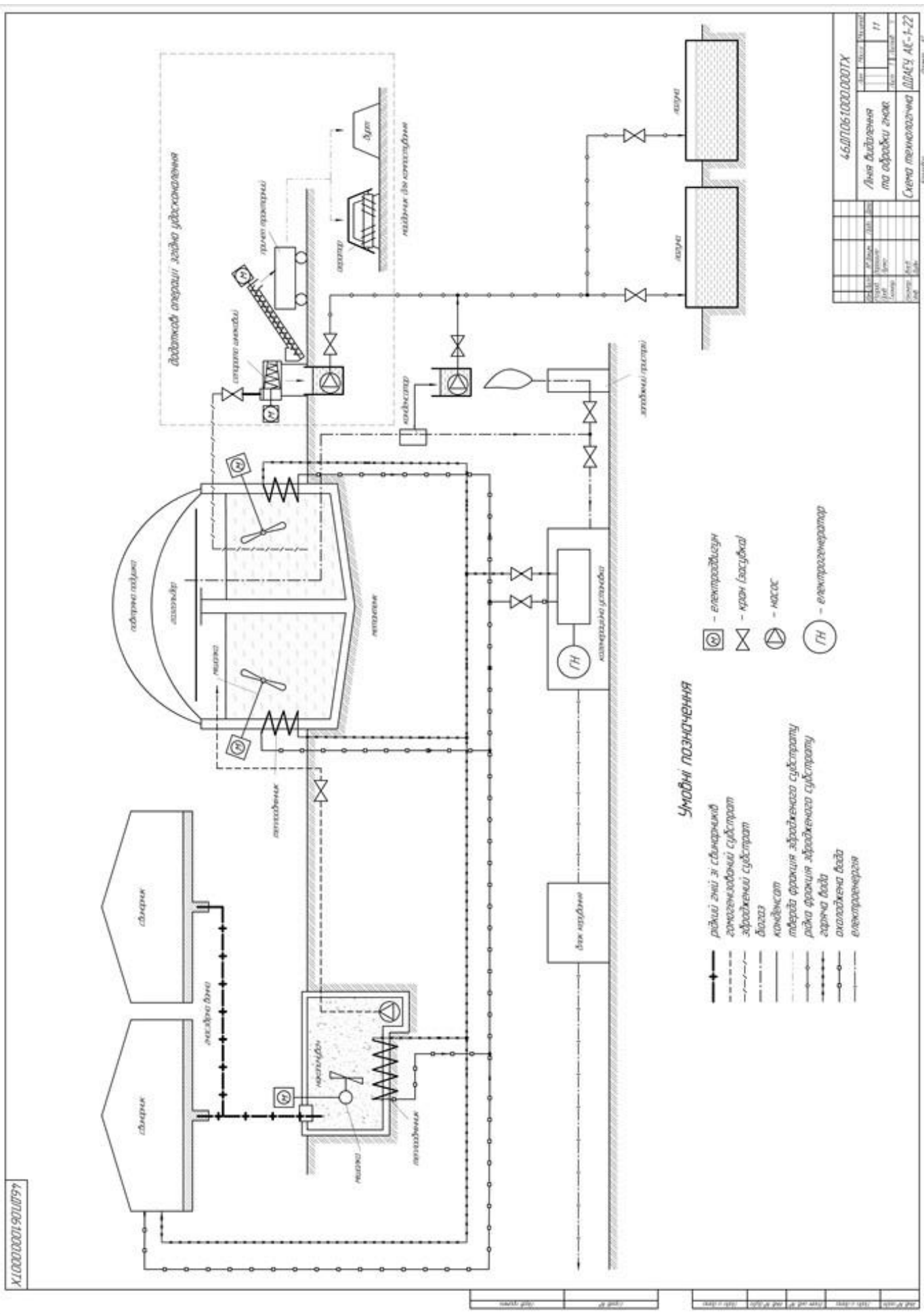
Виконав: студент 4 курсу, групи АІС-1-22

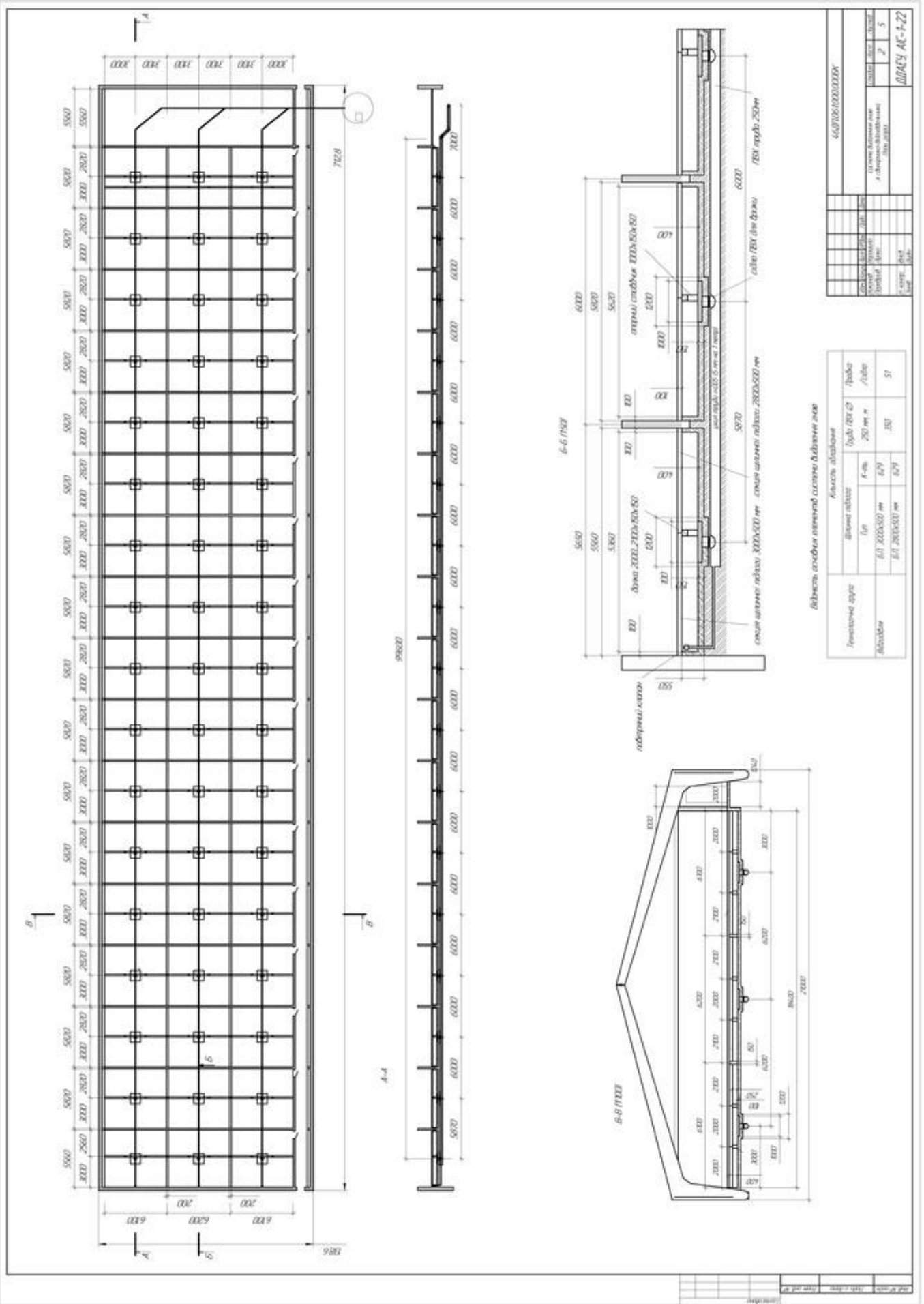
Ворошило Олександр Андрійович

Керівник: ст. викладачка, доктор філософії

Лупко Кристина Олегівна

Дніпро-2025





Виды фасадов помещений системы отопления

Наименование	Количество			
	Длина	Ширина	Площадь	Объем
Длина	6,00	2,00	12,00	12,00
Ширина	2,00	6,00	12,00	12,00
Площадь	12,00	12,00	144,00	144,00
Объем	12,00	12,00	144,00	144,00

6,00	2,00	12,00	12,00
2,00	6,00	12,00	12,00
12,00	12,00	144,00	144,00
12,00	12,00	144,00	144,00

6,00

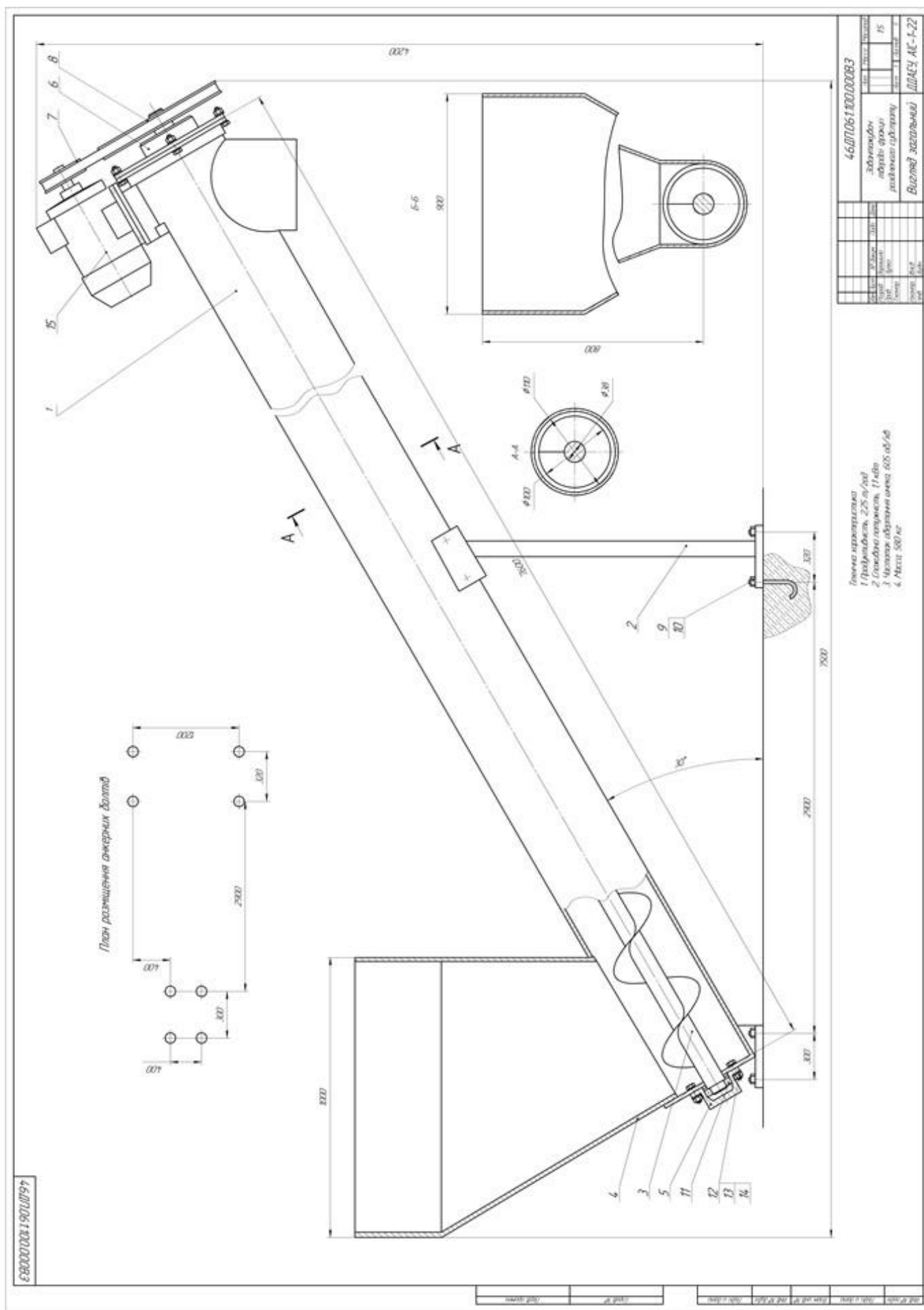
2,00

12,00

12,00

144,00

144,00



[illegible]