

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення ефективності застосування скреперних і шнекових механізмів гноєвидалення на фермі ВРХ

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс-41
спеціальності 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

	<hr/>	Мармус М.І.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	Довбуш Т.А.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	Сташків М.Я.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/>	Бабій А.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)
студенту Мармусу Максиму Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності застосування скреперних і шнекових механізмів
гноєвидалення на фермі ВРХ

Керівник роботи Довбуш Тарас Анатолійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2026 року № 4/9-56

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи спроектувати приміщення для утримання 100 голів ВРХ,
розрахувати скреперні механізми для видалення гною з підлоги ферми, а також шнекові
механізми для видалення гною за межі ферми

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. 1. Аналіз методів
утилізації гною для свиноферм та ферм ВРХ. 2. Доцільність застосування
скреперних та гвинтових механізмів для транспортування гною. 3. Підбір параметрів
засобів утилізації гною тваринницької ферми. 4. Безпека життєдіяльності, основи
охорони праці. Загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точних зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Типи механізмів видалення гною – 1А4. 2. Технологічні схеми прибирання та утилізація гною
– 1А4. 3. Обґрунтування об'єкту розробки – 1А4. 4. Насос-завантажувач. Складальне креслення
– 1А4. 5. Шнек. Складальне креслення. – 1А46. Деталювання – 1А4

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Лазарюк В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання

23 січня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін етапів виконання роботи	Примітка
1	Аналіз методів утилізації гною для свиноферм та ферм ВРХ	до 12.05.2026	
2	Доцільність застосування скреперних та гвинтових механізмів для транспортування гною	до 26.05.2026	
3	Підбір параметрів засобів утилізації гною тваринницької ферми	до 08.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності. Основи охорони праці	до 10.06.2026	
5	Реферат. Вступ. Загальні висновки	до 15.06.2026	
6	Ілюстративний матеріал	до 16.06.2026	

Студент

_____ (підпис)

Мармус М.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Довбуш Т.А.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Мармус Максим Іванович.

Тема роботи – «Підвищення ефективності застосування скреперних і шнекових механізмів гноєвидалення на фермі ВРХ».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин ТНТУ імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Довбуш Тарас Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань (35 найменувань). Загальний обсяг текстової частини – 63 сторінок на яких є 19 рисунків, додатки розміщені на 3 сторінках. Ілюстративний матеріал розміщений на 9 аркушах формату А4.

Актуальність теми роботи. В умовах розвитку тваринницької галузі України спостерігається тенденція до збільшення концентрації поголів'я великої рогатої худоби та інтенсифікації виробничих процесів, що супроводжується значним зростанням обсягів гною. Недосконалі або застарілі системи гноєвидалення, які досі використовуються на багатьох вітчизняних фермах, призводять до підвищених витрат ручної праці, погіршення санітарно-гігієнічних умов утримання тварин, зростання викидів шкідливих газів та негативного впливу на навколишнє природне середовище.

У зв'язку з євроінтеграційними процесами та посиленням екологічних вимог до аграрного виробництва актуальним є впровадження раціональних, енергоефективних і екологічно безпечних технологій видалення, транспортування та утилізації гною, адаптованих до умов України. Особливого значення набуває інженерне обґрунтування технологічних схем і параметрів механізмів гноєвидалення для ферм малої та середньої потужності, які є найбільш поширеними у вітчизняному тваринництві.

Мета роботи: обґрунтування раціональної технологічної схеми та визна-

чення конструктивних і кінематичних параметрів механізмів видалення, транспортування й утилізації гною на тваринницькій фермі з утриманням 100 голів великої рогатої худоби з урахуванням умов експлуатації в Україні, вимог енергоефективності, надійності та екологічної безпеки.

Об'єкт дослідження. Транспортування та утилізація гною на тваринницькій фермі.

Предмет дослідження. Конструктивні та кінематичні параметри шнекового механізму, інженерно-технологічні розрахунки скреперних механізмів.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати, інженерні розрахунки та рекомендації можуть бути використані: при проектуванні та реконструкції тваринницьких ферм великої рогатої худоби; для вибору та впровадження механізованих систем видалення й транспортування гною в умовах господарств України; у навчальному процесі агроінженерного профілю під час викладання дисциплін, пов'язаних з механізацією тваринництва; як методична основа для подальших наукових досліджень у галузі ресурсозбереження та екологізації тваринницького виробництва.

Ключові слова: гноєвидалення, утилізація гною, тваринницька ферма, велика рогата худоба, механізація тваринництва, скреперний механізм, шнековий транспортер, технологічна схема, енергоефективність.

ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ УТИЛІЗАЦІЇ ГНОЮ ДЛЯ СВИНОФЕРМ ТА ФЕРМ ВРХ	9
1.1 Основні методи утилізації гною	9
1.2 Основні типи механізмів видалення гною	13
1.2.1 Скреперні системи	13
1.2.2 Роботизовані скрепери та гідравлічний змив	15
1.2.3 Гвинтові (шнекові) транспортери для гною	16
1.2.4 Скребкові штовхачі (Manure Pushers)	17
1.3 Технологічні схеми прибирання та утилізації гною	18
2 ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СКРЕПЕРНИХ ТА ГВИНТОВИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ГНОЮ	21
2.1 Рекомендації з покращення технологічних схем видалення гною з ферм	21
2.2 Скреперні механізми	23
2.3 Гвинтові шнекові транспортери	26
3 ПІДБІР ПАРАМЕТРІВ ЗАСОБІВ УТИЛІЗАЦІЇ ГНОЮ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ	31
3.1 Інженерно-технологічні розрахунки скреперних механізмів	31
3.1.1 Розрахунки фермерського механізму при розташуванні поперечної канами вкінці ферми	31
3.1.2 Розрахунок скреперного механізму з центральною розміщенням поперечного каналу	38
3.1.3 Вибір технологічної схеми прибирання гною	40
3.2 Визначення кінематичних та конструктивних параметрів шнекового транспортного механізму	41
3.3 Розрахунок на міцність та жорсткість вала шнека	47
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	50
4.1. Охорона праці та безпека виробничих процесів на фермі з відгодівлі тварин	50
4.2. Забезпечення захисту працівників і навколишнього природного середовища від шкідливих та небезпечних виробничих чинників	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	58
ДОДАТКИ	63

ВСТУП

В умовах сучасного розвитку аграрної сфери України тваринництво продовжує відігравати провідну роль у структурі сільського господарства, забезпечуючи продовольчу безпеку країни та економічну стабільність сільських територій. Водночас інтенсивне нарощування виробництва, зосередження значної кількості поголів'я великої рогатої худоби та технічне оновлення тваринницьких ферм зумовлюють істотне збільшення обсягів утворення гною, ефективне управління яким набуває вагомого екологічного, технологічного й економічного значення.

Для переважної частини тваринницьких господарств України характерне використання морально застарілих або частково механізованих систем прибирання гною, що супроводжується значними витратами ручної праці, втратами поживних компонентів, погіршенням мікрокліматичних умов у виробничих приміщеннях та негативним впливом на довкілля. Недосконала система утилізації гною спричиняє забруднення ґрунтів і водних об'єктів, поширення неприємних запахів, а також зростання викидів аміаку та парникових газів, що не відповідає чинним екологічним вимогам і євроінтеграційним зобов'язанням України.

Разом із тим гній великої рогатої худоби в умовах вітчизняного аграрного виробництва є цінним вторинним ресурсом, придатним для використання як органічне добриво та як сировина для отримання біогазу. Запровадження сучасних механізованих і автоматизованих технологій видалення, транспортування та переробки гною сприяє підвищенню ефективності використання ресурсів, зниженню собівартості тваринницької продукції та поліпшенню екологічного стану агроландшафтів.

Особливої значущості набуває обґрунтування раціональних технологічних рішень для систем гноєвидалення на фермах малої та середньої потужності, які є найбільш поширеними в Україні. За таких умов доцільним

вважається застосування скреперних установок у поєднанні зі шнековими транспортерами, що забезпечує надійну роботу системи, помірні енерговитрати та можливість поступового технічного оновлення господарств.

Метою даної роботи є обґрунтування технологічної схеми, а також основних конструктивних і кінематичних параметрів механізмів видалення та транспортування гною на тваринницькій фермі України з поголів'ям 100 голів великої рогатої худоби. Для досягнення поставленої мети проведено аналіз сучасного стану та напрямів розвитку систем утилізації гною в Україні, здійснено вибір доцільної технологічної схеми з урахуванням національних умов експлуатації, виконано інженерні розрахунки скреперних і шнекових механізмів, а також опрацьовано питання охорони праці та екологічної безпеки.

Практична цінність роботи полягає у можливості застосування отриманих результатів під час проєктування, реконструкції та технічного переоснащення тваринницьких ферм України відповідно до сучасних вимог енергоефективності, екологічної стійкості та чинної нормативно-правової бази у сфері аграрного виробництва.

1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ УТИЛІЗАЦІЇ ГНОЮ ДЛЯ СВИНОФЕРМ ТА ФЕРМ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

1.1 Основні методи утилізації гною

Гній – один із найбільших за обсягами побічних продуктів тваринництва. На сучасній молочній або м'ясній фермі ВРХ видаляється 35...65 кг гною на голову на добу, що при поголів'ї 500...2000 корів становить сотні тонн на тиждень [9, 21].

Гній свиней і ВРХ є концентрованим органічним ресурсом, який містить азот, фосфор, калій, мікроорганізми та мікроелементи. Його утилізація є критично важливою для: екологічної безпеки ферми; зменшення викидів NH_3 , CH_4 , N_2O ; запобігання забрудненню вод; підвищення родючості ґрунтів; енергетичної ефективності (біогаз); зменшення запахів.

Системи утилізації поділяються на: органічні (добрива), енергетичні (біогаз) та екологічні (очищення, компостування, сепарація).

Органічні добрива

Гній або гноївка вивозиться на поля із дотриманням норм, строків і правил. Основними перевагами методу є: найпростіший та найдешевший спосіб; швидка утилізація великих обсягів; підвищує родючість ґрунтів; знижує потребу у мінеральних добривах. Недоліки методу: ризик запахів; потреба дотримання агрономічних норм; небажано в дощовий сезон (вимивання у водойми).

Види внесення гною:

- широкозахопні цистерни з розбризкувачами;
- інжекторне внесення (наїекологічніше);
- смугове внесення на посівах;
- внесення без розбризкування (через ґрунтові інжектори).

Гній, як технологічна сировина біогазових установок (анаеробне збродження)

На даний момент часу цей метод є одним з найсучасніших і найприбутковіших способів переробки гною. Гній (часто у суміші з силосом чи жомом) потрапляє в анаеробний реактор, де бактерії його розкладають з виділенням біогазу (55...65% метану).

До переваг даного методу слід віднести: виробництво електроенергії, тепла, біометану; зменшення запахів до 80%; знешкодження патогенів; отримання дигестату, придатного як добриво; отримання біометану (після очищення біогазу); отримання твердої фракції дигестату (для компосту); отримання рідкої фракції (мінералізоване добриво). Недоліками методу є: висока вартість монтажу; необхідність стабільних обсягів субстрату.

Сепарація гною на тверду та рідку фракції

Сепарація гною використовується на сучасних фермах ЄС та Північної Америки. Цей метод забезпечується обладнанням: шнековими сепараторами; прес-сепараторами; гравітаційними сепараторами; сепараторами на основі барабанів.

В результаті сепарації отримують:

- тверду фракцію – компост, підстилка, гранули.
- рідку фракцію – полив, фертигація, добрива.

Даний метод утилізації гною має переваги: зменшення обсягів гною в 2...4 рази; покращення логістики; можливість повторного використання твердої фракції.

Комбіноване компостування твердої фракції

Даний метод використовується після сепарації гною і складається з наступних етапів:

1. Подрібнення та змішування.
2. Аерація (віяла, турбо-аератори).
3. Підтримка температур 55...70 °С.

4. Відлежування 30..90 днів.

Переваги методу є знищення патогенів; отримання цінного органічно-мінерального добрива; відсутність запаху.

Гранулювання гною

Гній після сушіння переробляється у гранули Ø3...6 мм, що надає продукту ряд переваг: високу транспортабельність; довгу дію агродобрива; комерційний продукт (мінерал-органічні гранули). До недоліків слід віднести: високу вартість сушіння; необхідність стабільної структури гною.

Інші методи утилізації гною

Виробництво *підстилки* з гною поширено у ВРХ-комплексах. Після сепарації та компостування тверду фракцію повертають у корівники як підстилку, що забезпечує зниження витрат на солому на 60...80%; кращу амортизацію добрив; відповідність стандартам ЕУ сміттєпереробки. Метод потребує додаткових затрат: необхідність бактерицидної обробки; контроль сухої речовини [11, 24].

Технологія «глибока підстилка» використовується на ВРХ-фермах і деяких свинофермах. Суть методу полягає в тому, що гній та солома утворюють товстий шар (30...50 см), що компостується прямо у приміщенні.

Переваги методу: низькі витрати на техніку; зменшення запаху; тепловиділення (теплий мікроклімат взимку). Недоліки методу: потреба великих обсягів соломи; складність рівномірного перемішування.

Глибока ферментація (біопідлога – ферментні бактерії) використовується для свиноферм у Китаї та ЄС. Принцип методу полягає, що підлога заповнюється органічним матеріалом, в який вносяться аеробні бактерії. Гній ферментується у шарі підлоги, це забезпечує: майже повна відсутність запаху; низька вологість у приміщенні; мінімум роботи з гноєм, а також потребує: вимогливість до мікроклімату; щорічна заміна частини ферментного шару.

Біофільтрація та очищення гноївки очищується через: біофільтри; аеробні стави; очисні споруди типу SBR; фітомодулі з очеретом. В результаті

отримаємо: зниження запаху; очищення стоку до нормативів; можливість використання води повторно.

На основі проведеного огляду методів утилізації гною тваринницьких ферм наводимо порівняльні характеристики, які наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика методів утилізації гною тваринницьких ферм

Метод	Ферми свиней	Ферми ВРХ	Енергетичний ефект	Екологія	Собівартість
Польове внесення	+++	+++	–	середня	низька
Біогаз	++	+++	дуже високий	дуже добра	висока
Сепарація	+++	+++	–	добра	середня
Компостування	++	+++	низький	дуже добра	середня
Гранулювання	+	++	–	висока	висока
Підстилка з гною	–	+++	–	добра	низька
Deep Bedding	+	++	низький	добра	низька
Ферментативні біопідлоги	++	–	–	дуже добра	середня
Очищення гноївки	+++	+++	–	найкраща	висока

Аналізуючи таблицю 1.1 можна надати наступні рекомендації по утилізації гною тваринницьких ферм:

- для свиноферм найкраще працюють системи сепарації + лагуни + біогаз/компостування;

- для великих ВРХ-комплексів – сепарація + тверда фракція на підстилку + біогаз + фільтрація стоків;

- використання біогазових систем є найдорожчим, але привабливим через енергетичну окупність.

- компостування гною є найекологічнішим методом з низькими витратами;

- правильна утилізація гною суттєво зменшує викиди NH_3 , CH_4 , N_2O та забезпечує ресурсозбереження.

1.2 Основні типи механізмів видалення гною

1.2.1 Скреперні системи

Даний тип механізмів очищення ферм від гною найбільш поширений в Україні, ЄС і Північній Америці. Принцип роботи полягає в тому, що скрепер рухається вздовж гнойового проходу та згрібає гній у поперечний канал або накопичувач. На тваринницьких фермах використовують такі типи скреперів (рис. 1.1-1.2) [3, 5, 30]:

1. Тросові – прості, дешеві, із центральною лебідкою.
2. Ланцюгові (кучні)– високоякісна європейська технологія (JOZ, GEA, DeLaval).
3. Трапецієподібні Y-скрепери – для широких проходів у сучасних корівниках.
4. Гумові скрепери (rubber scrapers) – делікатні для копит корів, не ковзають, шумопоглинаючі.

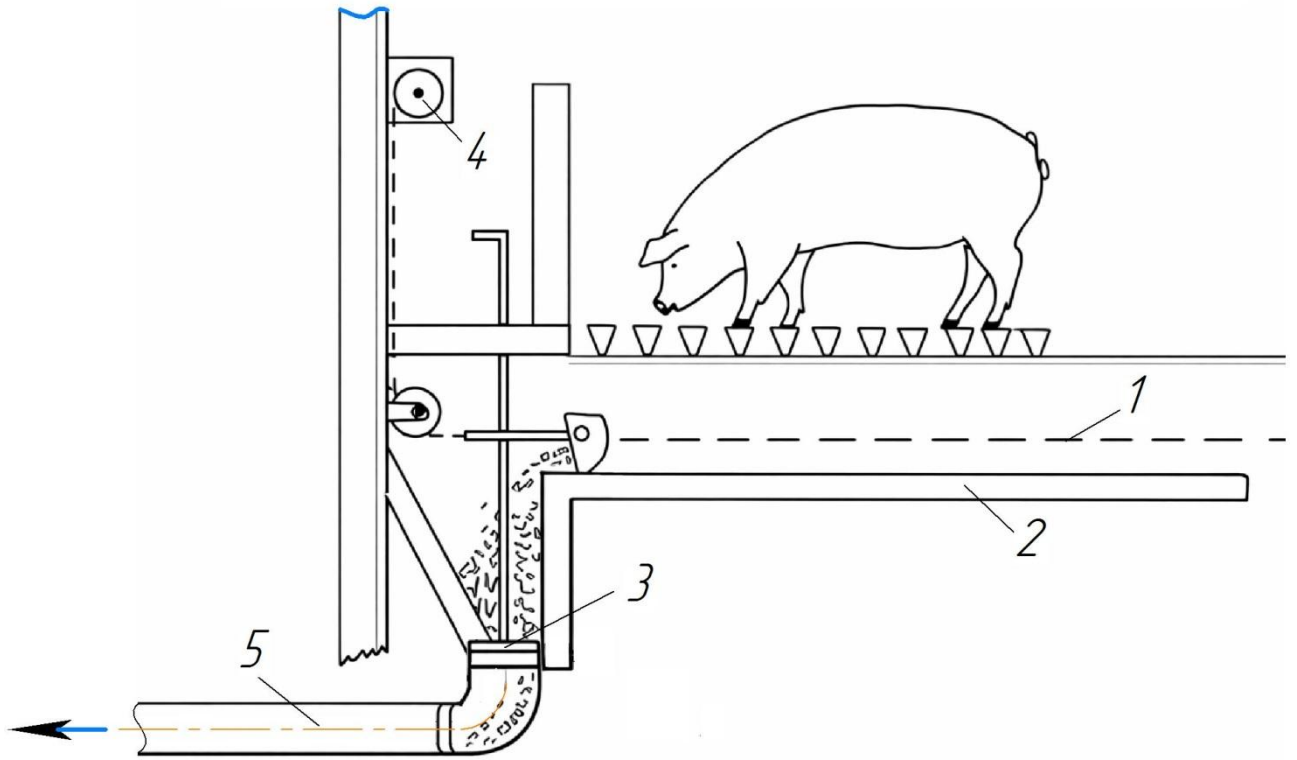
Принцип роботи скреперних механізмів видалення гною на тваринницьких фермах:

- при обертанні приводу в один бік трос (ланцюг) тягне, виконує технологічний процес, очищає підлогу від гною, інший, холостий хід, повертає скреплер в початкове положення;

- у крайніх точках спрацьовує реле і дає команду на реверс;
- цикл повторюють 4...12 разів за добу.

До переваг скреперних установок відносять: автоматизація до 8...12 циклів на добу; невелике енергоспоживання; можливість роботи взимку та при гної з підстилкою; мінімальна участь персоналу.

Недоліки даних механізмів: знос тросів/ланцюгів; потреба рівної підлоги; є підходить для дуже рідкого гною.



1 – трос; 2 – підлога; 3 – насос; 4 – привід з натяжним пристроєм; 5 – вихід екскрементів
 Рисунок 1.1 – Схематизація скреперних механізмів утилізації гною

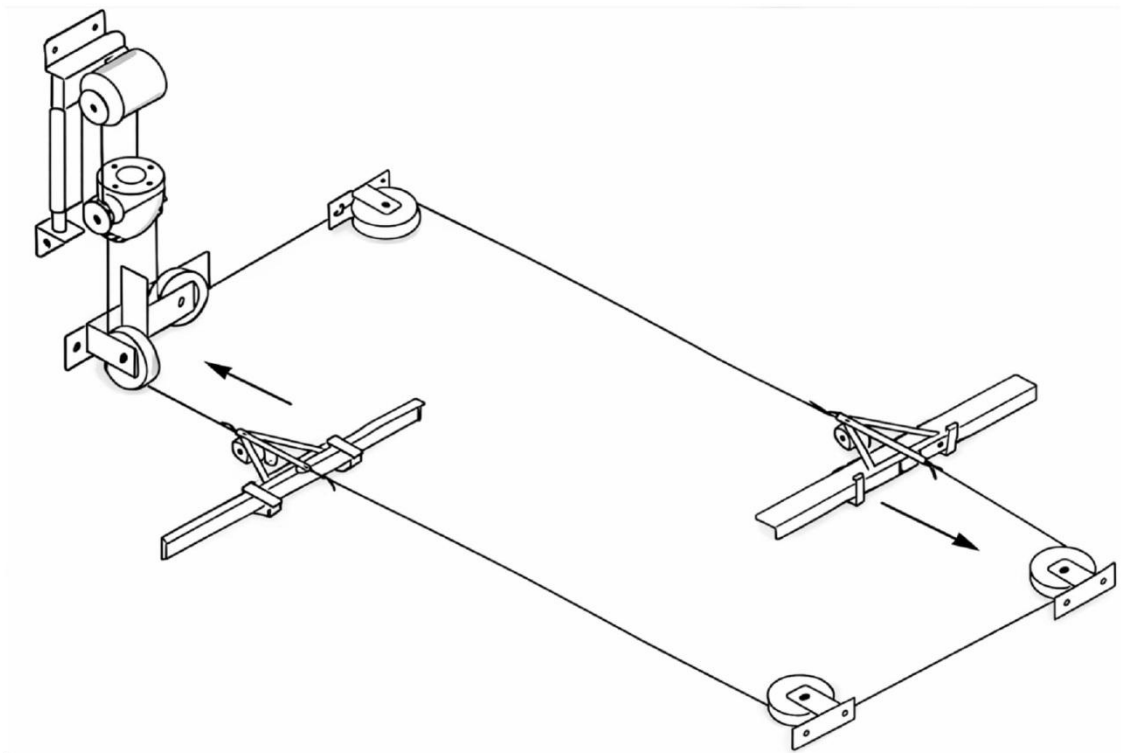


Рисунок 1.2 – Технологічна схема скреперного механізму

1.2.2 Роботизовані скрепери та гідравлічний змив

У високотехнологічних фермах поширюються роботи-скрепери (рис.1.3), які рухаються автоматично по проходах, що забезпечують: повну автоматизацію; бережне очищення гумою; роботу 24/7 за маршрутом; ідеальну копитну гігієну. Недоліками даного методу є: висока вартість (12...25 тис. €); потреба рівного, неслизького бетонного покриття [1, 8].



Рисунок 1.3 – Робот-скрепер при виконанні прибирання гною

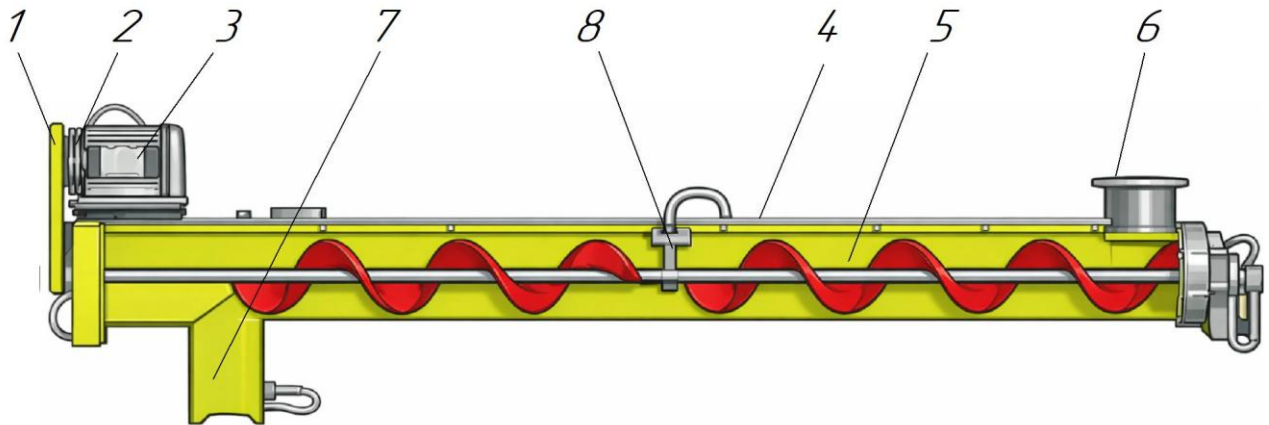
Принцип роботи гідравлічного зливу полягає в наступному: вода з великого резервуара (20...60 м³) періодично зливається у проходи під високим тиском; хвиля змиває гній у поперечний канал.

Переваги гідравлічного зливу: ідеальна чистота; немає рухомих деталей у проходах; висока швидкість очищення.

Недоліки гідравлічного зливу: величезне водоспоживання; будівельна складність; висока вартість.

1.2.3 Гвинтові (шнекові) транспортери для гною

Дані механізми використовуються у поперечних каналах тваринницьких ферм для транспортування гною у гноєсховище (рис. 1.4-1.5) [26, 27].



1 – трансмісія; 2 – коробка передач; 3 – двигун; 4 – кришка; 5 – жолоб;
6 – підлоговий отвір, звідки потрапляє гній; 7 – проміжне гноєсховище

Рисунок 1.4 – Технологічна схема шнекового механізму видалення гною

Перевагами таких механізмів є: транспорт густих і волокнистих мас; герметичність; низькі запахові викиди.

До недоліків слід віднести: знос гвинта при піску; чутливість до сторонніх предметів.



Рисунок 1.5 – Конструкторське виконання шнекового механізму

Принцип роботи шнекових механізмів видалення гною полягає в наступному:

1. Гній потрапляє в жолоб через підлоговий отвір або після скреперів.
2. Обертювий рух шнека переміщує масу гною до проміжного гноєсховища.

1.2.4 Скребкові штовхачі (Manure Pushers)

Скребкові штовхачі – це фронтальні штовхачі, які рухають гній у бічний канал (рис. 1.6) [24].

Переваги даних механізмів: проста конструкція; дешевші за роботи; ефективні для рідкого гною.

Недоліки: потребують огороження; можливий стрес у тварин.



Рисунок 1.6 – Фронтальний штовхач гною

В таблиці 1.2 зведено порівняльні результати систем очищення ферм від гною.

Таблиця 1.2 – Порівняльна таблиця систем очищення ферм

Система	Тип гною	Витрати води	Автоматизація	Переваги	Недоліки
Тросові скрепери	твердий/напів-твердий	низькі	середня	дешеві	знос тросу
Ланцюгові скрепери	твердий	низькі	висока	надійність	ціна
Роботизовані скрепери	рідкий/напів-рідкий	низькі	дуже висока	надійність	висока вартість
Гідравлічні	рідкий	дуже високі	висока	ідеальна чистота	багато води
Шнекові транспортери	густий	низькі	середня	герметичність	сторонні предмети
Підпідлогові slurry-канали	рідкий	середні	середня	низькі запахи	складність сервісу

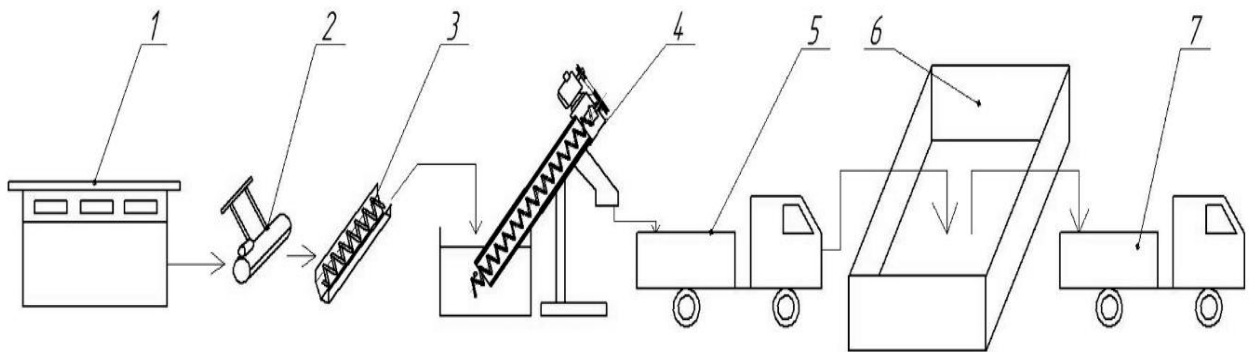
1.3 Технологічні схеми прибирання та утилізації гною

Сучасні тваринницькі ферми зазнають значних витрат, пов'язаних із видаленням і переробкою продуктів життєдіяльності тварин, які можуть становити до 30...40 % загальних експлуатаційних витрат [11, 24].

На нових фермах доцільно впроваджувати технології, що забезпечують зниження вологості, концентрації аміаку та метану в приміщеннях. Це сприяє покращенню мікроклімату, підвищує комфорт персоналу і тварин, а також подовжує ресурс машин і механізмів.

Під час проектування технологічних ліній гноєвидалення враховують вид тварин, їх кількість і систему утримання. Типова послідовність операцій включає: очищення приміщень; транспортування гною каналами; переміщення вздовж будівель; навантаження в транспортні засоби; транспортування до гноєсховища; розділення на фракції; внесення органічних добрив у ґрунт.

Типові схеми утилізації гною наведено на рисунках 1.7 та 1.8.



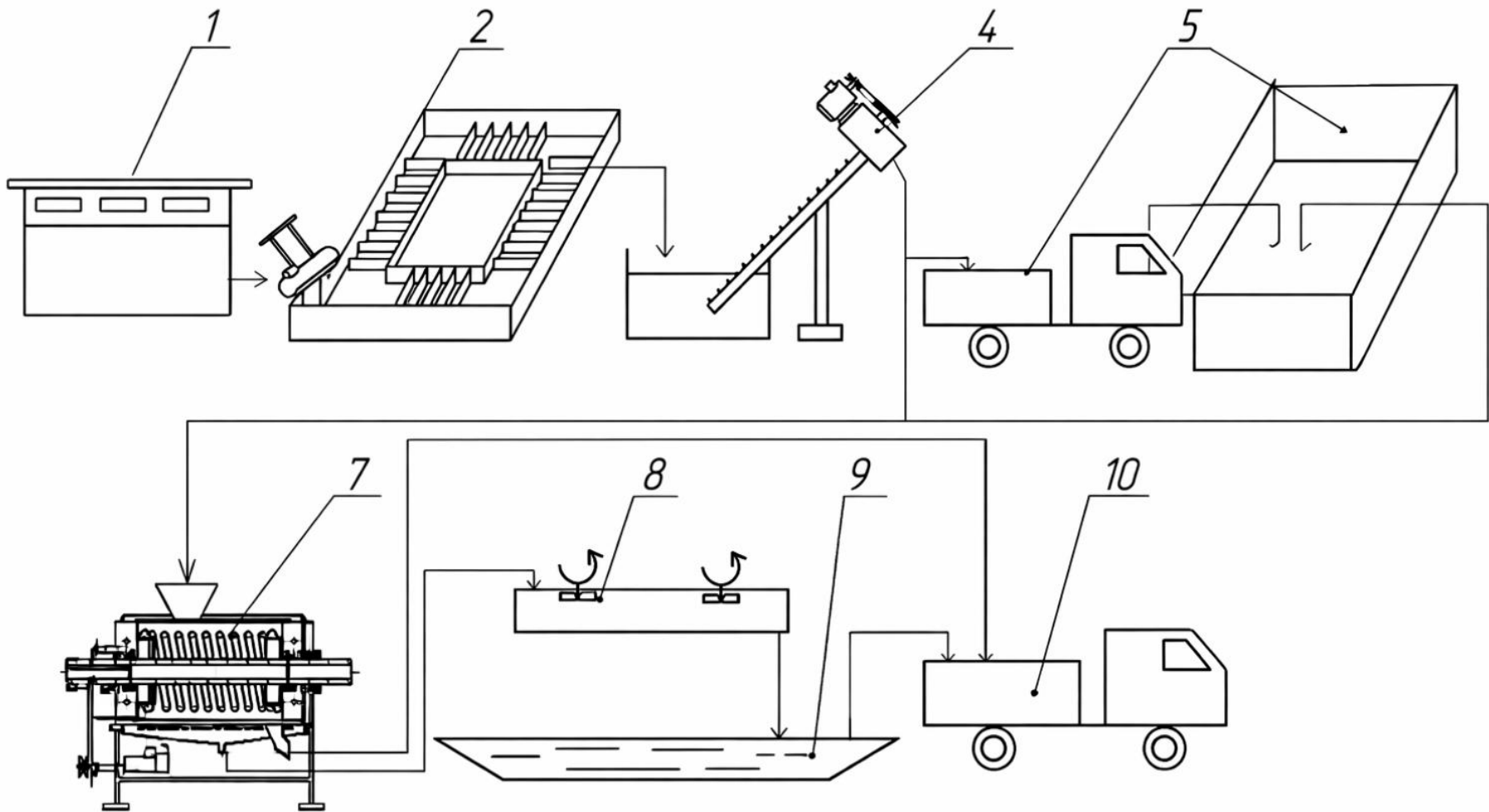
1 – тваринницьке приміщення; 2 – самохідний очисник; 3 – транспортні канали;
4 – проміжне гноєсховище; 5 – автотранспорт; 6 – основне гноєсховище;
7 – навантаження гною для вивезення

Рисунок 1.7 – Технологічна схема утилізації гною малої ферми

До сучасних систем утилізації гною висуваються такі вимоги:

- регулярне та якісне очищення приміщень з мінімальними витратами води й енергії;
- недопущення підвищення вологості та загазованості;
- скорочення частки ручної праці;
- максимальна автоматизація технологічних ліній;
- зменшення негативного впливу на довкілля;
- збереження гною як повноцінного органічного добрива.

Об'єкти переробки гною необхідно розміщувати нижче за рельєфом відносно населених пунктів і водойм.



1 – тваринницьке приміщення; 2 – очисний механізм; 3 – транспортні канали; 4 – проміжне гноєсховище; 5 – автотранспорт;
6 – основне гноєсховище; 7 – сушарка; 8 – біоочисник; 9 – очисник рідкої фракції; 10 – навантаження гною для внесення в ґрунт

Рисунок 1.8 – Технологічна схема утилізації гною великої ферми

2 ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СКРЕПЕРНИХ ТА ГВИНТОВИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ГНОЮ

2.1 Рекомендації з покращення технологічних схем видалення гною з ферм

Ключовим елементом будь-якого тваринницького господарства є будівля, призначена для утримання тварин. Такі приміщення мають відповідати чинним санітарно-гігієнічним вимогам, забезпечувати належний рівень пожежної безпеки, бути достатньо місткими та зручними, а також гарантувати безперешкодний доступ до тварин під час виконання операцій з годівлі й очищення від гною [11, 24].

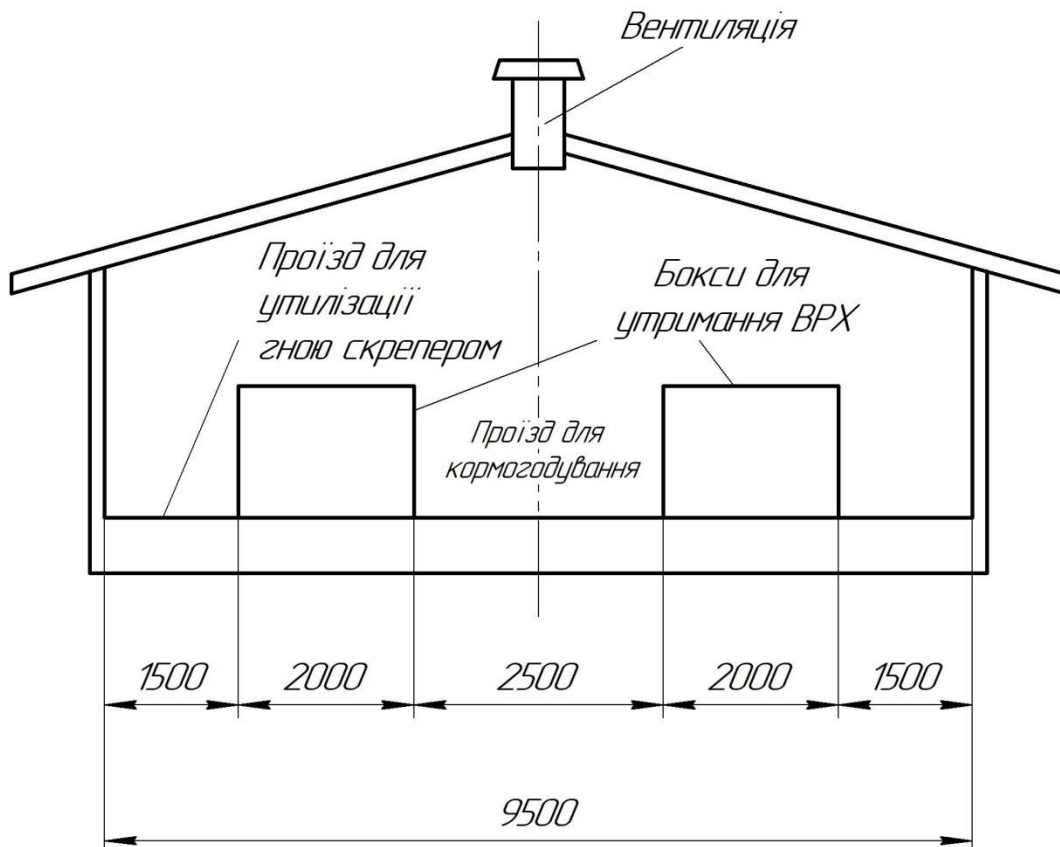
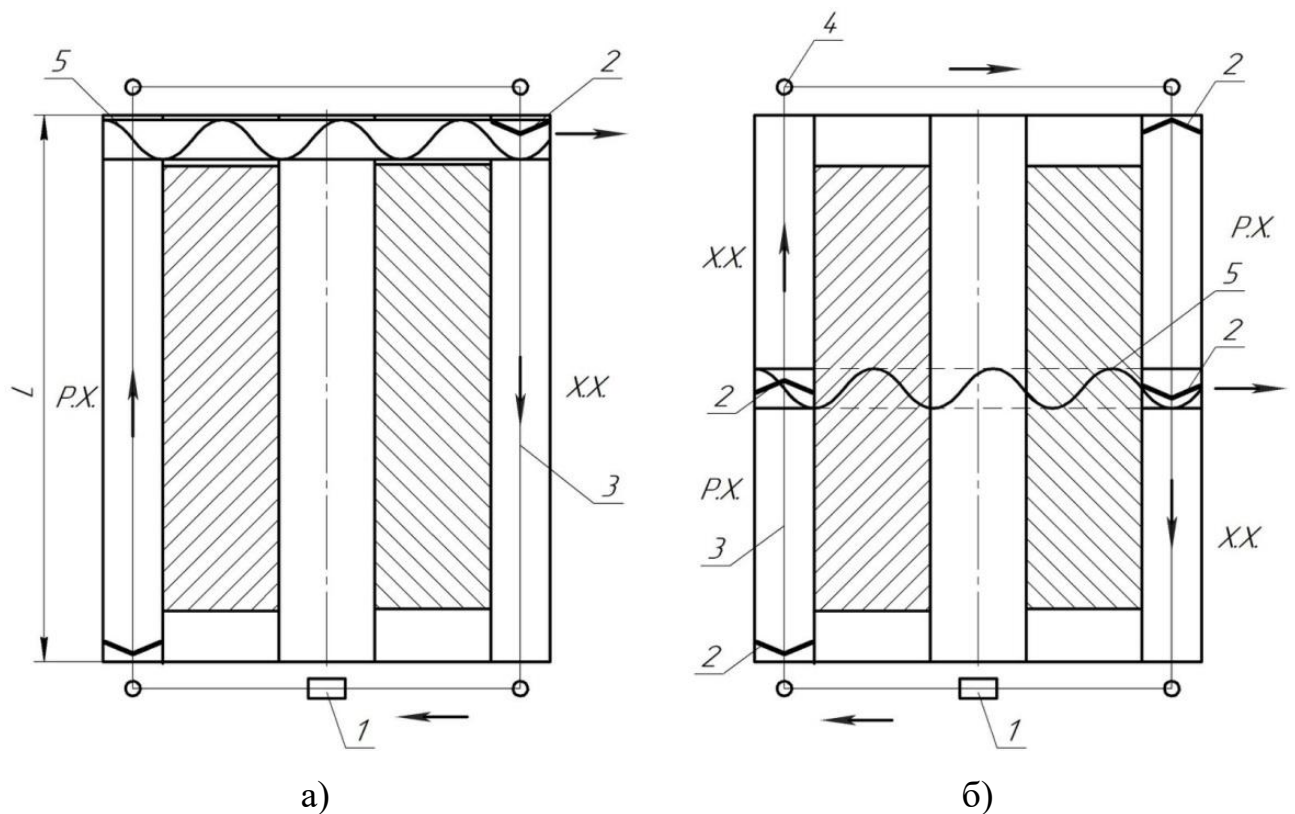


Рисунок 2.1 – Схема поперечного перерізу тваринницького приміщення для дворядної системи утримання ВРХ

Під час проєктування споруди для утримання необхідно передбачати можливість вільного руху автотранспортних засобів між секціями (боксами), у яких розміщуються тварини, а також облаштування допоміжних інженерних комунікацій, призначених для подачі кормів і систематичного видалення гною (див. рис. 2.1).

Для видалення гною приймаємо поздовжнє очищення скреперними механізмами і поперечними шнековими механізмами (рис. 2.2). На схемі (рис.2.2 а) показано розміщення поперечного шнекового механізму видалення гною в кінці проходу, а на схемі рис. 2.2б з центральним поперечним каналом [7, 15].



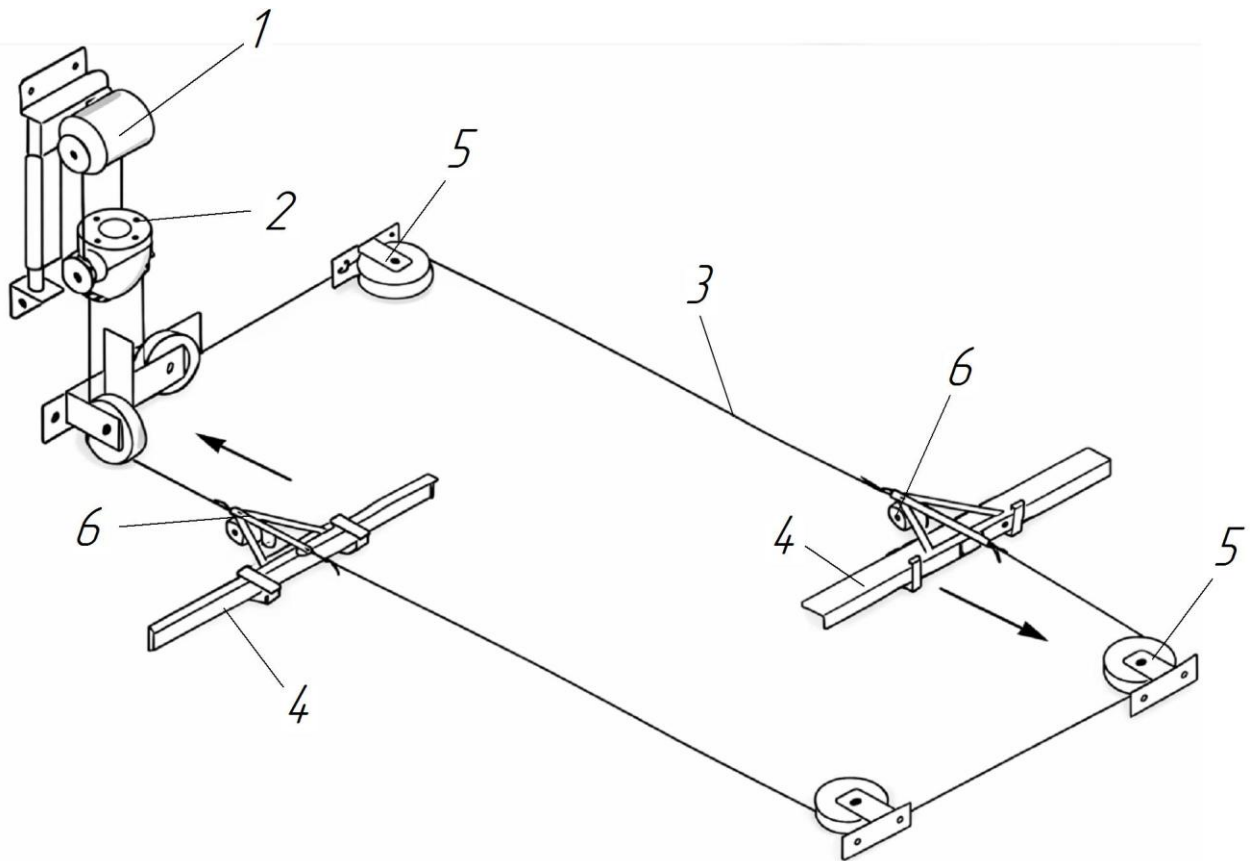
а – бічна схема очищення, б – центральна схема очищення; 1 – привід скреперного механізму; 2 – скрепер; 3 – трос; 4 – кутові шківви, 5 – шнек механізму

Рисунок 2.2 – Схематизація розміщення механізмів утилізації гною ферми ВРХ

2.2 Скреперні механізми

Скреперні механізми використовуються для періодичного видалення гною з поздовжніх гнойових проходів корівників (типово 30...80 м), у фермах утримання ВРХ [8].

Основні конструктивні складові скреперного механізму показані на рисунку 2.2а, 2.3.



1 –привідна станція; 2 –привідний барабан; 3 –трос; 4 –робочий орган;
5 –натяжні та напрямні ролики; 6 –датчики

Рисунок 2.3 – Технологічна схема скреперного механізму

Основними складовими скреперного механізму є:

1. Привідна станція – електродвигун + мотор-редуктор.
2. Привідний барабан – намотує/розмотує тяговий орган.
3. Тяговий орган – трос або два ланцюг (паралельно).

4. Робочий орган (скрепер) – плуг/лопата з регульованою робочою кромкою (часто з гумовою або поліуретановою накладкою).

5. Натяжні та напрямні ролики – забезпечують геометрію траси і стабільний натяг.

6. Кінцеві вимикачі / датчики – фіксують крайні положення для реверсу.

Принцип роботи скреперного механізму полягає у наступному:

- при обертанні приводу в один бік один трос (ланцюг) тягне, інший – послаблений;

- скрепер рухається вперед, зсуваючи шар гною до напрямку поперечного каналу;

- у крайній точці спрацьовує кінцевик – реверс обертання;

- скрепер повертається назад; при цьому форма робочого органа мінімізує зворотний зсув;

- цикл повторюється за заданим графіком (4...12 разів/добу).

Рекомендації скреперного механізму:

- швидкість скрепера: 0,10...0,25 м/с;

- ширина проходу: 1,0...3,6 м;

- потужність приводу: 1,1...2,2 кВт (до 3,0 кВт для «важких» умов) ;

- тяговий орган: трос Ø8...12 мм або ланцюг відповідного класу;

- ухил підлоги: до 1...2 % (рекомендовано).

Перевагами скреперного механізму є: точний контроль циклу та позиціонування; проста автоматика і сервіс; добра робота з гноєм із домішкою підстилки. Недоліки: знос тросів/ланцюгів, як наслідок, потреба у регулярному натягу та огляді; чутливість до сторонніх предметів (каміння, метал) без захисту.

Інженерні рекомендації:

- передбачити запобіжну муфту або зрізний штифт;

- регульований зазор кромки (5...15 мм) для зменшення зносу бетону;

- датчик перевантаження/натягу для аварійної зупинки;

- частіші цикли з меншим шаром гною знижують пікові зусилля.

Скреперні механізми для рекомендованих схем (див. рис. 2.2) працюють в реверсному режимі [21, 24]. Робочий хід скрепера для схеми рис. 2.2а) складає

$$L_{p.x.} = L, \text{ а для схеми рис. 2.2б) складає } L_{p.x.} = \frac{L}{2}.$$

Добовий вихід гною визначаємо за формулою:

$$Q_D = N \cdot q_k, \quad (2.1)$$

де q_k – добовий вихід екскрементів 1-єї тварини, $q_k = 60$ кг.

$$Q_D = 100 \cdot 60 = 6000 \text{ кг/добу.}$$

Площу фермерського приміщення для заданої кількості ВРХ визначаємо відповідно до залежності

$$A = a \cdot N, \quad (2.2)$$

де a – нормативна площа, необхідна для утримання однієї тварини в одному боксі, $a = 2,1 \text{ м}^2$;

N – чисельність поголів'я ВРХ, $N = 100$ голів.

Отже,

$$A = 2,1 \cdot 100 = 210 \text{ м}^2.$$

З урахуванням санітарно-гігієнічних вимог до утримання ВРХ, приймаємо геометричні розміри боксу: довжина $c = 2$ м, ширина $b = 1,05$ м. За цих умов загальна ширина фермерського приміщення становитиме

$$B = 2 \cdot c + 2 \cdot l_c + l_{np}, \quad (2.3)$$

де l_c – ширина зони гноєочищення, приймаємо $l_c = 1,5$ м;

l_{np} – ширина зони кормогодування, приймаємо, $l_{np} = 2,5$ м.

Підставивши дані, одержимо

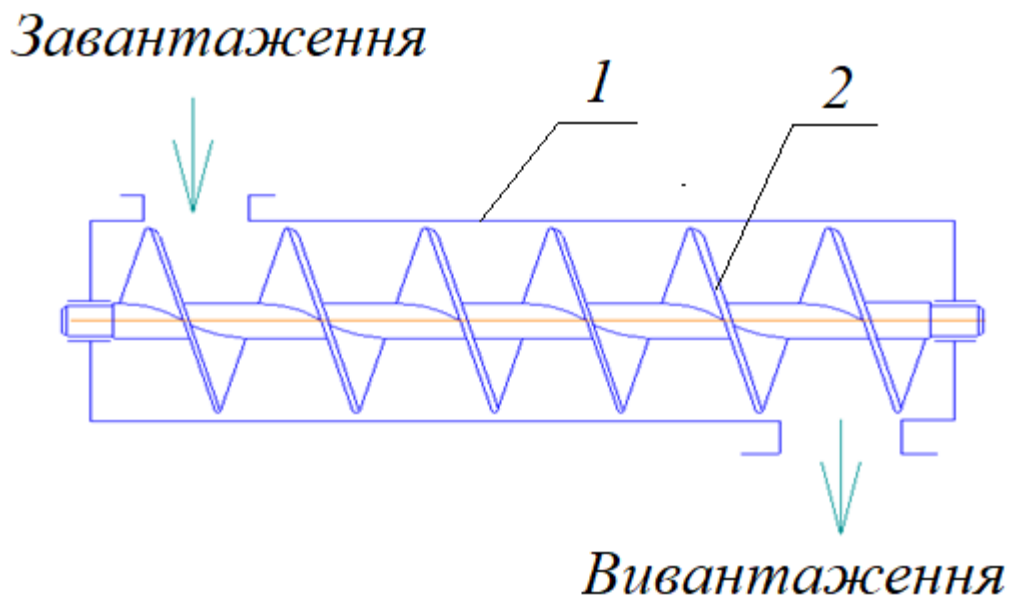
$$B = 2 \cdot 2 + 2 \cdot 1,5 + 2,5 = 9,5 \text{ м.}$$

Довжину будівлі ферми при умові дворядного утримання тварин визначаємо за співвідношенням [16]:

$$L = 1,05 \cdot 50 = 52,5 \text{ м.}$$

2.3 Гвинтові шнекові транспортери

Шнековий транспортер (рис. 2.4) являє собою гвинтовий механізм, призначений для переміщення сипучих і напівсипучих матеріалів. Основні елементи конструкції включають кожух та гвинт. Під час обертання гвинта матеріал, що знаходиться всередині кожуха, отримує поступальний рух вздовж осі механізму [3, 5, 27].



1 – кожух; 2 – гвинт

Рисунок 2.4 – Кінематична схема шнекового транспортера

Шнекові транспортери характеризуються низкою переваг у порівнянні з іншими транспортними механізмами:

- Гвинтові механізми компактні, а співвідношення їх габаритів і продуктивності на одиницю площі робить їх більш ефективними у використанні простору.

- Кількість кінематичних пар кочення обмежена: робочий орган (шнек) закріплюється на підшипниках кочення на краях, а для довгих валів через кожні 3...5 метрів додаються додаткові пари підшипників; для забезпечення надійності роботи необхідно регулярно оглядати підшипникові вузли та змащувати їх мастилом.

- Розвантаження шнекового транспортера відбувається без додаткового обладнання.

- Гвинт розміщується у закритому або напівзакритому корпусі (металевому, пластиковому або бетонному), що забезпечує безпечну експлуатацію.

- Привід механізму простий і може реалізовуватися через пасову або ланцюгову передачу, або за допомогою зубчастого редуктора.

- Мала кількість компонентів забезпечує знижену вартість у порівнянні з іншими транспортними системами.

- Енергетичні витрати на роботу шнекових транспортерів нижчі, ніж у інших транспортних механізмів.

- Монтаж та встановлення транспортера відносно прості та не вимагають висококваліфікованого персоналу або складних інженерних комунікацій.

До недоліків слід віднести:

- Максимальна довжина одного шнека обмежена 40 метрами, а продуктивність визначається кінематико-конструктивними параметрами.

- Матеріал для транспортування повинен відповідати певним фізико-механічним властивостям: бути однорідним, не надто клейким і не містити великих включень, які можуть блокувати вал гвинта.

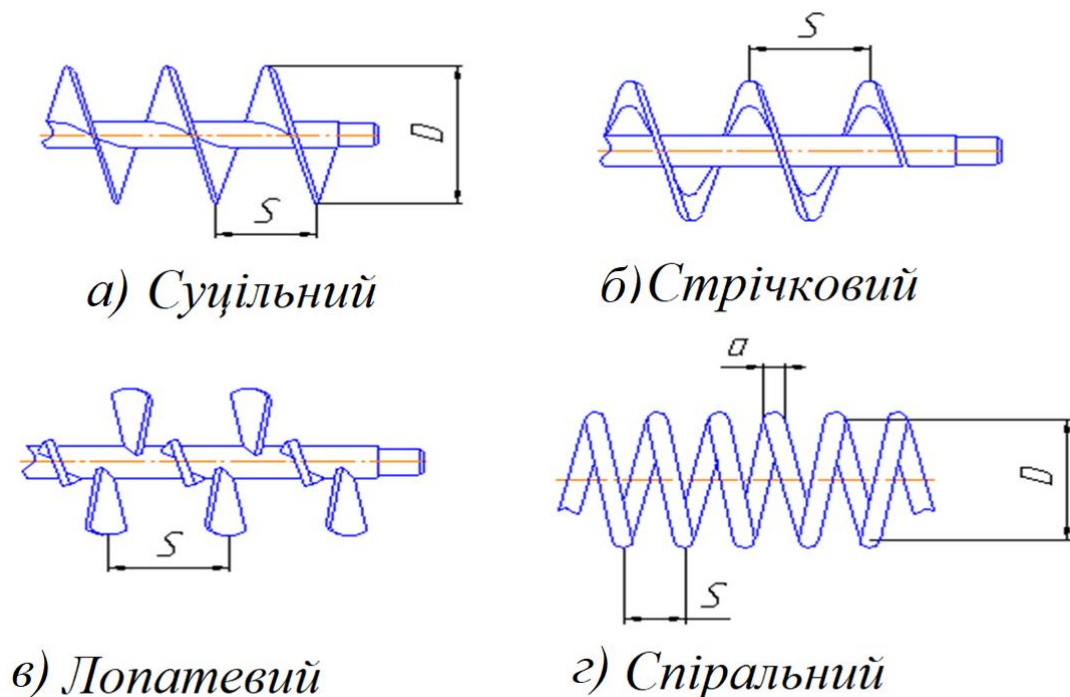
– Проектування та монтаж транспортера повинні забезпечувати вільний доступ до гвинта, без обмежень від кожуха чи жолоба.

– Крихкі матеріали можуть руйнуватися під час тертя об поверхню корпусу.

– Під час роботи сировина істотно переміщується.

Урахування цих особливостей свідчить про доцільність застосування шнекових транспортерів у фермерських господарствах для переміщення сипучої сировини та гною. Розміщення вала шнека у бетонному жолобі всередині приміщення покращує умови монтажу та експлуатації механізму.

Основним робочим елементом шнекового транспортера є гвинт. В залежності від типу технологічної сировини, яку транспортує механізм, гвинти класифікують на суцільні, стрічкові, спіральні та лопатеві (рис. 2.5) [16, 17, 22].



а – суцільний; б – стрічковий; в – лопатевий; г – спіральний

Рисунок 2.5 – Види робочих органів шнекових транспортерів

Залежно від напрямку обертання приводу, гвинтові транспортери поділяють на ліві та праві. Для підвищення продуктивності при

транспортуванні сипучих матеріалів з малою питомою вагою використовують багатозаходні гвинтові завивки.

Гвинти з суцільною навивкою (рис. 2.4а) застосовують для переміщення однорідних сипучих матеріалів, таких як зерно, пісок, борошно або комбікорми. Для транспортування технологічної сировини складного складу, наприклад, гною тваринницьких ферм, що містить солому, сечу та кал, використовують лопатеві гвинти (рис. 2.4в).

Переміщення матеріалу в шнекових транспортерах відбувається вздовж осі гвинта завдяки силам тертя між сировиною та поверхнею шнека, незалежно від її механічних та фізичних властивостей.

Шнекові механізми класифікують також за швидкістю обертання гвинта:

- Швидкохідні (частота обертання > 200 об/хв) застосовують для транспортування сипучих матеріалів.

- Тихохідні (частота обертання < 200 об/хв) призначені для в'язких або багатокомпонентних матеріалів, зокрема гною тваринницьких ферм.

На рисунку 2.6 наведено конструктивні форми завантажувальних бункерів, які безпосередньо впливають на продуктивність шнекового транспортера.

<i>Форма бункера</i>				
<i>0,62</i> <i>а)</i>	<i>0,73</i> <i>б)</i>	<i>0,78</i> <i>в)</i>	<i>0,94</i> <i>г)</i>	<i>1,00</i> <i>д)</i>

Рисунок 2.6 – Конструктивні схеми завантажувальних бункерів та їх вплив на продуктивність шнекового транспортера

На тваринницьких фермах для запобігання заклинюванню технологічної сировини рекомендується застосовувати завантажувальні бункери з конструкціями, показаними на рис. 2.5г та 2.5д. Напрямні канали такого типу легко реалізуються всередині приміщень ферми.

Шнековий механізм (гвинт) розташовується у бетонному жолобі, який виконує функцію корпусу транспортера, що спрощує конструкцію та підвищує надійність експлуатації. Для видалення гною з приміщення застосовують два шнеки довжиною по 40 метрів кожен.

Вал гвинта виготовляється з окремих секцій довжиною 5 метрів, які з'єднуються фланцевим способом. Для забезпечення горизонтальної жорсткості та запобігання прогину вала кожна секція встановлюється на окремих опорах, що виключають контакт периферії шнека з поверхнею бетонного жолоба. Поперечний перетин вала виконано у вигляді круглої труби.

3 ПІДБІР ПАРАМЕТРІВ ЗАСОБІВ УТИЛІЗАЦІЇ ГНОЮ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ

3.1 Інженерно-технологічні розрахунки скреперних механізмів

3.1.1 Розрахунки фермерського механізму при розташуванні поперечної канави вкінці ферми

На рис. 2.2 запропоновано дві ферми розміщення скреперних механізмів видалення гною по відношенню до розміщення поперечних каналів в яких розміщені шнекові механізми.

Схема рис. 2.2а. поперечна канава розміщена вкінці проходу. Розміщення ВРХ по площі ферми орієнтовано таким чином, що екскременти ферми тварин порівно розділяються по проходах прибирання гною. Вихід екскрементів на один прохід складає [11, 24]

$$Q_{\text{д}} = 60 \cdot 50 = 3000 \text{ кг},$$

що становить об'єм

$$V_{\text{д}} = \frac{Q_{\text{д}}}{\rho_{\text{Г}}}, \quad (3.1)$$

де $\rho_{\text{Г}}$ – густина гною, $\rho_{\text{Г}} = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Тобто

$$V_{\text{д}} = \frac{3000}{1000} = 3 \text{ м}^3.$$

Об'єм гною за один прохід (цикл) скрепера дорівнює

$$V_{\text{ц1}} = L_1 \cdot b \cdot h \cdot \eta, \quad (3.2)$$

де L_1 – робоча довжина проходу, $L_1 = 50$ м;

b – ширина проходу, $b = 1,5$ м;

h – товщина шару гною, що прибирається за один цикл, $h = 0,02...0,06$ м,
приймаємо $h = 0,02$ м;

η – коефіцієнт ефективності прибирання, $\eta = 0,8$.

Тоді

$$V_{ц1} = 50 \cdot 1,5 \cdot 0,02 \cdot 0,8 = 1,2 \text{ м}^3.$$

Час одного циклу прибирання

$$t_{ц1} = \frac{2L_1}{v_c} + t_{доп}, \quad (3.3)$$

де v_c – швидкість скрепера, $v_c = 0,10...0,25$ м/с, приймаємо $v_c = 0,10$ м/с;

$t_{доп}$ – час для реверсу системи, $t_{доп} = 10...40$ с, приймаємо $t_{доп} = 30$ с.

Підставивши дані, одержимо

$$t_{ц1} = \frac{2 \cdot 50}{0,1} + 30 = 1030 \text{ с} = 17,2 \text{ хв.}$$

Ефективна продуктивність механізму

$$Q_{E1} = \frac{V_{ц1}}{t_{ц1}}. \quad (3.4)$$

Тобто

$$Q_{E1} = \frac{1,2}{17,2} = 0,0700 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

Загальний час роботи скреперної установки знаходять за формулою

$$T_1 = \frac{V_D}{Q_{E1}}. \quad (3.5)$$

Тобто

$$T_1 = \frac{3,00}{0,070} = 42,9 \text{ хв.}$$

Необхідна кількість проходів (циклів роботи) скреперної установки за добу складає

$$n_1 = \frac{T_1}{t_{ц1}}. \quad (3.6)$$

Одержимо

$$n_1 = \frac{42,9}{17,2} = 2,49 \text{ цикла,}$$

Приймаємо $n_1 = 3$ цикла.

Вагу гною, яку штовхає скрепер, визначаємо за формулою [4, 8]

$$F_{Г1} = \mu_{Г} \cdot G_{Г}, \quad (3.7)$$

де $G_{Г}$ – вага гнійної маси, що «штовхається» скрепером у робочій зоні;

$\mu_{Г}$ – приведений коефіцієнт тертя ковзання, який залежить від вологості підстилки, $\mu_{Г} = 0,25 \dots 0,7$, приймаємо $\mu_{Г} = 0,6$, враховуючи ризик злежування.

Вагу гнійної маси визначають за формулою

$$G_{Г} = m_{Г} \cdot g = \rho_{Г} \cdot b \cdot h \cdot l_a \cdot g, \quad (3.8)$$

де l_a – довжина активного «клина» перед скрепером, $l_a = 1 \dots 3$ м, приймаємо

$l_a = 3$ м.

$$G_{Г} = m_{Г} \cdot g = 1000 \cdot 1,5 \cdot 0,02 \cdot 3 \cdot 9,8 = 882 \text{ Н.}$$

Враховуючи додаткові опори, а саме опори: в поворотних рамках; нерівномірності поверхонь; непередбачені фактори при пуску, приймаємо коефіцієнт запасу $k_{3АП} = 2$, тоді

$$F_{Г1} = \mu_{Г} \cdot G_{Г} \cdot k_{3АП} = 0,6 \cdot 882 \cdot 2 = 1060 \text{ Н.}$$

Також необхідно врахувати силу тертя скреперів, яка виникає від їх ваги

$$F_{C1} = 2 \cdot G_C \cdot \mu_C, \quad (3.9)$$

де G_C – вага скрепера;

μ_C – коефіцієнт тертя між поверхнями тертя, $\mu_C = 0,7$.

Вагу скрепера визначають за формулою

$$G_C = k_1 \cdot m_C \cdot \rho_C \cdot g = k_1 \cdot b \cdot 5h \cdot \delta \cdot \rho_C \cdot g, \quad (3.10)$$

де δ – товщина полоси скрепера, $\delta = 0,014 \text{ м}$;

ρ_C – густина сталі, $\rho_C = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$;

k_1 – коефіцієнт, який враховує маси монтажних елементів, $k_1 = 1,4$.

Тоді

$$F_{C1} = 2 \cdot 1,4 \cdot 1,5 \cdot 5 \cdot 0,02 \cdot 0,01 \cdot 7,8 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 0,7 = 225 \text{ Н.}$$

Сумарне тягове зусилля, що діє на трос визначають за формулою

$$F_{01} = F_{C1} + F_{Г1}. \quad (3.11)$$

тобто

$$F_{01} = 1060 + 225 = 1285 \text{ Н.}$$

Розрахункова потужність становить

$$P_1 = F_{01} \cdot v_C. \quad (3.12)$$

У числовому еквіваленті це

$$P_1 = 1285 \cdot 0,1 = 128,5 \text{ Вт.}$$

Потужність двигуна визначають

$$P_{Д1} = \frac{P}{\eta_P}. \quad (3.13)$$

У числовому еквіваленті це

$$P_{Д1} = \frac{128,5}{0,7} = 184 \text{ кВт.}$$

Враховуючи на пускові перевантаження (залежування гною) на практиці використовують значно потужніший привід, приймаємо двигун $P_{01} = 1,2$ кВт.

Трос сприймає осьове навантаження, отже площа поперечного перетину становить [1, 4]

$$A_1 \geq \frac{F_{01} \cdot k_T}{[\sigma]}, \quad (3.14)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження дроту матеріалу троса, $[\sigma] = 200$ Н/мм²;

k_T – коефіцієнт, який враховує роботу троса в змінних режимах, $k_T = 4 \dots 6$,
приймаємо $k_T = 5$.

Тоді

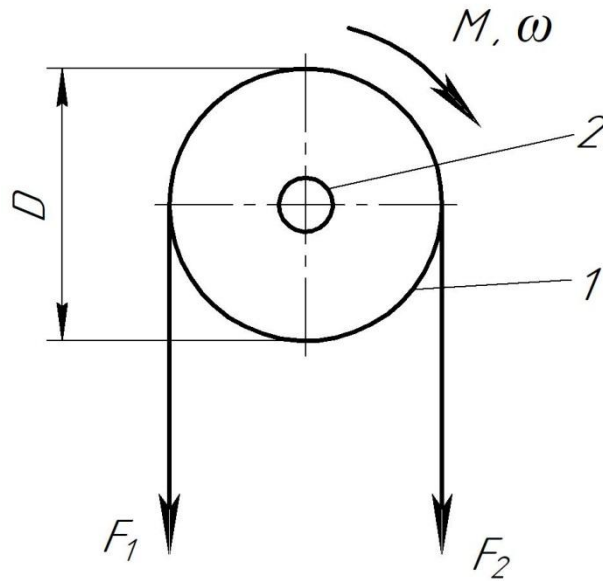
$$A_1 \geq \frac{1285 \cdot 5}{200} = 32,1 \text{ мм}^2.$$

Діаметр тросу становить

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot A_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 32,1}{\pi}} = 6,4 \text{ мм,}$$

Приймаємо діаметр троса рівний $d_1 = 7$ мм.

Для безперебійної роботи скреперної установки, яка забезпечується тяговими зусиллями троса та блоків, необхідно створити їх попередній натяг троса (рис.3.1)



1 – привідний шків; 2 – вал приводу

Рисунок 3.1 – Схема для розрахунку сили натягу троса скреперної установки

Сила попереднього натягу троса для роботи системи без буксування визначається за формулою

$$F_0 = \frac{F_t}{2} \cdot \frac{e^{f\alpha} + 1}{e^{f\alpha} - 1}, \quad (3.15)$$

де f – коефіцієнт тертя між поверхнями троса та шківа, $f = 0,9$;

α – кут охоплення тросом шківа, $\alpha = \pi$;

F_t – сила, яка створює необхідний момент на валу шківа.

Силу, яка створює необхідний момент на валу шківа, визначають

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot M_1}{D}, \quad (3.16)$$

де M_1 – момент на валу привода механізму;

D – діаметр шківа, приймаємо $D = 0,5$ м.

Момент на валу привода механізму знаходять

$$M_1 = \frac{P_{д1}}{\omega}, \quad (3.17)$$

де ω – кутова швидкість шківів привода механізму.

Визначаємо кінематичні та енергетичні параметри привідного механізму скреперної установки [1, 8]:

$$\omega = \frac{2 \cdot v_C}{D} = \frac{2 \cdot 0,1}{0,5} = 0,4 \text{ c}^{-1};$$

$$M_1 = \frac{184}{0,4} = 460 \text{ Нм};$$

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot 460}{0,5} = 1840 \text{ Н};$$

$$F_{01} = \frac{1840}{2} \cdot \frac{e^{0,9\pi} + 1}{e^{0,9\pi} - 1} = 1040 \text{ Н}.$$

Напруження в тросі з врахуванням попереднього натягу

$$\sigma_{t1} = 2 \cdot \sigma_{01} \cdot \frac{e^{f\pi} + 1}{e^{f\pi} - 1}, \quad (3.18)$$

де σ_{01} – напруження попереднього натягу троса.

Його визначають

$$\sigma_{01} = \frac{4 \cdot F_{01}}{\pi \cdot d_1^2} = \frac{4 \cdot 1040}{\pi \cdot 7^2} = 27 \text{ Н/мм}^2.$$

Підставивши дані, одержимо

$$\sigma_{t1} = 2 \cdot 27 \cdot \frac{e^{0,9\pi} + 1}{e^{0,9\pi} - 1} = 48 \text{ Н/мм}^2 < [\sigma] = 200 \text{ Н/мм}^2.$$

Заниження напруження в тросі передбачає збільшення навантажень в k_T разів при реверсі.

3.1.2 Розрахунок скреперного механізму з центральним розміщенням поперечного каналу

Поперечна канава для видалення гною з ферми розміщена посередині ферми (рис. 2.2б).

Проводимо аналогічні розрахунки конструктивно-технологічних величин, які були виконані в п.3.1.1, вносячи корективи, які стосуються змін в технологічному процесі видалення гною.

Об'єм гною за один цикл

$$V_{Ц2} = 4 \cdot L_2 \cdot b \cdot h \cdot \eta, \quad (3.19)$$

де L_2 – робоча довжина проходу, $L_2 = 25$ м.

$$V_{Ц2} = 4 \cdot 25 \cdot 1,5 \cdot 0,02 \cdot 0,8 = 2,4 \text{ м}^3.$$

Час одного циклу прибирання

$$t_{Ц2} = \frac{2 \cdot 25}{0,1} + 30 = 530 \text{ с} = 8,83 \text{ хв.}$$

Ефективна продуктивність механізму

$$Q_{E2} = \frac{2,4}{8,83} = 0,272 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

Загальний час роботи скреперної установки

$$T_2 = \frac{V_D}{Q_{E2}} = \frac{6,00}{0,272} = 22,1 \text{ хв.}$$

Необхідна кількість проходів (циклів роботи) скреперної установки за добу складає

$$n_1 = \frac{22,1}{8,83} = 2,49 \text{ цикла.}$$

Приймаємо $n_2 = 3$ проходи.

Для даного випадку (див. рис. 2.2б) два скрепери одночасно задіяні в технологічному процесі прибирання гною, тому сила, яку необхідно прикласти до троса становить [24, 29]

$$F_{Г2} = 2 \cdot F_{Г1} = 2 \cdot 1060 = 2120 \text{ Н};$$

$$F_{C2} = 4 \cdot F_{C1} = 4 \cdot 225 = 900 \text{ Н};$$

$$F_{02} = F_{C2} + F_{Г2} = 2120 + 900 = 3020 \text{ Н.}$$

Визначаємо розрахункову потужність і потужність двигуна:

$$P_2 = F_{02} \cdot v_C = 3020 \cdot 0,1 = 302 \text{ Вт};$$

$$P_{Д2} = \frac{302}{0,7} = 431 \text{ Вт.}$$

Аналогічно схемі (див. рис. 2.2а) приймаємо потужність двигуна $P_{02} = 1,2 \text{ кВт}$.

Площа поперечного перетину металічного троса

$$A_2 \geq \frac{3020 \cdot 3}{200} = 45,3 \text{ мм}^2.$$

Діаметр тросу становить

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 45,3}{\pi}} = 7,6 \text{ мм},$$

Приймаємо діаметр троса рівний $d_2 = 8 \text{ мм}$.

Сила, яка створює необхідний момент на валу шківів, сила попереднього натягу троса та момент на валу привода механізму становить:

$$M_1 = \frac{431}{0,4} = 1078 \text{ Нм};$$

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot 1078}{0,5} = 4310 \text{ Н};$$

$$F_{02} = \frac{4310}{2} \cdot \frac{e^{0,9\pi} + 1}{e^{0,9\pi} - 1} = 2430 \text{ Н}.$$

Напруження попереднього натягу троса та напруження в тросі з врахуванням попереднього натягу:

$$\sigma_{02} = \frac{4 \cdot F_{02}}{\pi \cdot d_2^2} = \frac{4 \cdot 3020}{\pi \cdot 8^2} = 60,1 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{t2} = 2 \cdot 60,1 \cdot \frac{e^{0,9\pi} + 1}{e^{0,9\pi} - 1} = 107 \text{ Н/мм}^2 < [\sigma] = 200 \text{ Н/мм}^2.$$

3.1.3 Вибір технологічної схеми прибирання гною

Розглянуто два варіанти прибирання гною скреперними механізмами тваринницької ферми для утримування 100 голів ВРХ. Конструктивні параметри гнойових проходів, розміри скреперів, розміщення направляючих роликів енергетичного привода, натяжного пристрою – аналогічні двом схемам.

Переміщення поперечного каналу утилізації гною з краю ферми (див. рис. 2.2а) до середини ферми (див. рис. 2.2б) дає можливість зменшити час роботи механізму в $T_1/T_2 = 42,9/22,1 = 1,94$ рази, що позитивно вплине на зношування деталей скреперного механізму [21, 24].

Енергетичні та розрахунки на міцність знаходяться в зонах допустимих величин, не змінюючи потужності двигуна приводу. Для забезпечення міцності тягового елемента – троса збільшуємо його діаметр з 7 мм до 8 мм.

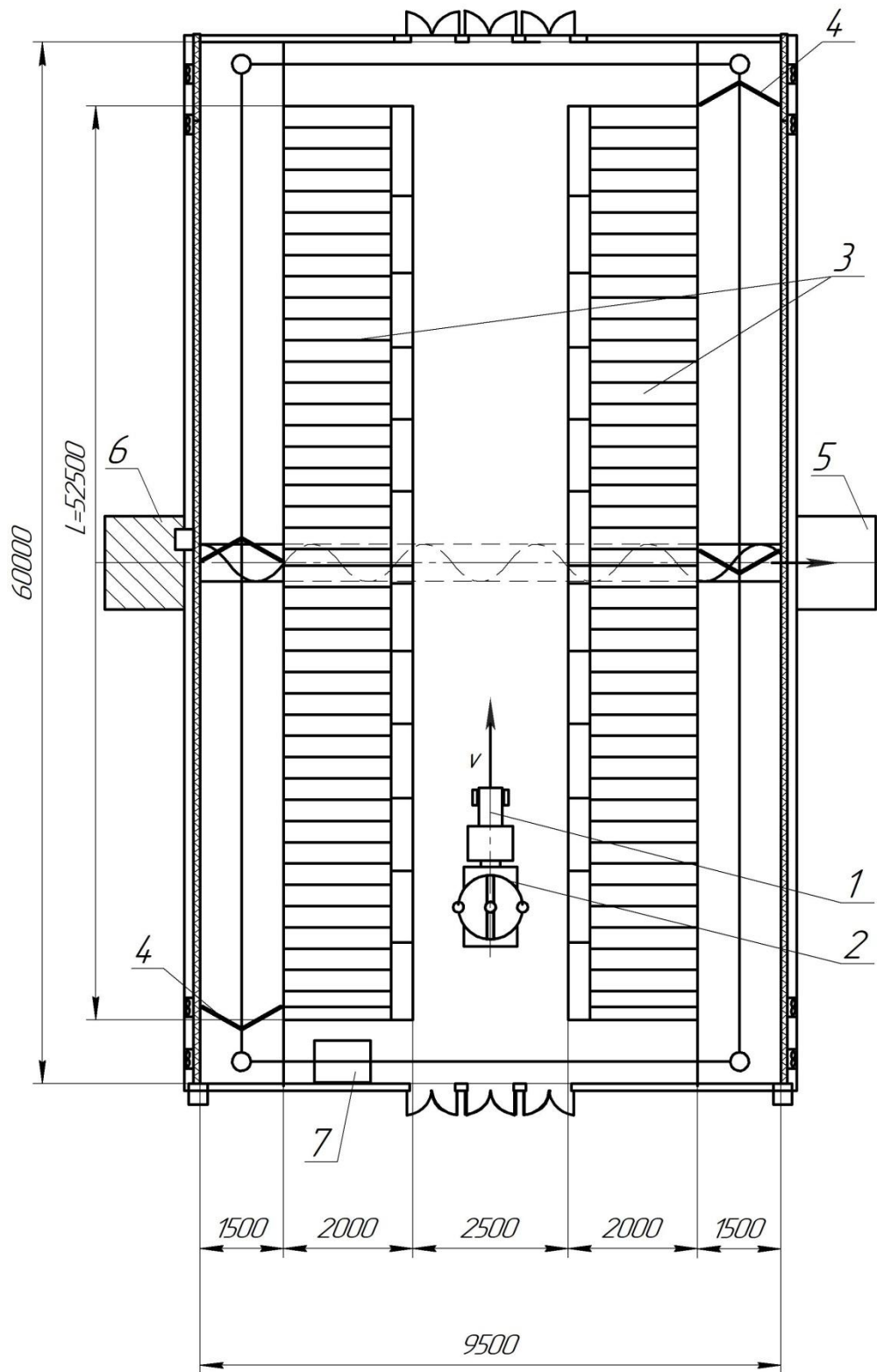
Отже, з двох варіантів розміщення механізмів для виведення екскрементів з ферми приймаємо схему (рис. 2.2б). Схематизація ферми показана на рисунку 3.2.

3.2 Визначення кінематичних та конструктивних параметрів шнекового транспортного механізму

Основним робочим органом більшості вантажно-розвантажувальних сільськогосподарських машин є шнекові механізми. Специфіка їх роботи – різноманітність технологічних процесів, які вони виконують та фізико-механічні властивості транспортованого матеріалу, що визначає номенклатуру та конструктивні параметри транспортуючого шнекового механізму [4,8].

Принципова схема роботи шнекового транспортера зображена на рисунку 3.3. Технологічна речовина (гній) поступає в бункер – 4, у якому вмонтовано вал шнека – 5. Далі матеріал попадає на шнек – 3, який знаходиться на кінцях транспортера у бетонному жолобі – 8.

Привід транспортуючого механізму відбувається за рахунок електродвигуна – 1 за допомогою передачі – 2. Бункер кріплять на бетонній опорі. Вивантаження технологічно сировини проходить в ємність – 6, кінець транспортера кріпиться кронштейном – 7.



1 – мобільний пристрій для роздачі корму; 2 – кормовий бункер; 3 – бокси для утримання ВРХ; 4 – скреперний механізм для транспортування гною; 5 – резервуар для тимчасового накопичення гною; 6 – електропривод шнекових механізмів; 7 – електропривод скреперного механізму

Рисунок 3.2 – Схематичне зображення приміщення для утримання 100 голів ВРХ

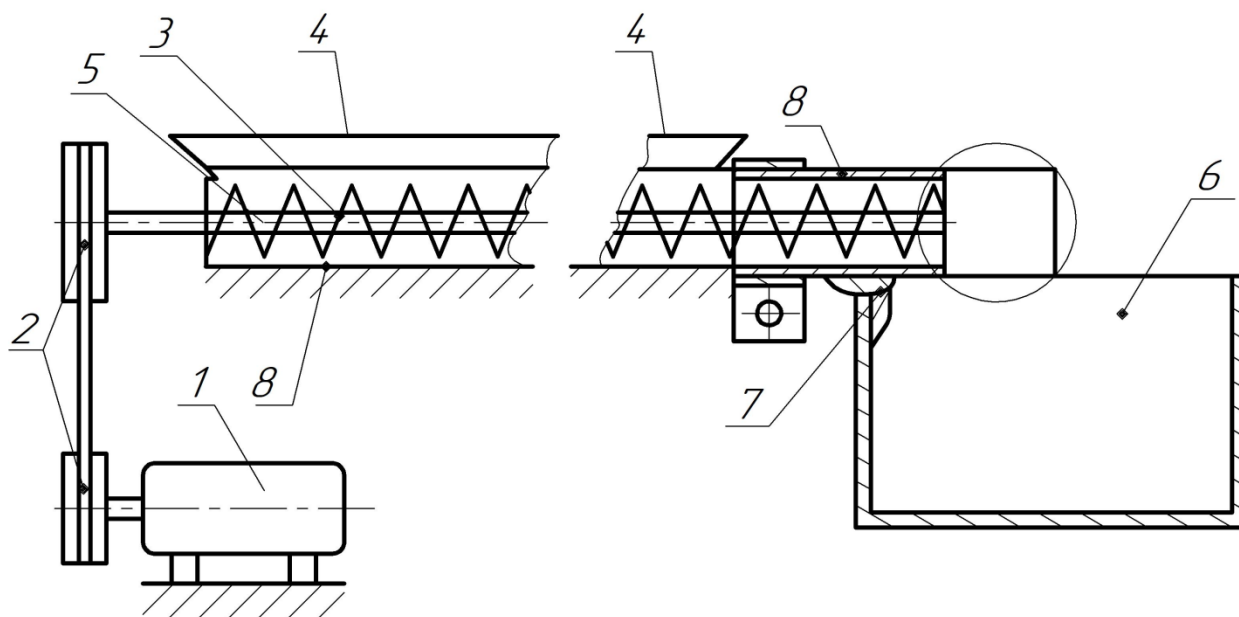


Рисунок 3.3 – Схематизація роботи шнекового транспортера

Для обраної технологічної схеми видалення гною з тваринницької ферми (див. рис. 2.3), цикл роботи скреперів становить $t_{ц2} = 8,83$ хв. За цей часовий проміжок скрепери охоплюють всю площу прибирання і поступово завантажують шнековий механізм екскрементами приблизно $1/3$ добового виходу, тобто $Q_D = 2000$ кг.

Робочий час шнекового механізму має бути збільшеним по тій причині, що після виконання повного очищення скреперами площі ферми, необхідно видалити гній з території ферми до гноєзбірника. Отже, час роботи шнекового механізму приймаємо $t_{ш} \approx 1,5 \cdot t_{ц2} = 1,5 \cdot 8,83 = 13,5$ хв., тоді ефективна продуктивність шнекового механізму складає [3, 5, 20]

$$Q_{ЕШ} = \frac{2,0}{13,5} = 0,148 \text{ м}^3/\text{хв} = 8,89 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Виразимо продуктивність шнекового механізму, $\text{м}^3/\text{с}$, через конструктивні та кінематичні параметри а саме:

$$Q_{III} = A \cdot S \cdot \omega, \quad (3.20)$$

де A – робоча площа заповнення технологічною сировиною перетину, м²;

S – крок гвинта шнека, $S = 0,7 \cdot D$ (D – зовнішній діаметр шнека, приймаємо $D = 0,3$ м);

ω – кутова швидкість вала шнека, с⁻¹.

Робочу площу заповнення технологічною сировиною перетину визначають за формулою

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot \psi, \quad (3.21)$$

де d – діаметр вала шнека, $d = 0,4 \cdot D = 0,12$ м;

ψ – коефіцієнт заповнення, запобігає виливанню гною з канави, $\psi = 0,1 \dots 0,2$ приймаємо $\psi = 0,1$.

Для прийнятих параметрів продуктивність шнекового механізму дорівнює

$$Q_{III} = \frac{\pi}{4} \cdot (0,3^2 - 0,12^2) \cdot 0,7 \cdot 0,3 \cdot 0,1 \cdot \omega = 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot \omega \text{ м}^3/\text{с}.$$

Враховуючи, що $Q_{III} = Q_{EIII}$, визначаємо

$$\omega = \frac{0,148}{60 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3}} = 1,97 \text{ с}^{-1},$$

або

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 1,97}{\pi} = 18,8 \text{ об/хв},$$

приймаємо $n_0 = 20$ об/хв.

Лінійна швидкість осевого переміщення гнойової маси

$$v_0 = \omega \cdot S = \frac{\pi \cdot 20}{30} \cdot 0,7 \cdot 0,3 = 0,44 \text{ м/с}.$$

Визначаємо об'єм технічної сировини в гнойовому каналі, в якому знаходиться шнек

$$V_{ш} = A \cdot L_{ш}, \quad (3.22)$$

де $L_{ш}$ – довжина гнойового каналу, $L_{ш} = 10$ м.

Підставивши дані, одержимо

$$V_{ш} = \frac{\pi}{4} \cdot (0,3^2 - 0,12^2) \cdot 10 = 0,594 \text{ м}^3.$$

Маса гнойової сировини

$$m_{ш} = V_{ш} \cdot \rho = 0,594 \cdot 1000 = 594 \text{ кг.}$$

Осьове переміщення гною в осьовому напрямку в основному залежить від сили тертя, на яку впливає коефіцієнт тертя. В даному випадку використовуємо приведений коефіцієнт тертя, який залежить від декількох факторів: вологості гнойової суміші; підсосу повітря; включень підстилки; механічний стан жолобу. Силу, яку необхідно прикласти до гнойової маси, для переміщення в осьовому напрямку визначимо за формулою

$$F_{ш} = m_{ш} \cdot g \cdot f_{пп}, \quad (3.23)$$

де $f_{пп}$ – приведений коефіцієнт тертя між гнойовою масою та поверхнями

жолоба та шнека, $f_{пп} = 0,3 \dots 0,6$, приймаємо $f_{пп} = 0,45$.

Таким чином

$$F_{ш} = 594 \cdot 9,81 \cdot 0,45 = 2622 \text{ Н.}$$

Визначаємо необхідну потужність для переміщення технологічної сировини

$$P_M = F_{ш} \cdot v_0 = 2622 \cdot 0,44 = 1154 \text{ Вт.}$$

При виборі потужності двигуна слід врахувати непередбачені витрати потужностей: в опорних вузлах; пусках під навантаженням; утворенням заторів від соломи і т.д. Потужність на валу шнека

$$P_{ВАЛ} = P_M \cdot K, \quad (3.24)$$

де K – коефіцієнт запасу, який передбачає описані втрати, $K = 2...5$, приймаємо $K = 2$.

Тоді

$$P_{ВАЛ} = 1154 \cdot 2 = 2308 \text{ Вт.}$$

Необхідна потужність двигуна

$$P_D = \frac{P_{ВАЛ}}{\eta_P}, \quad (3.25)$$

де η_P – коефіцієнт корисної дії редуктора, $\eta_P = 0,9$.

Одержимо

$$P_D = \frac{2308}{0,9} = 2564 \text{ Вт} = 2,564 \text{ кВт.}$$

За каталогом приймаємо відповідним даним параметрам асинхронний двигун.

Крутний момент, який необхідно прикласти на до вала шнека, знаходять за формулою

$$T_{Ш} = \frac{P_{ВАЛ}}{\omega} = \frac{2308}{0,44} = 5245 \text{ Нм.}$$

3.3 Розрахунок на міцність та жорсткість вала шнека

Схема поперечного перетину вала показана на рисунку 3.4.

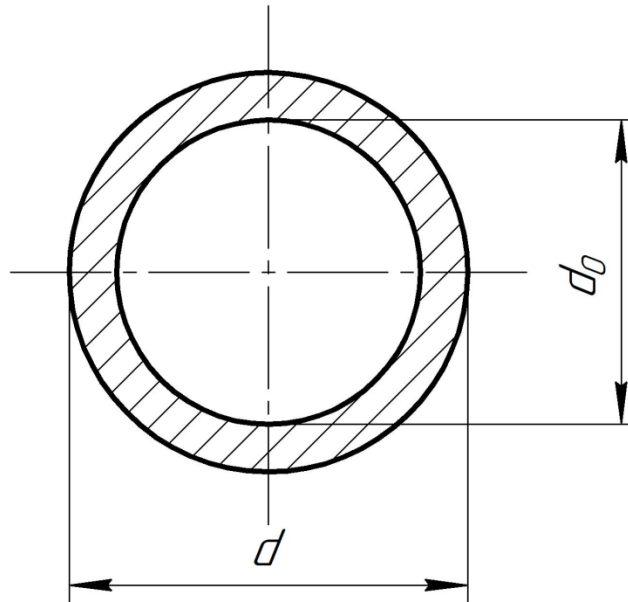


Рисунок 3.4 – Схема геометричного перетину вала

Описуємо геометричні характеристики, а саме: полярний момент інерції (I_p) та полярний момент опору (W_p) перетину вала шнека [1, 4, 8]:

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32} - \frac{\pi d_0^4}{32} = \frac{\pi d^4}{32} \left(1 - \left(\frac{d_0}{d} \right)^4 \right) = \frac{\pi d^4}{32} (1 - (\alpha)^4), \quad (3.26)$$

де α – відношення діаметрів, $\alpha = \frac{d_0}{d}$;

$$W_p = \frac{I_p}{d/2} = \frac{\pi d^3}{16} (1 - (\alpha)^4). \quad (3.27)$$

Проводимо розрахунок на міцність при крученні:

$$\tau_{\max} = \frac{T_{III}}{W_p} = \frac{T_{III} \cdot 16}{\pi d^3 (1 - (\alpha)^4)} \leq [\tau]; \quad (3.28)$$

звідки визначимо параметр α

$$\alpha \geq \sqrt[4]{1 - \frac{16 \cdot T_{III}}{\pi d^3 [\tau]}}, \quad (3.29)$$

де $[\tau]$ – робочі напруження матеріалу труби, $[\tau] = 40 \text{ МПа}$, (Сталь СТ.3);

d – зовнішній діаметр труби. $d = 120 \text{ мм}$.

$$\alpha \geq \sqrt[4]{1 - \frac{16 \cdot 5245 \cdot 10^3}{\pi \cdot 120^3 \cdot 40}} = 0,885.$$

Діаметр отвору труби

$$d_0 = \alpha \cdot d = 0,885 \cdot 120 = 106 \text{ мм}. \quad (3.30)$$

Шнекові транспортні механізми характеризуються недоліком, що полягає у значній металомісткості, зумовленій нерівномірним розподілом навантаження вздовж осі гвинта. Найбільше навантаження труба круглого поперечного перерізу сприймає в зоні її кріплення до приводу механізму. Натомість у зоні вивантаження технологічної сировини навантаження на трубу є мінімальним (рис. 3.5).

Функція моменту кручення моменту в залежності від x описується формулою, $T(x) = \frac{T}{L} \cdot x$, $T = 5245 \text{ Нм}$, $L = 10 \text{ м}$.

Визначимо кутове переміщення вільного перетину вала шнека [1, 4, 8, 22, 32]

$$\Delta\varphi = \int_0^L \frac{T(x)}{GI_p} \cdot \frac{180}{\pi} dx = \int_0^L \frac{\frac{T_{III}}{L} \cdot x}{GI_p} \cdot \frac{180}{\pi} dx = \frac{T \cdot L}{2GI_p} \cdot \frac{180}{\pi}, \quad (3.31)$$

де G – модуль Юнга другого роду, $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$;

I_p – геометрична характеристика круглого поперечного перетину

вала,

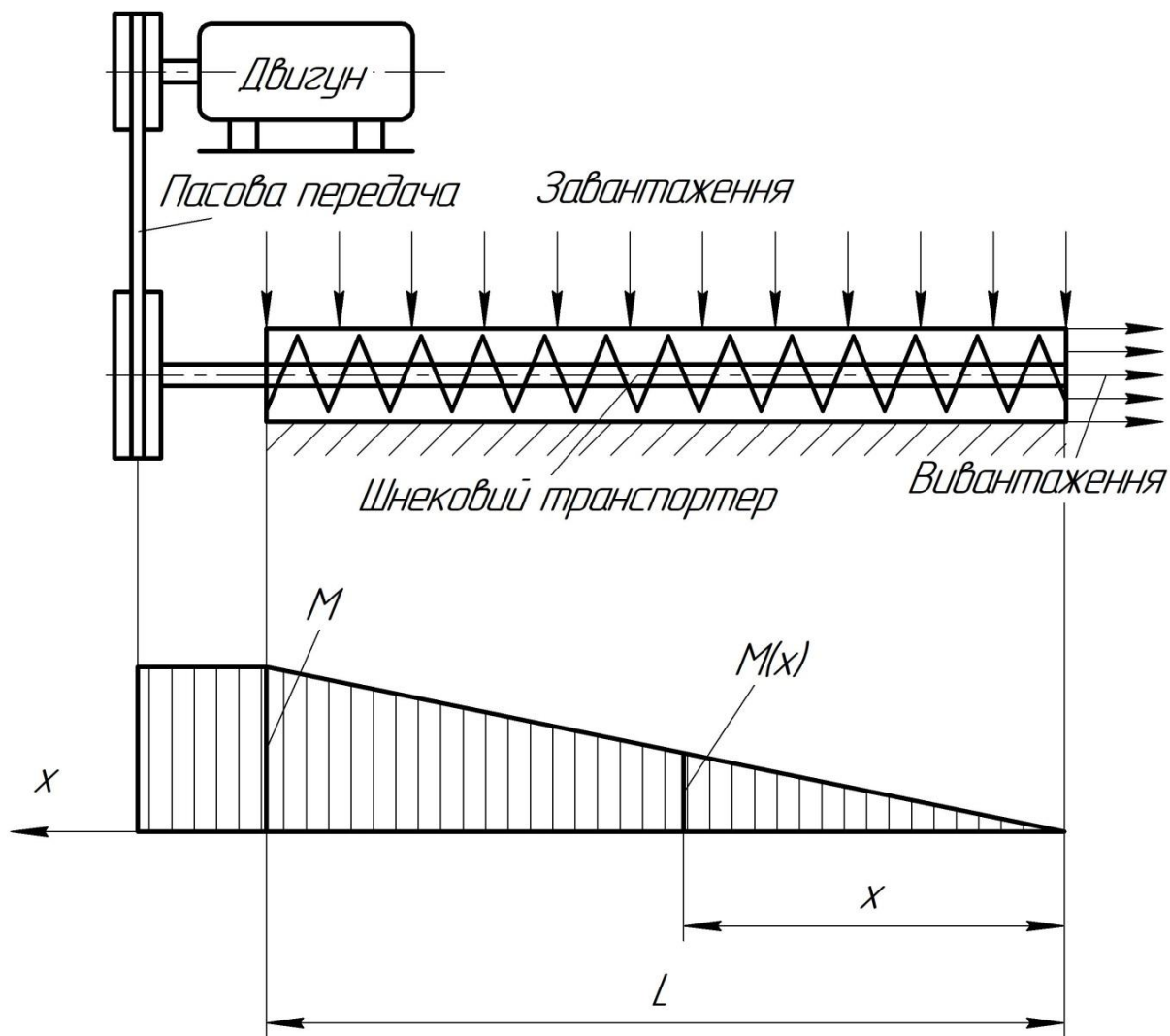


Рисунок 3.5 – Схематизація навантаження на вал шнекового транспортного механізму

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32} (1 - \alpha^4) = \frac{\pi d^4}{32} \left(1 - \left(\frac{d_0}{d} \right)^4 \right) = \frac{\pi \cdot 120^4}{32} (1 - 0,7885^4) = 78,5 \cdot 10^4 \text{ мм}^4.$$

$$\Delta\varphi = \frac{5245 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3}{2 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 78,5 \cdot 10^4} \cdot \frac{180}{\pi} = 13,4 \text{ град.}$$

Записуємо умову жорсткості

$$\theta_{\max} = \frac{\Delta\varphi}{L} = \frac{13,4}{10} = 1,34 \frac{\text{град}}{\text{м}} \leq [\theta] = 2 \frac{\text{град}}{\text{м}}. \quad (3.32)$$

Таким чином умова жорсткості забезпечена.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Охорона праці та безпека виробничих процесів на фермі з відгодівлі тварин

На сучасному етапі функціонування тваринницьких фермерських господарств виникає необхідність суворого дотримання санітарно-епідеміологічних вимог безпеки, що зумовлено високою щільністю утримання тварин та їх переміщенням. Тваринницькі комплекси доцільно розміщувати на ізольованих ділянках, доступ до яких має бути регламентований. Перебування на території ферми дозволяється виключно штатним працівникам, зокрема: обслуговуючому персоналу з догляду за тваринами, ветеринарному лікарю, зоотехніку, а також працівникам, відповідальним за роздавання кормів [2].

У виробничих приміщеннях ферми передбачається облаштування спеціального приміщення для персоналу, яке включає гардероб, душову кімнату та аптечку, укомплектовану засобами для надання першої медичної допомоги.

Працівники тваринницької ферми в плановому порядку забезпечуються засобами індивідуального захисту (табл. 4.1), використання яких є обов'язковим під час виконання виробничих обов'язків.

Вагомим чинником забезпечення належних умов функціонування тваринницької ферми є ефективна система вентиляції приміщень. За утримання значної кількості великої рогатої худоби в повітря виділяється суттєвий об'єм вуглекислого газу, який негативно впливає як на фізіологічний стан тварин, так і на здоров'я обслуговуючого персоналу.

Для забезпечення оптимальних умов життєдіяльності ферми з поголів'ям $N_1 = 100$ корів необхідний об'єм припливу свіжого повітря становить

$$L = \frac{d \cdot N_1}{d_2 - d_1} \cdot \varphi, \quad (4.1)$$

де d – вміст вуглекислого газу утвореного однією коровою, $d = 117,5$ л/гол;

d_1 – кількість вуглекислого газу в атмосфері $d_1 = 1,3$ л/м³;

d_2 – рекомендовано-допустимий вміст вуглекислого газу $d_2 = 2,5$ л/м³;

φ – коефіцієнт запасу притоку повітря зовні, приймаємо $\varphi = 2,5$.

Тобто

$$L = \frac{117,5 \cdot 100}{2,5 - 0,3} \cdot 2,5 = 13352 \text{ м}^3.$$

Таблиця 4.1 – Засоби індивідуального захисту

Професія і види робіт	Кількість чоловік	Найменування засобів захисту	Термін придатності, міс.	Потрібна кількість на рік
Ветлікар	1	халат білий	12	5
Зоотехнік	1	халат білий,	12	18
		халат х/б	3	18
Інженер-механік	1	взуття	6	2
Оператор по обслуговуванні ВРХ	2	халат х/б,	12	2
		халат з водостійкою пропиткою,	6	4
		фартух,	12	2
		чоботи гумові, куртка ватна,	24	2
		рукавиці	6	4
Робочі кормоцеху	2	комбінезон х/б,	12	2
		халат х/б	12	2
		рукавиці,	6	4
		черевики шкіряні	12	2
Трактористи	2	комбінезон х/б,	12	2
		рукавиці,	6	4
		куртка ватна	24	2

Число каналів вентиляційних шахт

$$n = \frac{A}{p}, \quad (4.2)$$

де p – рекомендована площа одного каналу вентиляційної шахти, $p = 0,9$ м²;

A – сумарна площа вентиляційних шахт.

Сумарну площу вентиляційних шахт визначають за формулою

$$A = \frac{L}{3600 \cdot v}, \quad (4.3)$$

де v – швидкість надходження свіжого повітря, яке визначають [2]

$$v = 2,2 \sqrt{\frac{H(t_b - t_n)}{273}}, \quad (4.4)$$

де H – висота шахти повітрообмінника, $H = 6 \text{ м}$;

t_b – температура повітря ферми, $t_b = 22^\circ \text{ C}$;

t_n – температура атмосферного повітря, $t_n = 14^\circ \text{ C}$.

Підставивши дані, одержимо

$$v = 2,2 \sqrt{\frac{6(22-14)}{273}} = 0,923 \text{ м/с};$$

$$A = \frac{13352}{3600 \cdot 0,923} = 4,02 \text{ м}^3;$$

$$n = \frac{4,02}{9} = 4,47.$$

приймаємо $n = 5$ вентиляційних шахт.

Добове оновлення тваринницької ферми становить

$$K = \frac{L}{V_\phi}, \quad (4.5)$$

де V_ϕ – об'єм тваринницької ферми, $V_\phi = 2230 \text{ м}^3$.

Таким чином за добу повітря оновиться

$$K = \frac{13352}{2230} = 5,99 \approx 6 \text{ разів.}$$

Велика рогата худоба виділяє в приміщення ферми кількість теплоти:

$$Q_T = \rho_T \cdot N_1, \quad (4.6)$$

де ρ_T – виділення теплоти на одну голову тварин годину, $\rho_T = 595$ кДЖ/год.

$$Q_T = 595 \cdot 1000 = 595000 \text{ кДЖ/год.}$$

Кількість теплоти вентиляційного повітря, яке надходить до приміщення ферми, залежить від зовнішньої температури і має кількість теплоти

$$Q_{II} = \rho_{II} \cdot L \cdot \gamma_{II} (t_b - t_n), \quad (4.7)$$

де γ_{II} – питома вага повітря, $\gamma_{II} = 1,29$ кг/м³;

ρ_{II} – теплоємність повітря, $\rho_{II} = 1$ кДЖ/кг·град.

Таким чином

$$Q_{II} = 1 \cdot 13352 \cdot 1,29 \cdot (22 - 14) = 137793 \text{ кДЖ/год,}$$

$$Q_T = 595000 \text{ кДЖ/год} > Q_{II} = 137793 \text{ кДЖ/год.}$$

Надлишкову кількість теплоти, що виділяється тваринами на фермі, необхідно компенсувати шляхом охолодження повітря, яке подається у виробничі приміщення, до температурного рівня, що визначається на основі рівняння теплового балансу

$$Q_T - Q_{II} = Q_T - \rho_{II} \cdot L \cdot \gamma_{II} (t_b - t_{ox}) = 0, \quad (4.8)$$

звідки

$$t_{ox} = \frac{Q_T - \rho_{II} \cdot L \cdot \gamma_{II} \cdot t_b}{\rho_{II} \cdot L \cdot \gamma_{II}} = \frac{595000 - 1 \cdot 13352 \cdot 1,29 \cdot 22}{1 \cdot 13352 \cdot 1,29} = 12,5^\circ \text{C.}$$

У цьому випадку атмосферне повітря необхідно охолодити з 14 до 12,5. У зимовий період припливне повітря слід підігрівати залежно від значення температури зовнішнього середовища, використовуючи формулу (4.7).

4.2 Забезпечення захисту працівників і навколишнього природного середовища від шкідливих та небезпечних виробничих чинників

Тваринницькі підприємства належать до об'єктів безперервного функціонування, діяльність яких повинна здійснюватися без зупинок із забезпеченням запланованих обсягів виробництва продукції. У разі виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах такого типу, зокрема пожеж, вибухів або викидів токсичних речовин, необхідно заздалегідь передбачати комплекс організаційних і технічних заходів щодо їх ліквідації у стислі терміни з мінімальними втратами для виробничого процесу [2, 15, 19].

З метою підвищення стійкості функціонування тваринницьких господарств доцільно розробляти типові заходи з організації захисту об'єктів та забезпечення подальшого випуску продукції. До основних заходів захисту об'єктів сільськогосподарського виробництва належать такі.

Розроблення планів цивільного захисту об'єкта у мирний і воєнний періоди, які передбачають визначення послідовності дій, чисельності персоналу та кількості задіяних технічних засобів.

Оперативне виконання робіт з укріплення будівель тваринницьких ферм для захисту від дії ударної хвилі, впливу хімічно небезпечних речовин та інших шкідливих факторів. У таких умовах необхідно забезпечити максимальну герметизацію приміщень доступними способами: закриття вікон щитами або поліетиленовою плівкою, закладення тріщин і щілин, що утворилися внаслідок вибухів, глиняними або цементно-вапняними розчинами. З внутрішнього боку вікна й двері слід додатково закривати матами або полотняними шторами, а дверні прорізи ущільнювати гумовими прокладками. Вентиляційні системи на випадок надзвичайних ситуацій доцільно оснащувати спеціальними фільтраційними елементами.

Для забезпечення автономного функціонування тваринницьких ферм необхідно створювати внутрішні запаси питної води та кормів орієнтовно на семиденний період. Обсяги води і кормів слід розраховувати окремо для кожної технологічної групи тварин. За можливості рекомендується використовувати воду зі свердловин або інших захищених джерел. У разі радіоактивного забруднення території випасання худоби не допускається.

Важливим напрямом є організація санітарно-ветеринарного захисту тварин, що передбачає створення належних умов їх утримання, проведення санітарно-профілактичних заходів, своєчасне надання ветеринарної допомоги, регулярне знезараження території ферми від хімічно небезпечних і радіоактивних речовин, а також постійний контроль за станом здоров'я поголів'я.

У разі виникнення крайньої необхідності має бути передбачений план евакуації тварин.

Для підвищення надійності роботи тваринницьких об'єктів слід забезпечити їх автономним енергопостачанням, передбачивши використання електрогенераторів різних типів, а також можливість приводу насосного обладнання від мобільних транспортних засобів.

Необхідно також організувати заходи з ліквідації наслідків ураження тварин, що включають їх знезараження, знищення та безпечно захоронення.

Окрему увагу слід приділяти організації пожежогасіння в умовах можливої ізоляції господарства, зокрема шляхом створення резервуарів із запасами води або ізольованих водойм, підтримання території ферми у належному санітарному стані без накопичення зайвих, особливо легкозаймистих матеріалів, регулярного огляду джерел водопостачання та засобів пожежогасіння з забезпеченням вільного доступу до них, а також планового проведення навчань персоналу щодо дій у надзвичайних ситуаціях.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі комплексно розглянуто технологічні, конструктивні та інженерні аспекти видалення, транспортування та утилізації гною на тваринницькій фермі з утриманням 100 голів великої рогатої худоби. На основі аналізу сучасних методів і технічних рішень можна сформулювати такі узагальнені висновки.

Гній тваринницьких ферм є цінним вторинним ресурсом, який за умови правильної організації технологічних процесів може ефективно використовуватися як органічне добриво та енергетична сировина. Раціональна система утилізації гною дозволяє суттєво зменшити негативний вплив тваринництва на довкілля, знизити викиди аміаку, метану та закису азоту, а також покращити санітарно-гігієнічні умови виробництва.

Аналіз методів утилізації гною показав, що найбільш перспективними для сучасних ферм ВРХ є комбіновані технологічні схеми, які поєднують механізоване видалення гною, сепарацію на тверду та рідку фракції, біогазову переробку та використання дигестату як добрива. Такі схеми забезпечують високу екологічну ефективність і потенційну енергетичну окупність, незважаючи на вищі початкові капіталовкладення.

Скреперні механізми є доцільним і технічно обґрунтованим рішенням для поздовжнього очищення гнойових проходів у корівниках. Вони характеризуються відносно невеликим енергоспоживанням, можливістю автоматизації та надійною роботою з напівтвердим гноєм, у тому числі з домішками підстилки.

Порівняння двох варіантів розміщення поперечного каналу (в кінці ферми та в центральній частині) показало, що центральне розташування каналу є більш раціональним. Воно дозволяє скоротити тривалість роботи скреперних механізмів, зменшити зношування елементів приводу та тягового органа, а також підвищити загальну експлуатаційну надійність системи.

Шнекові транспортери ефективно виконують функцію поперечного транспортування гною, забезпечуючи герметичність процесу, мінімальні запахові викиди та компактне компонування обладнання. Проведені розрахунки підтвердили можливість вибору тихохідного шнекового механізму з параметрами, що відповідають фізико-механічним властивостям гною ВРХ, при забезпеченні необхідної продуктивності та допустимих напружень у валі шнека.

Інженерні розрахунки на міцність і жорсткість скреперних і шнекових механізмів показали, що прийняті конструктивні рішення перебувають у межах допустимих значень, а застосування коефіцієнтів запасу забезпечує надійну роботу обладнання в умовах нерівномірного навантаження та пускових перевантажень.

Дотримання вимог охорони праці та виробничої безпеки є обов'язковою умовою ефективної експлуатації тваринницької ферми. Раціональна організація вентиляції, використання засобів індивідуального захисту, автоматизація процесів видалення гною та передбачення заходів на випадок надзвичайних ситуацій сприяють збереженню здоров'я персоналу і тварин та підвищують стійкість функціонування об'єкта.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гевко Р. Б., Хомик Н. І., Жаровський О. С., Довбуш Т. А. Деталі машин та основи автоматизованого конструювання : навч. посіб. до лабораторних робіт. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.
2. Гогіташвілі Г. Г., Лапін В. М. Основи охорони праці. Львів : Новий світ, 2000. 230 с.
3. Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Цьонь Г. Б. Зниження металоємності гнучких транспортуючих механізмів // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали міжнар. наук.-техн. конф., Тернопіль, 14–15 травня 2020 р. Тернопіль : ТНТУ, 2020. С. 20–21.
4. Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Бабій А. В., Цьонь Г. Б., Довбуш А. Д. Опір матеріалів : навч. посіб. до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 220 с.
5. Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Цьонь Г. Б. Шляхи зменшення металомісткості гнучких шнекових механізмів // Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин : матеріали міжнар. наук.-техн. конф., Тернопіль, 23–24 вересня 2021 р. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. С. 67–68.
6. Олексюк В. П., Бабій А. В., Сташків М. Я., Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Цьонь Г. Б., Мартинюк В. В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія». Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 93 с.
7. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Блозва І. Й., Довбуш А. Д. Вступ до фаху : навч. посіб. для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 348 с.

8. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Цьонь О. П. Деталі машин : курс лекцій для студентів заочної форми навчання. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2016. 160 с.
9. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Олексюк В. П. Машини та обладнання для тваринництва : навч. посіб. (курс лекцій). Ч. 1. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.
10. Хомик Н. І., Мартинюк В. В., Бабій А. В., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Довбуш А. Д. Агрозахист : навч. посіб. / за заг. ред. Н. І. Хомик. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.
11. Хомик Н. І., Ткаченко І. Г., Довбуш А. Д. Машини та обладнання для тваринництва : навч. посіб. до курсового проєктування для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 100 с.
12. Хомик Н. І., Олексюк В. П., Сташків М. Я., Бабій А. В., Довбуш Т. А. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 180 с.
13. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Олексюк В. П. Основи агрономії : навч. посіб. (курс лекцій). Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 232 с.
14. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Антончак Н. А. Основи агрономії : навч. посіб. до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 320 с.
15. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А. Навчальна практика : метод. посіб. для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 140 с.
16. Babii A., Dovbush T., Khomyk N., Dovbush A., Tson H., Oleksyuk V. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor. *Procedia Structural Integrity*. 2022. Vol. 36. P. 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.025>

17. Dovbush T., Khomyk N., Dovbush A., Palyukh A. Estimation of the load capacity and the strain-stress state of rod transporters. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University*. 2022. Vol. 108, No. 4. P. 5–15.
18. Dovbush T., Dovbush A., Khomyk N., Tson H. Substantiation of flexible screw conveyor metal consumption under productivity maintenance conditions. *Scientific Journal of TNTU*. 2021. Vol. 103, No. 3. P. 33–42.
19. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А. Ознайомча практика : метод. посіб. для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 80 с.
20. Гевко І. Б., Довбуш Т. А., Цьонь О. П., Довбуш А. Д., Станько А. І. Синтез гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями та результати їх дослідження. *Сільськогосподарські машини*. 2021. Вип. 47. С. 63–72.
21. Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Цьонь Г. Б., Довбуш А. Д. Машини та обладнання для тваринництва : навч. посіб. до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 360 с.
22. Nevko R., Lyashuk O., Dzyura V., Dovbush T., Trokhaniak O., Liashko A. Experimental studies of the process of loose material transportation by a pneumatic-screw conveyor. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2021. P. 479–487.
23. Rybak T., Popovych P., Khomyk N., Dovbush T., Tson H. Simulation calculations on quasistatic strength of structural elements of heavily loaded agricultural machines. *Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenka*. 2013. P. 321–326.
24. Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Цьонь Г. Б. Машини та обладнання для тваринництва : навч.-метод. посіб. до виконання курсового проєкту. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2017. 84 с.
25. Dovbush T., Khomyk N., Dovbush A. Research of the mathematical model of the tribosystem head rod-bushing of the traction organ of rod transporters. *Scientific Journal of TNTU*. 2024. Vol. 115, No. 3. P. 112–121.

26. Гевко Р. Б., Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Дячун А. Є., Залуцький С. З., Станько А. І., Довбуш Т. А. Гвинтові конвеєри з еластичними поверхнями. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. 239 с.
27. Дячун А. Є., Довбуш Т. А., Брикса А. О., Никитюк А. Г. Шнеки для змішування із спеціальними елементами // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали міжнар. наук.-техн. конф., Тернопіль, 28–29 травня 2025 р. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. С. 128–129.
28. Tson H., Dovbush T., Martyniuk V., Khomyk N., Stashkiv M., Dovbush A. Development of highly productive technological schemes for the use of agrodrones for plant protection. Scientific Journal of TNTU. 2025. Vol. 118, No. 2. P. 66–78.
29. Хомик Н. І., Довбуш Т. А. Обґрунтування силових факторів навантаженості пруткових транспортерів // Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., Тернопіль, 29–30 вересня 2022 р. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. С. 140–141.
30. Nevko I., Liashuk O., Tson O., Dovbush T., Zalutskyi S., Stanko A. Installation for the investigation of screw working bodies with elastic surfaces and the results of their experimental tests. Scientific Journal of TNTU. 2021. Vol. 103, No. 3. P. 98–109.
31. Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Дунець Б. Розрахунок ресурсу роботи конструктивної системи розкидача добрив // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. Тернопіль : ТНТУ, 2018. С. 102–103.
32. Tson H., Baranovskyi V., Lyashuk O., Dovbush T. Experimental researches of parameters of the technological process of the improved beet tops purifier. Scientific Journal of TNTU. 2018. Vol. 92, No. 4. P. 60–67. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2018.04.060

33. Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Довбуш Т. А., Хорошун Р. В., Гевко І. Б. Проектування трансформаційних причепів для оптимізації площ зберігання в автотранспортних підприємствах. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 12(43), ч. 2. С. 236–243.
34. Олексюк А. В., Довбуш Т. А., Олексюк В. П. Пошук оптимальних конструкцій сепаруючих пристроїв картоплезбиральних машин // Актуальні задачі сучасних технологій : матеріали XIV Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. С. 110–112.
35. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.М. Барановський. За н. . Д.Г. Войтюка. 2-е вид. перероб. та доп. – К. НУБІП України, 2018. 736 с.

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
		20	КРБ 23-408.05.20	Втулка	1		
		21	КРБ 23-408.05.21	Кільце	1		
		22	КРБ 23-408.05.22	Вал	1		
		23	ДКРБ 23-408.05.23	Втулка	1		
				<u>Стандартні вироби</u>			
				Болти ГОСТ7798-70			
		24		M8×25,48,0,16	1		
		25		M10×40,48,0,16	6		
		26		M12×40,48,0,16	6		
		27		M16×55,48,0,16	6		
				Гайки ГОСТ5916-70			
		28		M8-6H,5	1		
		29		M12-6H,5	6		
		30		M16-6H,5	6		
				Гайки ГОСТ11871-73			
		31		M24×1,5.6.05	1		
		32		M36×1,5.6.05	1		
		33		M45×1,5.6.05	1		
				Шайби ГОСТ6402-70			
		34		1065 Г019	11		
		35		1265 Г019	4		
		36		1665 Г019			
				Шайби ГОСТ11872-73			
		37		24,01,05	1		
		38		36,01,05	1		
		39		45,01,05	1		
				КРБ 23-408.05.00 СК			Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			2

