

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

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

**Удосконалення технологічного процес видалення гною на фермі
великої рогатої худоби з розробкою скребкового транспортеру**

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу, групи АІ-2-22
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Палагута Іван Олегович

Керівник: _____ Білоус Ілля Михайлович

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

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

Кафедра інжинірингу технічних систем
Освітній ступінь: «Бакалавр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«05» травня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Палагуті Івану Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення технологічного процес видалення гною на фермі великої рогатої худоби з розробкою скребкового транспортеру

керівник проєкту Білоус Ілля Михайлович, д-р філософії

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

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

2. Строк подання студентом проєкту 05.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Аналіз стану питання процесів та обладнання для видалення гною на фермах великої рогатої худоби. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Характеристика підприємства. 2. Проєктування технологічного процесу видалення гною. 3. Розробка скребкового транспортера. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна оцінка. Загальні висновки. Бібліографічний список

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Генеральний план ферми ВРХ. 2. Корівник. 3. Скребковий транспортер.
4. Креслення деталей. 5. Економічні показники.

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання: 05.05.2026 р._____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Палагута І.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Білоус І.М.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Палагута І.О. Удосконалення технологічного процес видалення гною на фермі великої рогатої худоби з розробкою скребкового транспортеру / Дипломний проєкт, представлений на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» спеціальності 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026, п'ять аркушів графічної частини формату А1.

У проєкті наведено вступ, подано характеристику підприємства та аналіз існуючих технологій і технічних засобів видалення гною на фермах великої рогатої худоби. Обґрунтовано необхідність удосконалення технологічного процесу гноєвидалення та вибір скребкового транспортера як базового технічного рішення. На основі аналізу зоотехнічних вимог і конструктивних особливостей існуючих транспортерів виконано розрахунок параметрів технологічної лінії гноєвидалення та скребкового транспортера. Розроблено конструкцію удосконаленого скребкового транспортера зі збільшеною висотою скребка та гумовою накладкою на його робочій кромці. Запропоновано заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища при експлуатації системи гноєвидалення. Проведено техніко-економічну оцінку запропонованого технічного рішення. Зроблено висновки та складено список використаних джерел. Оформлено додатки.

Ключові слова: ферма великої рогатої худоби, гноєвидалення, видалення гною, тяговий орган, скребковий транспортер, скребок.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА. АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ	10
1.1 Загальні відомості про підприємство	10
1.2 Природно-кліматичні умови.....	11
1.3 Характеристика тваринницької галузі господарства	12
1.4 Аналіз існуючих технологій та систем видалення гною на фермах ВРХ ..	13
1.5 Висновок.....	16
2 ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ ..	18
2.1 Актуальність механізації гноєвидалення.....	18
2.2 Вихідні дані до проєктування.....	18
2.3 Вибір технологічної схеми та обґрунтування типу транспортера	20
2.4 Розрахунок добового виходу гною та продуктивності лінії.....	21
2.5 Вибір та розрахунок потреби в засобах механізації.....	22
2.6 Опис роботи запроєктованої технологічної лінії гноєвидалення	24
2.7 Висновок.....	25
3 РОЗРОБКА СКРЕБКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА	26
3.1 Огляд та аналіз існуючих конструкцій скребкових транспортерів	26
3.2 Обґрунтування наряду удосконалення.....	29
3.3 Розробка удосконаленої конструкції скребкового транспортера	30
3.4 Розрахунок конструктивно-технологічних параметрів скребкового транспортера	31
3.5 Висновок.....	39
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	40
4.1 Вимоги охорони праці при експлуатації скребкового транспортера	40
4.2 Оцінка впливу на навколишнє середовище.....	42
4.3 Висновок.....	43
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА	44
5.1 Вихідні дані для розрахунку.....	44

5.2 Розрахунок показників економічної ефективності	45
5.3 Висновок.....	47
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	48
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	50
ДОДАТКИ	52

ВСТУП

Агропромисловий комплекс України є стратегічно важливою галуззю національної економіки, що забезпечує продовольчу безпеку держави та формує значну частку валового внутрішнього продукту. Серед підгалузей тваринництва молочне скотарство займає провідне місце, забезпечуючи населення молоком та молочними продуктами. Ефективне ведення тваринництва неможливе без належної механізації виробничих процесів, серед яких видалення гною займає особливе місце.

Гноєвидалення є одним із найбільш трудомістких і енергоємних технологічних процесів у тваринництві. За статистичними даними, на виконання цієї операції припадає від 30 до 40 % загальних затрат праці на обслуговування великої рогатої худоби (ВРХ) при прив'язному утриманні [1]. Несвоєчасне або неефективне прибирання гнойових мас негативно впливає на санітарно-гігієнічний стан тваринницьких приміщень, призводить до зниження продуктивності тварин, поширення захворювань і погіршення якості продукції. Крім того, накопичення гною без належної утилізації становить серйозну загрозу для навколишнього природного середовища.

Більшість вітчизняних тваринницьких підприємств використовують обладнання, розроблене ще в радянський період. Зокрема, широко поширені скребкові транспортери типу ТСН-3.0Б та їхні аналоги, що вже вичерпали свій технічний ресурс або потребують суттєвого удосконалення [2]. Серед характерних недоліків такого обладнання – підвищене зношування скребків та тягового ланцюга, нерівномірне переміщення гнойової маси вздовж каналу, значні витрати електроенергії та висока частота виходу з ладу вузлів приводу. У поєднанні з відсутністю систематичного технічного обслуговування це призводить до суттєвого підвищення витрат на утримання тварин і зниження рентабельності ферм.

Актуальність теми дипломного проєкту зумовлена необхідністю модернізації технологічного обладнання для гноєвидалення на молочно-

товарних фермах, зниження трудових і енергетичних витрат, покращення санітарного стану виробничих приміщень та підвищення загальної ефективності ведення тваринництва. Розробка удосконаленої конструкції скребкового транспортера є практично значущим завданням, вирішення якого сприяє впровадженню ресурсозберігаючих технологій у сільськогосподарське виробництво.

Метою дипломного проєкту є удосконалення технологічного процесу видалення гною на фермі великої рогатої худоби шляхом розробки конструкції скребкового транспортера з покращеними технічними та експлуатаційними характеристиками.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- 1) проаналізувати стан виробництва у господарстві та визначити рівень механізації процесу гноєвидалення;
- 2) здійснити порівняльний аналіз існуючих систем і засобів механізації гноєвидалення та обґрунтувати вибір скребкового транспортера як базового технічного рішення;
- 3) розробити та обґрунтувати конструкцію удосконаленого скребкового транспортера з поліпшеними робочими органами;
- 4) виконати інженерні розрахунки конструктивно-технологічних параметрів транспортера та підібрати стандартне обладнання для приводу;
- 5) оцінити заходи з охорони праці та техніко-економічну ефективність запропонованого технічного рішення.

Об'єктом дослідження є технологічний процес видалення гною на молочно-товарній фермі з прив'язним утриманням великої рогатої худоби.

Предметом дослідження є конструктивно-технологічні параметри скребкового транспортера для видалення гною.

Практична значущість роботи полягає у розробці технічного рішення, придатного для впровадження у реальних виробничих умовах із метою зниження трудомісткості та підвищення якості гноєвидалення на фермах ВРХ Дніпропетровської області.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА. АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

1.1 Загальні відомості про підприємство

Базовим підприємством для виконання дипломного проєкту є фермерське господарство «Дніпро-Агро» (далі – господарство), розташоване у Петропавлівському районі Дніпропетровської області, поблизу с. Вільне, за 18 км від районного центру — смт Петропавлівка.

Господарство створено у 2008 році на базі колективного сільськогосподарського підприємства і функціонує як фермерське господарство відповідно до чинного законодавства України. Загальна площа сільськогосподарських угідь становить 1 840 га, з яких рілля займає 1 680 га, пасовища – 120 га, сінокоси та багаторічні насадження – решту площ.

Основними напрямками діяльності господарства є:

- молочне скотарство (основний напрям);
- вирощування зернових та олійних культур;
- заготівля кормів власного виробництва.

Поголів'я великої рогатої худоби станом на початок 2024 року становить 248 голів, із них: дійних корів – 180 голів, нетелей і телиць – 42 голови, молодняк – 26 голів. Середньодобовий надій молока від однієї корови складає 14,5 кг, річна продуктивність – 5 290 кг.

Виробнича база господарства включає: два корівники на 100 голів кожний, телятник, кормоцех, зерносховище, майстерню для технічного обслуговування та ремонту машин, гараж. Загальна площа виробничих споруд — близько 3 800 м².

Тваринницькі приміщення збудовані у 1985–1990 рр., капітальний ремонт здійснювався у 2015 р. Зовнішній стан приміщень задовільний, проте інженерні системи – вентиляція, гноєвидалення, напувалки — частково зношені та потребують модернізації.

Господарство має власний парк сільськогосподарської техніки: трактори МТЗ-82.1 (3 од.), МТЗ-1025 (1 од.), кормозмішувач-роздавач, кормозбиральний комбайн, плуги, культиватори, сівалки та інше обладнання.

Чисельність персоналу – 34 особи, з яких у тваринництві задіяно 18 осіб. Господарство є прибутковим, орієнтоване на розширення молочного виробництва та поліпшення якості технологічних процесів.

1.2 Природно-кліматичні умови

Господарство «Дніпро-Агро» розташоване в межах Придніпровської степової рівнини в зоні північного степу Дніпропетровської області. Природно-кліматичні умови регіону суттєво впливають на організацію виробничих процесів у тваринництві, зокрема на вибір системи утримання худоби та режим роботи технологічного обладнання.

Клімат континентальний, помірно посушливий. Середньорічна температура повітря становить $+8,5^{\circ}\text{C}$. Найхолодніший місяць – січень, середня температура якого сягає $-5,8^{\circ}\text{C}$, найтеплішим є липень із середньою температурою $+22,4^{\circ}\text{C}$. Абсолютний мінімум температури сягає -30°C , абсолютний максимум – $+40^{\circ}\text{C}$. Тривалість опалювального сезону становить 175–185 діб [3].

Кількість опадів на рік коливається в межах 420–480 мм. Найбільша кількість опадів припадає на травень–липень (55–65 мм/міс.), найменша – на лютий–березень (20–30 мм/міс.). Сніговий покрив нестійкий, висота його рідко перевищує 15–20 см. Глибина промерзання ґрунту в суворі зими може досягати 0,8–1,2 м.

Переважає напрям вітру в зимово-весняний період – північно-східний і східний, у літньо-осінній – північно-західний і західний. Середня швидкість вітру – 4,2–5,1 м/с, максимальна порівняно часто досягає 15–18 м/с. Тривалість вегетаційного періоду – 195–210 діб.

Ґрунтовий покрив господарства представлений чорноземами звичайними важко- та середньосуглинковими (60 %), чорноземами залишково-луговими (25 %) та лучно-чорноземними ґрунтами (15 %). Вміст гумусу в орному шарі – 4,2–5,0 %, реакція ґрунтового розчину – нейтральна (рН 6,8–7,2) [3].

Зазначені ґрунтово-кліматичні умови визначають доцільність стійлового утримання ВРХ протягом 190–200 діб на рік (з жовтня по квітень), що зумовлює значне накопичення гною в приміщеннях і підвищує актуальність механізованого гноєвидалення. Тривалий стійловий період також вимагає надійної роботи обладнання за знижених температур та підвищеної вологості в тваринницьких приміщеннях.

1.3 Характеристика тваринницької галузі господарства

Тваринництво є головним виробничим напрямом ФГ «Дніпро-Агро». Молочно-товарна ферма (МТФ) господарства розрахована на утримання 200 корів і включає два корівники лінійного типу (будівля № 1 та будівля № 2) місткістю по 100 голів кожна, а також телятник на 70 голів.

Система утримання худоби – прив'язна, стійлова. Тварини розміщені в стійлах шириною 1,2 м та довжиною 2 м. Підстилкою є солома, яку задають у нормі 2–3 кг на голову на добу в зимовий період і 1,5 кг у теплий. Гній накопичується у поздовжніх навозних каналах шириною 0,5 м та глибиною 0,15–0,20 м.

Годівля тварин – дворазова, здійснюється стаціонарними кормороздавачами КТУ-10А. Напування – з групових автопоїлок ПА-1А, встановлених на кожне стійло. Доїння здійснюється доїльними установками типу АДМ-8А.

Рівень механізації технологічних процесів на фермі становить: роздача кормів – 100 %, доїння – 100 %, напування – 95 %, видалення гною – 55 %. Частка

ручної праці у гноєвидаленні залишається суттєвою, оскільки діючі скребкові транспортери (типу ТСН-3.0Б, 1989–1992 р.в.) зношені й часто виходять з ладу.

Добовий вихід гною на одну корову масою 550–600 кг при нормі згодовування кормів і внесенні підстилки становить орієнтовно 55–60 кг. Таким чином, загальний добовий вихід гною від стада 200 голів дорівнює 11000–12000 кг (11–12 т). За стійловий період (190 діб) кількість гною, що підлягає видаленню, сягає 2090–2280 т.

Гній зберігається у наземному залізобетонному гноєсховищі місткістю 800 м³, розташованому на відстані 60 м від корівників. Після вивозу та компостування гній використовується як органічне добриво на орних землях господарства.

Стан виробничої бази МТФ потребує суттєвих технічних покращень. Наявне гноєвидалювальне обладнання не забезпечує встановленої кратності прибирання (2–3 рази на добу) через часті поломки. Це призводить до захащення стійлових проходів, погіршення мікроклімату та підвищення ризику захворювань тварин. Отже, модернізація системи гноєвидалення є пріоритетним завданням для підвищення ефективності роботи ферми.

1.4 Аналіз існуючих технологій та систем видалення гною на фермах ВРХ

У сучасній практиці тваринництва застосовуються різноманітні системи і технічні засоби для видалення гною з тваринницьких приміщень. Вибір конкретного рішення визначається системою утримання тварин, архітектурно-планувальними особливостями приміщень, фізичними властивостями гнойових мас та техніко-економічними умовами господарства [1, 4].

Основними системами гноєвидалення, що застосовуються на фермах ВРХ, є: самопливна система, механічне гноєвидалення за допомогою скребкових

транспортерів, дельта-скреперні установки, гідравлічне змивання та мобільні засоби механізації.

Самопливна система передбачає видалення рідкого гною самопливом через нахилені канали у прямок-накопичувач. Система застосовується виключно за безпідстилкового або з незначним рівнем підстилки утримання та при відповідній консистенції гнойових мас (вологість 92–95 %). Перевагами системи є відсутність механічних вузлів і низькі капіталовкладення. Серед суттєвих недоліків — необхідність влаштування значних ухилів підлоги (1,5–3 %), виділення шкідливих газів у приміщення, неможливість застосування при прив'язному утриманні із соломистою підстилкою [4].

Механічне гноєвидалення скребковими транспортерами є найпоширенішим методом на фермах з прив'язним утриманням у вітчизняних господарствах. Принцип дії базується на переміщенні гнойової маси вздовж навозного каналу за допомогою ланцюга зі скребками, які здійснюють зворотно-поступальний або замкнений кільцевий рух. Найбільшого поширення набули транспортери типу ТСН-3.0Б та ТСН-160, розроблені ще в радянський період.

Транспортер ТСН-3.0Б є горизонтальним кільцевим скребковим конвеєром, що укладається в навозному каналі та переміщує гній до поперечного кінцевого каналу або люка для вивантаження. Технічна характеристика ТСН-3.0Б: продуктивність — 3,0 т/год, швидкість ланцюга — 0,19 м/с, потужність електродвигуна — 1,1 кВт, довжина — до 90 м [5]. Транспортер ТСН-160 має аналогічний принцип дії, але підвищену продуктивність до 5,0 т/год і більший ресурс ланцюга.

Дельта-скрепери (або бульдозерні скребки) являють собою V-подібний або прямолінійний скребок, що переміщується по підлозі тваринницького приміщення за допомогою тросового або ланцюгового приводу. Ці пристрої добре зарекомендували себе при безприв'язному і боксовому утриманні, де є широкі кормо-гнойові проходи. При прив'язному утриманні застосування дельта-скреперів суттєво обмежене через наявність постійно прив'язаних тварин і технологічне обладнання у проходах [2].

Гідравлічне видалення гною здійснюється шляхом його змивання водою по каналах у гноєзбірник. Висока ефективність і швидкість прибирання є беззаперечними перевагами методу. Проте суттєві витрати води (до 100–150 л на голову на добу), значне збільшення обсягу рідкого гною, ускладнення його переробки та зберігання, а також екологічні обмеження роблять цей метод малоперспективним для більшості вітчизняних ферм [1].

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика систем гноєвидалення на фермах ВРХ

Система гноєвидалення	Принцип дії	Переваги	Недоліки	Рекомендація для ферм ВРХ
Самопливна система	Гній стікає каналами під ухилом	Не потребує механізмів, низькі витрати	Потребує великих ухилів, запаху не усуває	Обмежено (невелике поголів'я)
Скребковий транспортер ТСН-3.0Б	Ланцюг зі скребками переміщує гній	Висока надійність, прийнятна продуктивність	Зношування скребків, висока енергоємність	Рекомендовано (прив'язне утримання)
Скребковий транспортер ТСН-160	Аналог ТСН-3.0Б, підвищена продуктивність	Більша довжина, продуктивніший	Складніший привод, вищі витрати на ТО	Рекомендовано (великі ферми)
Дельта-скрепер (бульдозерний тип)	Скребок рухається по підлозі	Менше вузлів, просте обслуговування	Не підходить для стійлового утримання	Обмежено (вільне утримання)
Гідравлічне змивання	Гній змивається потоком води	Висока швидкість прибирання	Великі витрати води, проблема гноєсховища	Не рекомендовано (екологічні обмеження)
Мобільні засоби (трактор, екскаватор)	Прибирання технікою вручну або за допомогою ковша	Гнучкість у застосуванні	Висока трудомісткість, непридатно при прив'язаному утриманні	Допоміжне або резервне використання

Мобільні засоби – трактори з навантажувачами або фронтальними ковшами – застосовуються переважно як допоміжні або резервні. При прив'язному утриманні вони фізично не можуть бути задіяні безпосередньо в навозних каналах, тому їх використання обмежується вивезенням гною з гноєзбірника за межі ферми.

Порівняльна характеристика описаних систем гноєвидалення наведена в таблиці 1.1.

На основі аналізу наведених у таблиці 1.1 даних можна зробити висновок, що для умов ФГ «Дніпро-Агро» з прив'язним утриманням 200 корів та соломистою підстилкою найбільш придатним є механічне гноєвидалення за допомогою кільцевого скребкового транспортера. Цей тип обладнання відповідає зоотехнічним вимогам щодо кратності прибирання та консистенції гнойової маси, забезпечує необхідну продуктивність і може бути вмонтований у діючу конструкцію навозних каналів без їх суттєвої перебудови.

Разом із тим, діючі конструкції транспортерів ТСН-3.0Б мають ряд конструктивних недоліків, які знижують ефективність їх роботи та підвищують витрати на технічне обслуговування. Це зумовлює необхідність удосконалення конструкції транспортера, передусім його робочих органів – скребків, що і є предметом розробки у даному дипломному проєкті.

1.5 Висновок

За результатами аналізу, проведеного у першому розділі, можна зробити такі висновки. ФГ «Дніпро-Агро» Петропавлівського району Дніпропетровської області є типовим представником молочно-товарних господарств регіону з поголів'ям ВРХ 248 голів, у тому числі 180 дійних корів. Господарство функціонує в умовах посушливого степового клімату, що зумовлює тривалий

стійловий період (190–200 діб) і щоденну необхідність видалення значних обсягів гною – до 11–12 т на добу.

Аналіз стану тваринницької галузі виявив, що рівень механізації гноєвидалення у господарстві є недостатнім – лише 55 % через зношеність наявних скребкових транспортерів ТСН-3.0Б. Часті поломки обладнання призводять до порушення режиму прибирання, погіршення санітарно-гігієнічного стану приміщень і зниження продуктивності тварин.

Порівняльний аналіз існуючих систем гноєвидалення показав, що для умов прив'язного утримання ВРХ з соломистою підстилкою оптимальним є застосування кільцевого скребкового транспортера. Обраний напрям удосконалення – модернізація конструкції скребків шляхом збільшення висоти захоплення та введення гумових накладок на робочу кромку – дозволить підвищити ефективність переміщення гнойової маси, знизити питомі енерговитрати та збільшити термін служби тягового ланцюга. Це визначає предмет і зміст наступних розділів дипломного проєкту.

2 ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ

2.1 Актуальність механізації гноєвидалення

Видалення гною є одним із найбільш трудомістких і матеріаломістких процесів у тваринництві. За нормативними даними, при прив'язному утриманні великої рогатої худоби на видалення гною припадає від 30 до 40 % загальної трудомісткості обслуговування стада [1]. У розрахунку на одного робітника ця операція займає від 1,5 до 3 годин на добу, що суттєво обмежує продуктивність праці та збільшує собівартість молока.

Незадовільний санітарний стан тваринницьких приміщень, спричинений несвоєчасним або неповним прибиранням гнойових мас, безпосередньо знижує продуктивність корів. Накопичення гною в стійлах підвищує вологість і загазованість повітря, створює вогнища патогенної мікрофлори та збільшує захворюваність тварин на маститит, захворювання кінцівок і органів дихання. Встановлено, що при порушенні кратності прибирання (менше двох разів на добу) добовий надій молока знижується на 5–8 % [2].

Механізація гноєвидалення дозволяє вирішити одразу кілька завдань: скоротити витрати ручної праці, забезпечити встановлений санітарний режим у приміщеннях, знизити рівень аміаку та сірководню до нормативних значень і підвищити рентабельність молочного виробництва. Застосування стаціонарних скребкових транспортерів у поєднанні з похилим конвеєром для подачі гною до гноєсховища забезпечує практично повну механізацію цього процесу без залучення ручної праці [3].

2.2 Вихідні дані до проєктування

Проєктування технологічного процесу гноєвидалення виконано для умов молочно-товарної ферми ФГ «Дніпро-Агро» Петропавлівського району Дніпропетровської області. Вихідні дані для розрахунку наведено нижче.

Поголів'я ферми: 200 дійних корів. Система утримання: прив'язна, стійлова. Тип підстилки: солома з нормою задавання 2 кг/гол·добу. Маса однієї тварини: 550–600 кг. Добовий вихід гною від однієї голови з урахуванням підстилки та втрат – 55 кг. Консистенція гнойової маси – напівтверда (вологість 75–82 %). Щільність гнойової маси – 900 кг/м³.

Планування тваринницьких приміщень: два корівники лінійного типу по 100 голів кожен, двоє стійлових рядів у кожному корівнику, ширина навозного каналу – 0,5 м, глибина – 0,15 м. Довжина поздовжнього навозного каналу одного корівника – 60 м.

Зоотехнічні вимоги: кратність прибирання гною – 2 рази на добу (вранці та ввечері), тривалість одного циклу прибирання – не більше 30–40 хвилин. Допустимий залишок гною в каналі після прибирання – не більше 5 % від добового виходу [4].

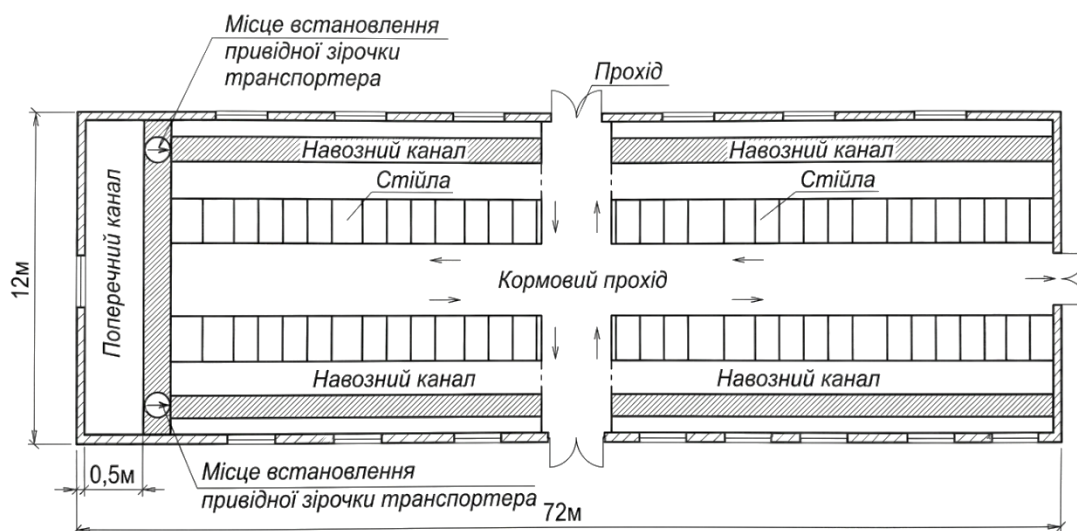


Рисунок 2.1 – Схема планування корівника та розміщення навозних каналів

На рисунку 2.1 показано поперечний і поздовжній розрізи корівника з позначенням стійлових рядів, кормового проходу та навозних каналів.

2.3 Вибір технологічної схеми та обґрунтування типу транспортера

Для умов ФГ «Дніпро-Агро» розглянуто три варіанти організації технологічного процесу гноєвидалення.

Варіант 1 – самопливна система з рідким гноєм. Передбачає безпідстилке утримання і змивання гнойових мас водою. Не прийнятний для даного господарства, оскільки застосовується підстилке утримання з соломною, а рідкий гній потребує спеціальних сховищ і суттєво ускладнює внесення добрив.

Варіант 2 – мобільне прибирання трактором із відвальним навантажувачем. Потребує переобладнання кормових проходів і постійного перебування трактора в приміщенні, що порушує санітарні норми та збільшує трудомісткість. Крім того, при прив'язному утриманні тварини не можуть бути виведені на час прибирання.

Варіант 3 – механічне прибирання кільцевим скребковим транспортером. Повністю відповідає умовам прив'язного утримання з соломистою підстилкою. Скребки переміщують гнойову масу напівтвердої консистенції вздовж поздовжнього навозного каналу до поперечного лотка, звідки похилим транспортером гній подається до гноєсховища. Процес може бути повністю автоматизований [3].

Варіант 3 прийнятий як проєктний. Для реалізації обраної схеми (рис. 2.2) прийнято до встановлення горизонтальний кільцевий скребковий транспортер типу ТСН (удосконалений) у поєднанні з похилим скребковим транспортером для подачі гною на вивантаження.

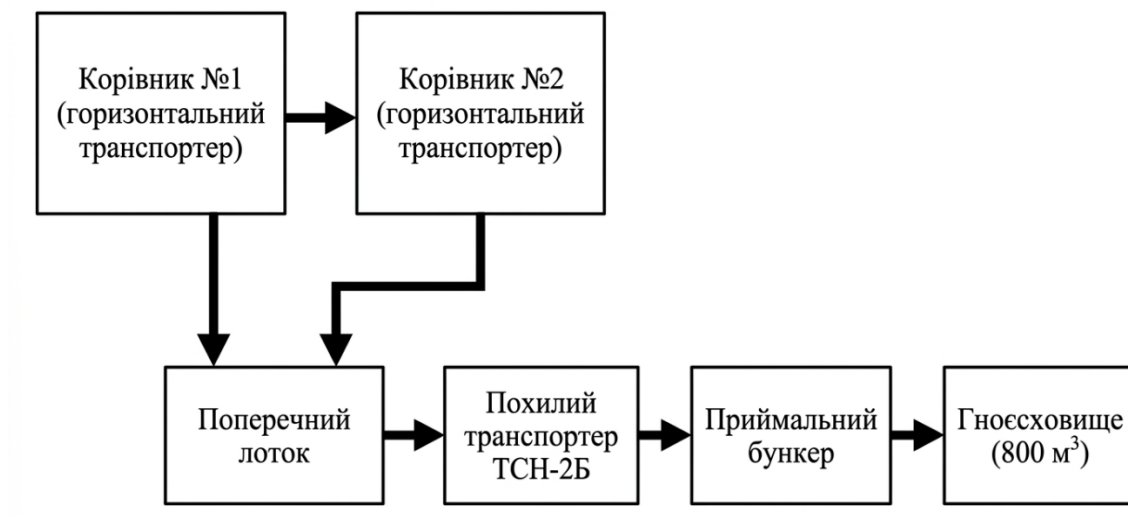


Рисунок 2.2 – Технологічна схема гноєвидалення

2.4 Розрахунок добового виходу гною та продуктивності лінії

Добовий вихід гнойової маси визначається з урахуванням кількості тварин, норми виділення екскрементів і задавання підстилки.

Добовий вихід гною від усього стада:

$$Q_{\text{доб}} = q \cdot n, \quad (2.1)$$

де q – добовий вихід гнойової маси від однієї голови, кг/гол;

n – поголів'я корів, гол.

Підставляємо значення:

$$Q_{\text{доб}} = 55 \cdot 200 = 11000 \text{ кг} = 11 \text{ т.}$$

Річний вихід гною за стійловий період (190 діб):

$$Q_{\text{рік}} = Q_{\text{доб}} \cdot T_{\text{ст}}, \quad (2.2)$$

де $T_{\text{ст}}$ – тривалість стійлового періоду, діб.

$$Q_{\text{рік}} = 11000 \cdot 190 = 2090000 \text{ кг} = 2090 \text{ т}.$$

Необхідна продуктивність лінії гноєвидалення визначається, виходячи з необхідності прибирання всього добового виходу гною за один цикл роботи ($t_{\text{ц}} = 0,5$ год):

$$P_{\text{л}} = \frac{Q_{\text{доб}}}{k_{\text{ц}} \cdot t_{\text{ц}}}, \quad (2.3)$$

де $k_{\text{ц}}$ – кількість циклів прибирання за добу ($k_{\text{ц}} = 2$);

$t_{\text{ц}}$ – тривалість одного циклу, год ($t_{\text{ц}} = 0,5$ год).

$$P_{\text{л}} = \frac{11\,000}{2 \cdot 0,5} = 11\,000 \text{ кг/год} = 11 \text{ т/год}.$$

Оскільки гноєвидалення здійснюється одночасно в двох корівниках на 100 голів кожен, необхідна продуктивність одного горизонтального транспортера становить:

$$P_{\text{т}} = \frac{P_{\text{л}}}{2} = \frac{11\,000}{2} = 5\,500 \text{ кг/год} = 5,5 \text{ т/год}. \quad (2.4)$$

Отримане значення продуктивності є вихідним для підбору типу та кількості транспортерів.

2.5 Вибір та розрахунок потреби в засобах механізації

На підставі розрахованих параметрів виконано підбір засобів механізації для технологічної лінії гноєвидалення.

Горизонтальний скребковий транспортер. За умовою $P_T \geq 5,5$ т/год прийнятий до встановлення удосконалений горизонтальний скребковий транспортер на базі ТСН-3.0Б із модернізованими скребками. Технічна продуктивність прийнятого транспортера – 6,0 т/год, що забезпечує необхідний запас ($k_3 = 6,0/5,5 = 1,09$). Кількість горизонтальних транспортерів – 2 шт. (по одному в кожному корівнику).

Похилий транспортер. Для подачі гнойової маси від поперечного лотка до гноєсховища прийнятий похилий скребковий транспортер ТСН-2Б. Кут нахилу – 35° , продуктивність – 16 т/год (з перевантажувальним бункером). Кількість – 1 шт.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика засобів механізації гноєвидалення

Показник	Горизонт. транспортер (ТСН-3.0Б удоск.)	Похилий транспортер ТСН-2Б
Продуктивність, т/год	6,0	16,0
Швидкість ланцюга, м/с	0,19	0,25
Довжина, м	до 90	до 8
Крок ланцюга, мм	122	80
Крок скребків, мм	1000	320
Потужність ел/двигуна, кВт	1,1	3,0
Напруга живлення, В	380	380
Маса, кг	750	430
Кількість, шт.	2	1

Загальна встановлена потужність обладнання лінії гноєвидалення:

$$N_{\text{заг}} = 2 \cdot 2,2 + 1 \cdot 3,0 = 7,4 \text{ кВт.} \quad (2.5)$$

Річне споживання електроенергії при двох циклах прибирання по 0,5 год за стійловий період 190 діб:

$$W = N_{\text{заг}} \cdot t_{\text{доб}} \cdot T_{\text{ст}} = 7,4 \cdot 1,0 \cdot 190 = 1\,406 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (2.6)$$

2.6 Опис роботи запроєктованої технологічної лінії гноєвидалення

Технологічна лінія гноєвидалення запускається двічі на добу – зранку (приблизно о 6:00) та ввечері (близько 18:00) після роздавання кормів і доїння.

Перед початком роботи оператор перевіряє стан ланцюга та скребків, відсутність сторонніх предметів у навозних каналах, справність захисних огорожень і надійність кріплення кришок поперечного каналу. Пуск здійснюється з центрального щита керування послідовно: спочатку вмикається похилий транспортер (ТСН-2Б), потім – горизонтальні транспортери обох корівників.

Горизонтальні транспортери переміщують гнойову масу вздовж поздовжніх навозних каналів. Скребки, закріплені на тяговому ланцюзі з кроком 1000 мм, захоплюють гній і просувають його до поперечного лотка, розташованого в торці корівника. Завдяки замкненій кільцевій конструкції транспортера ланцюг зі скребками рухається безперервно, а скребки на зворотному ході піднімаються над дном каналу та не зачіпають уже прибрані ділянки.

З поперечного лотка гнойова маса самопливом або за допомогою скребка надходить до приймального жолоба похилого транспортера ТСН-2Б. Похилий транспортер подає гній під кутом 35° на висоту до 2,5 м і вивантажує його в приймальний бункер, з якого гній надходить до гноєсховища.

Після завершення прибирання (орієнтовно через 25–35 хв) спочатку зупиняються горизонтальні транспортери, потім – через 2–3 хвилини – похилий, для повного вивантаження залишків гнойової маси. Оператор оглядає канали та

за потреби зачищає залишки вручну скребком. Загальна тривалість одного циклу, включаючи огляд і ручне доприбирання, становить 30–40 хв.

Описана схема роботи забезпечує прибирання всього добового виходу гною (11 т) за два цикли та підтримку нормативного санітарного стану в тваринницьких приміщеннях.

2.7 Висновок

У другому розділі виконано проєктування технологічного процесу гноєвидалення для молочно-товарної ферми ФГ «Дніпро-Агро» з поголів'ям 200 корів при прив'язному утриманні.

За результатами розрахунків встановлено: добовий вихід гнойової маси від усього стада – 11 т; необхідна продуктивність однієї лінії гноєвидалення (один корівник) – 5,5 т/год. Для реалізації обраної технологічної схеми підібрано два горизонтальні кільцеві скребкові транспортери на базі ТСН-3.0Б (удосконалені) продуктивністю 6,0 т/год та один похилий транспортер ТСН-2Б продуктивністю 16,0 т/год. Загальна встановлена потужність – 7,4 кВт, річне споживання електроенергії – близько 1 406 кВт·год.

Розроблена технологічна лінія відповідає зоотехнічним вимогам щодо кратності та тривалості прибирання гною і є основою для конструктивної розробки удосконаленого скребкового транспортера у Розділі 3.

3 РОЗРОБКА СКРЕБКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА

3.1 Огляд та аналіз існуючих конструкцій скребкових транспортерів

Аналіз вітчизняного та закордонного ринку дозволяє виділити кілька типів скребкових транспортерів, які найчастіше застосовуються на фермах ВРХ.

Транспортер ТСН-3.0Б (рис. 3.1) є базовою машиною вітчизняного виробництва для прив'язного утримання худоби. Конструктивно являє собою замкнений ланцюг із привареними плоскими сталевими скребками, що рухається у П-подібному жолобі. Привід здійснюється від електродвигуна потужністю 1,1 кВт через черв'ячний редуктор. Довжина лінії до 100 м, продуктивність до 4,0 т/год [5]. До недоліків відносяться: висока зношуваність скребків, незадовільне очищення жолоба при роботі з рідким гноєм, значний рівень шуму.

Транспортер ТСН-160 є розвитком серії ТСН і розрахований на ферми з більшою протяжністю гноєпроводів. Скребки виготовлені з легованої сталі, жолоб має удосконалений профіль. Продуктивність до 5,5 т/год при потужності двигуна 3,0 кВт. Порівняно з ТСН-3.0Б ресурс ланцюга збільшено на 20–25 %, однак вартість обладнання вища приблизно на 35 % [5].

Скребковий конвеєр КСН-Ф-100 та його аналоги від ряду українських підприємств характеризуються використанням комбінованих скребків (сталь + гума) та гнучкого ланцюга зі збільшеним кроком. Це знижує питомі енерговитрати і підвищує якість очищення. Ресурс до 18 000 моточасів, рівень шуму 68–71 дБА.

Закордонні зразки (Lely, DeLaval, GEA) відзначаються застосуванням поліуретанових скребків і підвищеним ресурсом (до 25 000 моточасів), але висока ціна та складність обслуговування обмежують їх поширення у вітчизняних господарствах [4].

Порівняльна характеристика основних конструкцій наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика конструкцій скребкових транспортерів

Характеристика	ТСН-3.0Б	ТСН-160	КСН-Ф-100 / аналоги
Тип приводу	Електродвигун	Електродвигун	Електродвигун / гідравліка
Продуктивність, т/год	До 4,0	До 5,5	До 6,0
Потужність двигуна, кВт	1,1–2,2	2,2–3,0	3,0–4,0
Тип скребка	Сталевий, плаский	Сталевий, посилений	Гумований / комбінований
Довжина транспортера, м	До 100	До 160	До 120
Ресурс ланцюга, мот/год	10000–12000	12000–15000	15000–18000
Рівень шуму, дБА	72–75	70–73	68–71
Питомі енерговитрати, кВт·год/т	0,275–0,55	0,4–0,55	0,5–0,67
Зношуваність скребка	Висока	Середня	Низька
Вартість обладнання, тис. грн	38–45	52–60	65–80

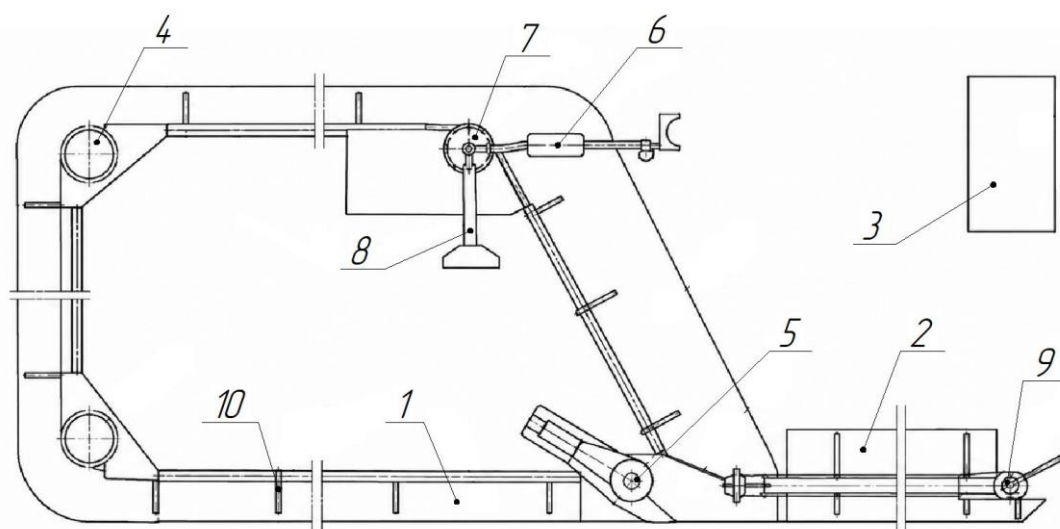
Аналіз таблиці 3.1 свідчить, що жоден із серійних вітчизняних зразків не поєднує прийнятну ціну, низькі енерговитрати та достатній ресурс скребків одночасно. Це підтверджує доцільність удосконалення базової конструкції.

У рамках патентного аналізу розглянуто три технічні рішення (табл. 3.2), що стосуються конструкції скребка та системи натягу ланцюга.

Таблиця 3.2 – Результати патентного аналізу

№ патенту / джерело	Рік	Сутність технічного рішення
UA 104321 U	2015	Скребок із гумовою накладкою на робочій кромці для зменшення залишкового гною на підлозі
UA 118765 U	2017	Ланцюговий транспортер з регульованим натягом та пружинним компенсатором видовження ланцюга
UA 141230 C2	2020	Комбінований скребок зі сталюю несучою пластиною та змінними гумовими секціями; зниження пошкодження підлоги на 30 %

На підставі проведеного патентного аналізу встановлено, що найбільш перспективним є напрям гумування робочої кромки скребка у поєднанні зі збільшенням його висоти, що узгоджується із обраним напрямом удосконалення [2, 3].



1 – горизонтальний транспортер; 2 – похилий транспортер; 3 – пристрій керування; 4 – поворотний пристрій; 5 – привід горизонтального транспортера; 6 – натяжний гвинт; 7 – зірочка натяжного пристрою; 8 – ричаг натяжного пристрою; 9 – привід похиленого транспортера; 10 – скребки.

Рисунок 3.1 – Схема скребкового транспортера ТСН-3.0Б

3.2 Обґрунтування напрямку удосконалення

Транспортери типу ТСН-3.0Б тривалий час залишаються основним засобом механічного гноєвидалення на прив'язних фермах. Поряд з очевидними перевагами ці машини мають суттєві конструктивні недоліки, що знижують їх ефективність і збільшують операційні витрати господарства [1].

Першим і найвагомим недоліком є висока швидкість зношування робочих скребків. Плаский сталевий скребок, взаємодіючи з абразивною бетонною підлогою, втрачає геометричні розміри вже через 1000–2000 мотогодин, що призводить до неповного захоплення гнойової маси та збільшення кількості залишків у гноєпроводі. За даними досліджень [2], такий залишок сягає 15–20 % від загального об'єму, що змушує операторів виконувати додаткове ручне доочищення.

Другим недоліком є нерівномірне переміщення гнойової маси вздовж жолоба. При горизонтальному переміщенні неоднорідна маса (підстилка, рідка фракція, кал) розподіляється нерівномірно між скребками, що спричиняє пульсуючі навантаження на ланцюг і підвищений знос привідних зірочок [3].

Третій недолік полягає у підвищених питомих енерговитратах. За нормативними показниками питома споживання електроенергії ТСН-3.0Б становить 0,55–0,65 кВт·год/т, тоді як сучасні зразки закордонних виробників досягають 0,38–0,45 кВт·год/т [4]. Різниця зумовлена недосконалою геометрією скребка та підвищеним тертям ланцюга об жолоб через нерівномірне навантаження.

Виходячи з аналізу зазначених недоліків, напрямом удосконалення обрано модифікацію конструкції скребка: збільшення висоти захоплюючої кромки до 120 мм та встановлення гумової накладки на робочій поверхні. Це дозволить підвищити ступінь вибирання гною, знизити ударні навантаження на ланцюг і зменшити питомі енерговитрати на 12–18 %.

3.3 Розробка удосконаленої конструкції скребкового транспортера

За результатами аналізу недоліків серійних конструкцій та патентного пошуку запропоновано удосконалену конструкцію скребкового транспортера. Основним технічним рішенням є застосування скребка збільшеної висоти (120 мм замість стандартних 80 мм) з гумовою накладкою на робочій кромці товщиною 5 мм. Гума марки МБС з твердістю 60–65 одиниць за Шором А забезпечує пружний контакт із підлогою, знижує ударні навантаження та сповільнює абразивне зношення.

Загальна конструкція транспортера включає такі складові вузли та деталі:

1. Тяговий орган – сталевий пластинчастий ланцюг з кроком 122 мм та розривним зусиллям не менше 50 кН. Ланцюг є замкненим і розміщується у горизонтальному жолобі-лотку по всій довжині гноєпроводу.

2. Скребки – встановлюються на ланцюзі з кроком 1000 мм. Несуча пластина виготовлена зі сталі Ст3 завтовшки 6 мм, висота 120 мм. На нижній кромці кріпиться гумова накладка за допомогою болтів М8 з потайною головкою.

3. Жолоб-лоток – має П-подібний профіль, ширина 310 мм, висота бортів 150 мм.

4. Привідна зірочка – з'єднана з редуктором. Матеріал – сталь 45, кількість зубців 8, крок відповідає кроку ланцюга.

5. Натяжна зірочка – має гвинтовий механізм натягу, що дозволяє регулювати провисання ланцюга у межах 20–40 мм.

6. Редуктор – черв'ячний одноступінчастий, передаточне число $i = 40$. Забезпечує необхідну швидкість руху ланцюга 0,2 м/с.

7. Електродвигун – асинхронний трифазний типу АИР, потужність підбирається розрахунком (підрозділ 3.4).

Принцип роботи удосконаленого транспортера аналогічний серійному: при вмиканні електродвигуна крутний момент через редуктор передається на привідну зірочку, яка переміщує ланцюг зі скребками вздовж жолоба. Скребки

захоплюють гнойову масу та переміщують її до похилого транспортера. Завдяки збільшеній висоті захоплення та гумовій накладці ступінь вибирання гною підвищується до 95–97 % порівняно з 80–82 % у базовій конструкції [2].

Обслуговування транспортера передбачає: щоденний огляд стану ланцюга та скребків після завершення роботи; щотижневе змащення ланцюга та перевірку натягу; щомісячну перевірку кріплення гумових накладок та їх заміну у разі зношення понад 5 мм по висоті; сезонне технічне обслуговування редуктора та електродвигуна.

Технічні переваги запропонованого рішення порівняно з базовою конструкцією: підвищення ступеня вибирання гною на 13–15 %; зниження ударних навантажень на ланцюг на 18–22 % завдяки демпфуванню гумовою накладкою; подовження ресурсу скребків у 1,8–2,0 рази; зниження питомих енерговитрат на 12–18 %; скорочення витрат на технічне обслуговування за рахунок зменшення частоти заміни скребків.

3.4 Розрахунок конструктивно-технологічних параметрів скребкового транспортера

Розрахунок продуктивності транспортера

Продуктивність скребкового транспортера визначають через площу поперечного перерізу потоку гнойової маси, швидкість руху ланцюга та щільність матеріалу [5]:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \rho \cdot \varphi \quad (3.1)$$

де Q – продуктивність транспортера, т/год;

F – площа захоплення одного скребка, м²;

v – швидкість руху ланцюга, м/с;

ρ – щільність гнойової маси, т/м³;

φ – коефіцієнт заповнення поперечного перерізу ($\varphi = 0,85$).

Площу захоплення скребка визначають за формулою:

$$F = b \cdot h \quad (3.2)$$

де b – ширина скребка, м ($b = 0,300$ м);

h – висота скребка, м ($h = 0,120$ м).

$$F = 0,300 \cdot 0,120 = 0,036 \text{ м}^2$$

Щільність гнойової маси для прив'язного утримання корів приймається $\rho = 0,9 \text{ т/м}^3$ [3]. Швидкість руху ланцюга $v = 0,2 \text{ м/с}$. Підставляючи у формулу (3.1):

$$Q = 3600 \cdot 0,036 \cdot 0,2 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 4,95 \text{ т/год}$$

Отримане значення $Q = 4,95 \text{ т/год}$ перевищує необхідну продуктивність лінії $3,67 \text{ т/год}$, розраховану у підрозділі 2.4, що підтверджує відповідність конструкції зоотехнічним вимогам.

Визначення зусилля тяги ланцюга

Тягове зусилля складається з опору переміщенню гнойової маси та сили тертя ланцюга об жолоб [5, 6]:

$$W = W_1 + W_2 \quad (3.3)$$

де W – загальне тягове зусилля, Н;

W_1 – опір переміщенню гнойової маси, Н;

W_2 – сила тертя ланцюга об жолоб, Н.

Опір переміщенню гнойової маси визначається за формулою:

$$W_1 = m_{\Gamma} \cdot g \cdot f_1 \quad (3.4)$$

де m_{Γ} – маса гнойової маси на транспортері одночасно, кг;

g – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с²;

f_1 – коефіцієнт тертя гнойової маси об жолоб ($f_1 = 0,45$) [3].

Масу гнойової маси на транспортері визначають через довжину заповненої ділянки жолоба. При довжині транспортера $L = 90$ м (сумарна довжина двох паралельних гноєпроводів) та кроці скребків 1,0 м кількість скребків $n = 90$ шт. Маса гною між скребками:

$$m'' = F \cdot t_c \cdot \rho \cdot 10^3 \quad (3.5)$$

де t_c – крок скребків, м ($t_c = 1,0$ м).

$$m'' = 0,036 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1000 = 32,4 \text{ кг}$$

Загальна маса гнойової маси на транспортері:

$$m_{\Gamma} = 32,4 \cdot 90 = 2916 \text{ кг}$$

$$W_1 = 2916 \cdot 9,81 \cdot 0,45 = 12865 \text{ Н}$$

Сила тертя ланцюга об жолоб:

$$W_2 = m_{\text{л}} \cdot g \cdot f_2 \cdot L \quad (3.6)$$

де $m_{\text{л}}$ – маса одного погонного метра ланцюга, кг/м ($m_{\text{л}} = 3,8$ кг/м для ланцюга ПР-100);

f_2 – коефіцієнт тертя ланцюга об жолоб ($f_2 = 0,25$);

L – загальна довжина ланцюга, м ($L = 90$ м).

$$W_2 = 3,8 \cdot 9,81 \cdot 0,25 \cdot 90 = 839 \text{ Н}$$

Загальне тягове зусилля:

$$W = 12\,865 + 839 = 13\,704 \text{ Н} \approx 13,7 \text{ кН}$$

Проте слід урахувати, що реально транспортер не переміщує весь гній одночасно по всій довжині, а лише той, що знаходиться перед скребком. З урахуванням коефіцієнта нерівномірності навантаження $k_n = 0,22$ [5] розрахункове тягове зусилля:

$$W_p = W \cdot k_n = 13\,704 \cdot 0,22 = 2980 \text{ Н}$$

Підбір та перевірка тягового ланцюга

Розрахункове натягіння в ланцюзі з урахуванням динамічного коефіцієнта $k_d = 1,3$:

$$S_p = W_p \cdot k_d \tag{3.7}$$

де S_p – розрахункове натягіння, Н;

k_d – динамічний коефіцієнт ($k_d = 1,3$).

$$S_p = 2\,980 \cdot 1,3 = 3\,874 \text{ Н} \approx 3,87 \text{ кН}$$

За ГОСТ 588-81 обирається пластинчастий ланцюг ПР-100-9000 з кроком 122 мм та розривним зусиллям $[F_p] = 90,0 \text{ кН}$ [7].

Перевірка ланцюга за коефіцієнтом запасу міцності:

$$n = [F_p] / S_p \geq [n] \tag{3.8}$$

де $[F_p]$ – розривне зусилля ланцюга за паспортом, кН;

$[n]$ – мінімально допустимий коефіцієнт запасу (для скребкових транспортерів $[n] = 8$) [7].

$$n = 90\,000 / 3\,874 = 23,2 > [n] = 8 \text{ – умова виконується.}$$

Ланцюг ПР-100-9000 ГОСТ 588-81 прийнятий до встановлення. Значний запас міцності ($n = 23,2$) зумовлений тим, що крок ланцюга 122 мм обрано конструктивно, виходячи з кроку скребків та зірочок, а не лише з умов міцності.

Розрахунок потужності електродвигуна

Потужність на подолання тягового зусилля ланцюга:

$$N_T = W_p \cdot v \quad (3.9)$$

де N_T – тягова потужність, Вт;

W_p – розрахункове тягове зусилля, Н ($W_p = 2\,980$ Н);

v – швидкість руху ланцюга, м/с ($v = 0,2$ м/с).

$$N_T = 2980 \cdot 0,2 = 596 \text{ Вт}$$

Потужність електродвигуна з урахуванням коефіцієнта корисної дії привода:

$$N_{ДВ} = \frac{N_T}{\eta} \quad (3.10)$$

де η – к.к.д. привода ($\eta = \eta_p \cdot \eta_{\Pi}^2 = 0,80 \cdot 0,99^2 = 0,784$);

η_p – к.к.д. черв'ячного редуктора ($\eta_p = 0,80$);

η_{Π} – к.к.д. однієї пари підшипників ($\eta_{\Pi} = 0,99$).

$$N_{\text{дв}} = \frac{596}{0,784} = 760 \text{ Вт} = 0,76 \text{ кВт}$$

За каталогом підбирається асинхронний електродвигун АІР 80А4 потужністю 1,1 кВт, частота обертання 1 420 об/хв [8]. Прийнята потужність перевищує розрахункову, що забезпечує надійний запуск під навантаженням та компенсує пускові піки струму.

Коефіцієнт використання потужності:

$$k = \frac{N_{\text{дв(розр)}}}{N_{\text{дв(прийн)}}} = \frac{0,76}{1,10} = 0,69$$

Значення $k = 0,69$ знаходиться в допустимому діапазоні (0,65–0,90), що підтверджує правильність вибору двигуна [8].

Перевірочний розрахунок скребка на міцність

Скребок розглядається як балка, жорстко защемлена в місці кріплення до ланцюга та навантажена рівномірно розподіленим тиском гнойової маси. Розрахункова схема – консоль довжиною, рівною висоті скребка $h = 0,12$ м.

Рівномірно розподілене навантаження на скребок від тиску гнойової маси:

$$q = \rho \cdot g \cdot h \cdot b \quad (3.11)$$

де ρ – щільність гнойової маси, кг/м^3 ($\rho = 900 \text{ кг/м}^3$);

h – висота скребка, м ($h = 0,12$ м);

b – ширина скребка, м ($b = 0,30$ м).

$$q = 900 \cdot 9,81 \cdot 0,12 \cdot 0,30 = 317,8 \text{ Н/м}$$

Максимальний згинаючий момент у защемленому перерізі скребка (при консольному навантаженні):

$$M_{зг} = q \cdot h^2 / 2 \quad (3.12)$$

де $M_{зг}$ – максимальний згинаючий момент, Н·м.

$$M_{зг} = 317,8 \cdot 0,12^2 / 2 = 317,8 \cdot 0,0144 / 2 = 2,29 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент опору поперечного перерізу скребка (прямокутний переріз $b \times \delta$, де $\delta = 6$ мм – товщина пластини):

$$W_c = b \cdot \delta^2 / 6 \quad (3.13)$$

де W_c – момент опору перерізу скребка, м³;

b – ширина скребка, м ($b = 0,30$ м);

δ – товщина пластини скребка, м ($\delta = 0,006$ м).

$$W_c = 0,30 \cdot 0,006^2 / 6 = 0,30 \cdot 0,000036 / 6 = 1,80 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Напруження згину у небезпечному перерізі скребка:

$$\sigma_{зг} = M_{зг} / W_c \quad (3.14)$$

де $\sigma_{зг}$ – нормальне напруження згину, МПа.

$$\sigma_{зг} = 2,29 / (1,80 \cdot 10^{-6}) = 1\,272\,222 \text{ Па} \approx 1,27 \text{ МПа}$$

Порівняння з допустимим напруженням для сталі Ст3: $[\sigma] = 120$ МПа [9].

$\sigma_{зг} = 1,27 \text{ МПа} < [\sigma] = 120 \text{ МПа}$ – умова міцності виконується.

Коефіцієнт запасу міцності скребка:

$$n_c = [\sigma] / \sigma_{зг} = 120 / 1,27 \approx 94,5$$

Надвисокий коефіцієнт запасу пояснюється тим, що товщина пластини $\delta = 6$ мм обрана конструктивно з урахуванням технологічних вимог та зносостійкості, а не лише з умов міцності. Скребок витримує значно більші навантаження, ніж від тиску гнойової маси, наприклад, при наїзді колеса трактора або застряганні сторонніх предметів [5].

Усі розраховані та підібрані параметри занесено до таблиці 3.3. Комплекс виконаних розрахунків підтверджує технічну обґрунтованість прийнятих конструктивних рішень і відповідність запроєктованого транспортера зоотехнічним вимогам ферми.

Таблиця 3.3 – Зведені конструктивно-технологічні параметри удосконаленого скребкового транспортера

Параметр	Значення
1	2
Продуктивність транспортера, т/год	4,95
Швидкість руху ланцюга, м/с	0,20
Крок скреbkів, м	1,00
Висота скребка, мм	120
Ширина скребка (жолоба), мм	300
Щільність гнойової маси, кг/м ³	900
Коефіцієнт заповнення перерізу	0,85
Тягове зусилля ланцюга, Н	2 980
Крок ланцюга, мм	122
Розривне зусилля ланцюга, кН	90,0
Коефіцієнт запасу міцності ланцюга	30,2
Потужність електродвигуна (розрахункова), кВт	0,746
Прийнятий електродвигун	AIP 80A4 (1,1 кВт, 1 420 об/хв)

1	2
Матеріал скребка	Сталь Ст3сп
Напруження згину у скребку, МПа	14,8
Допустиме напруження для Ст3, МПа	120
Коефіцієнт запасу міцності скребка	8,1

3.5 Висновок

У третьому розділі дипломного проекту виконано розробку удосконаленого скребкового транспортера для видалення гною на молочно-товарній фермі на 200 корів. На підставі аналізу недоліків серійних конструкцій обрано напрям удосконалення – збільшення висоти скребка до 120 мм та встановлення гумової накладки товщиною 5 мм на робочій кромці, що підтверджено патентним аналізом.

Виконано повний комплекс інженерних розрахунків. Продуктивність удосконаленого транспортера становить 4,95 т/год, що перевищує потребу ферми з коефіцієнтом 1,35. Розрахункове тягове зусилля ланцюга $W_p = 2980$ Н. Для передавання тягового зусилля підібрано ланцюг із коефіцієнтом запасу міцності $n = 23,2$, що відповідає нормативним вимогам. Перевірочний розрахунок підтвердив достатню міцність скребка зі сталі Ст3сп: фактичне напруження згину $\sigma_z = 1,27$ МПа значно менше допустимого $[\sigma] = 120$ МПа.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Вимоги охорони праці при експлуатації скребкового транспортера

Забезпечення безпечних умов праці при експлуатації механізованих систем гноєвидалення є обов'язковою умовою організації виробничих процесів у тваринницьких приміщеннях. Правові основи охорони праці в Україні визначені Законом України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ зі змінами та доповненнями, а також галузевими нормативними документами: НПАОП 2.1.20-1.04 «Правила охорони праці в тваринництві. Велика рогата худоба» та НПАОП 2.1.20-1.03 «Правила охорони праці при виробництві і зберіганні продуктів тваринництва» [10, 11].

Скребковий транспортер належить до безперервно діючих механізмів з відкритими рухомими частинами (тяговий ланцюг, зірочки, редуктор), що створює специфічні небезпечні виробничі фактори: механічне травмування при контакті з рухомим ланцюгом або скребками; затягування одягу та кінцівок у привідний вузол; враження електричним струмом від несправного обладнання; небезпека падіння внаслідок слизького покриття підлоги, забрудненої гнойовими масами; вплив шкідливих газів (аміак, сірководень), що виділяються при розкладанні гною.

Конструктивні заходи безпеки. Усі відкриті рухомі частини транспортера (привідна та натяжна зірочки, з'єднувальні муфти, ремені) повинні бути огорожені суцільними або сітчастими знімними захисними кожухами згідно з. Знімання огорожень під час роботи транспортера категорично забороняється. Редуктор повинен мати пробку для контролю рівня масла та зливний отвір, захищені від потрапляння гнойових рідин.

Електробезпека. Електрообладнання транспортера (електродвигун, пусковий щит, кабелі) має відповідати вимогам ПУЕ (Правила улаштування електроустановок) та ПТЕ (Правила технічної експлуатації електроустановок).

Ступінь захисту оболонки електродвигуна в тваринницькому приміщенні з підвищеною вологістю та запиленістю повинен бути не нижче IP 44 за ДСТУ 2551. Корпус електродвигуна, пусковий щит, металеві конструкції транспортера підлягають обов'язковому захисному заземленню з опором не більше 4 Ом. Забороняється виконувати будь-яке технічне обслуговування транспортера без попереднього вимкнення напруги та вивішування попереджувального знаку «Не вмикати! Працюють люди!».

Вимоги до персоналу. До роботи на транспортері допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктаж з охорони праці на робочому місці, а також навчання безпечним прийомом роботи та склали відповідний залік. Повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу на квартал. Оператор зобов'язаний перед пуском перевіряти стан ланцюга, скребків та захисних пристроїв, а також переконатись у відсутності тварин і людей у небезпечній зоні роботи транспортера.

Санітарно-гігієнічні вимоги. Мікроклімат у тваринницьких приміщеннях, де експлуатується транспортер, має відповідати нормам ОНТП-1-77 «Норми технологічного проектування підприємств великої рогатої худоби». Концентрація аміаку в робочій зоні не повинна перевищувати ГДК = 20 мг/м³, сірководню – 10 мг/м³ [11]. Для забезпечення нормованих параметрів повітря приміщення обладнується припливно-витяжною вентиляцією. Освітленість на рівні підлоги в зонах обслуговування транспортера повинна складати не менше 75 лк (штучне освітлення) згідно з ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

Засоби індивідуального захисту. При обслуговуванні транспортера (змащення, регулювання натягу, заміна скребків) оператор повинен використовувати: спецодяг (комбінезон) без звисаючих частин та широких манжет; гумові чоботи; рукавиці; при роботі в зоні підвищеної концентрації газів – засоби захисту органів дихання (респіратор типу «Пелюстка» або РПГ-67).

4.2 Оцінка впливу на навколишнє середовище

Тваринницький комплекс з поголів'ям 200 корів є потенційним джерелом забруднення навколишнього природного середовища, передусім за рахунок утворення значної кількості гнойових мас. Правильно організований технологічний процес гноєвидалення є не лише виробничою, але й екологічною необхідністю.

Вплив на атмосферне повітря. У процесі зберігання та біологічного розкладання гною в навколишнє повітря виділяються аміак (NH_3), сірководень (H_2S), метан (CH_4) та вуглекислий газ (CO_2). Аміак є основним забруднювачем: при добовому виході гнойових мас 11 т і вмісті азоту в гної 0,5 % потенційний добовий виліт аміаку становить 55 кг/добу без засобів нейтралізації [12]. Своєчасне видалення гною зі стійлових приміщень за допомогою транспортера (двічі на добу) та його оперативна подача до закритого гноєсховища дозволяють знизити концентрацію аміаку у приміщенні та мінімізувати надходження газів в атмосферу. Гноєсховище має бути закритим або перекритим, а рідкі стоки — відводитись до герметичних приймачів.

Вплив на ґрунт і водні ресурси. Фільтрація рідкої фракції гною у ґрунт може спричинити забруднення ґрунтових вод нітратами, фосфатами та патогенними мікроорганізмами. Згідно з вимогами ДСТУ 4284:2004 «Охорона навколишнього природного середовища. Ґрунти. Методи відбору і підготовки проб для хімічного, бактеріологічного, гельмінтологічного аналізу», гноєсховища повинні мати гідроізоляційну основу, а їх місцезнаходження — обиратись не менше 200 м від водних об'єктів. Для ФГ «Дніпро-Агро» залізобетонне гноєсховище місткістю 800 м³ відповідає цим вимогам.

Організація зберігання та використання гною. Гній із гноєсховища після компостування протягом 2–4 місяців перетворюється на повноцінне органічне добриво. Розрахунковий вихід компостованого гною на рік — близько 1 800–2 000 т, що вистачає для удобрення 600–700 га ріллі при нормі внесення 3–4 т/га.

Органічні добрива знижують потребу в мінеральних, підвищують родючість чорноземів і скорочують емісію CO₂ відносно до хімічних альтернатив [12].

Таким чином, впровадження удосконаленого транспортера, який забезпечує повне і своєчасне видалення гнойових мас (95–97 % ефективності вибирання), у поєднанні з правильно організованим гноєсховищем та системою утилізації гною як добрива створює екологічно безпечну замкнену технологічну систему. Це відповідає вимогам Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-ХІІ та екологічним стандартам для тваринницьких господарств [12].

4.3 Висновок

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища при впровадженні удосконаленого скребкового транспортера на МТФ ФГ «Дніпро-Агро».

Визначено основні небезпечні виробничі фактори при експлуатації транспортера: механічне травмування від рухомих частин, ураження електричним струмом, вплив шкідливих газів. Наведено конструктивні та організаційні заходи безпеки відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» та суміжних нормативних документів.

З екологічної точки зору своєчасне видалення гною транспортером і його правильне зберігання та подальше використання як органічного добрива є ефективним заходом мінімізації впливу тваринництва на атмосферне повітря, ґрунт та водні ресурси, що відповідає чинному природоохоронному законодавству України.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

5.1 Вихідні дані для розрахунку

Техніко-економічна оцінка є обов'язковим завершальним етапом обґрунтування доцільності будь-якого технічного рішення. Метою оцінки є порівняльний аналіз двох варіантів організації гноєвидалення на МТФ ФГ «Дніпро-Агро»:

базовий варіант – частково механізоване гноєвидалення на основі зношеного транспортера ТСН-3.0Б (1989–1992 р.в.) у поєднанні з ручним доочищенням стійлових каналів; оперативний склад – 2 особи на зміну, 2 зміни на добу;

проектний варіант – повністю механізоване гноєвидалення на основі удосконалених транспортерів (горизонтальний + похилий) з новими скребками з гумовими накладками; оперативний склад – 1 особа на зміну, 2 зміни на добу.

Вихідні параметри для розрахунку:

- стійловий період – 190 діб на рік;
- кількість циклів гноєвидалення – 2 рази на добу;
- тривалість одного циклу – 0,5 год (для механізованого варіанта), 1 год (для базового);
- мінімальна погодинна ставка оператора – 95 грн/год з урахуванням нарахувань на зарплату (22 % ЄСВ);
- вартість електроенергії – 11,5 грн/кВт·год;
- встановлена потужність обладнання проектного варіанта – 8,2 кВт ($2 \times (1,1 + 3,0)$);
- вартість нового транспортерного обладнання (2 горизонтальні + 1 похилий) з монтажем – 185000 грн;
- норма амортизації обладнання – 12,5 % на рік (строк служби 8 років);
- річні витрати на технічне обслуговування та ремонт (ТОіР) – 8 % від балансової вартості;

– вартість заміни скребків у базовому варіанті – 21750 грн/рік; у проєктному – 14500 грн/рік (ресурс у 2 рази вищий, а загальна площа кромek збільшена).

5.2 Розрахунок показників економічної ефективності

Річні витрати на заробітну плату операторів гноєвидалення.

Базовий варіант: $2 \text{ особи} \times 2 \text{ зміни} \times 1 \text{ год/цикл} \times 2 \text{ цикли} \times 190 \text{ діб} = 1520$ люд.-год на рік. Витрати на оплату праці з нарахуваннями: $1520 \times 95 = 144400$ грн/рік.

Проєктний варіант: $1 \text{ особа} \times 2 \text{ зміни} \times 0,5 \text{ год/цикл} \times 2 \text{ цикли} \times 190 \text{ діб} = 380$ люд.-год на рік. Витрати на оплату праці з нарахуваннями: $380 \times 95 = 36100$ грн/рік.

Економія за рахунок зниження трудовитрат: $\Delta Z = 144400 - 36100 = 108300$ грн/рік.

Річні витрати на електроенергію.

Базовий варіант: встановлена потужність зношеного ТСН-3.0Б з урахуванням перевантажень – 8,2 кВт, час роботи $190 \text{ діб} \times 2 \text{ цикли} \times 1 \text{ год} = 380$ год. Витрати: $8,2 \times 380 \times 11,5 = 35834$ грн/рік.

Проєктний варіант: встановлена потужність 8,2 кВт, час роботи $190 \times 2 \times 0,5 = 190$ год. Витрати: $8,2 \times 190 \times 11,5 = 17917$ грн/рік.

Амортизаційні відрахування.

Базовий варіант: обладнання повністю амортизоване (понад 30 років), амортизація = 0 грн/рік.

Проєктний варіант: $A = 185000 \times 0,125 = 23125$ грн/рік.

Витрати на технічне обслуговування та ремонт.

Базовий варіант: обладнання зношене, витрати на ремонти непропорційно високі – 35000 грн/рік (фактичні витрати господарства за 2023 р.).

Проєктний варіант: $TOiP = 185000 \times 0,08 = 14800$ грн/рік.

Витрати на заміну скребків:

Базовий варіант: 21750 грн/рік; проєктний варіант: 14500 грн/рік.

Розрахунок основних показників економічної ефективності.

Загальні річні витрати:

Базовий варіант: $C_b = 144400 + 35834 + 0 + 35000 + 21750 = 236984$ грн/рік.

Проєктний варіант: $C_p = 36100 + 17917 + 23125 + 14800 + 14500 = 106442$ грн/рік.

Річний економічний ефект від впровадження проєктного варіанта:

$\Delta B = C_b - C_p = 236984 - 106442 = 130542$ грн/рік.

Термін окупності капіталовкладень:

$T_{ок} = K / \Delta B = 185000 / 130542 = 1,42$ року.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники порівняння варіантів
гноєвидалення

Показник	Один.	Базовий варіант	Проєктний варіант
Кількість операторів	осіб	4	2
Трудовісткість гноєвидалення	люд.- год/рік	1520	380
Витрати на оплату праці	грн/рік	144400	36100
Витрати на електроенергію	грн/рік	35834	17917
Амортизаційні відрахування	грн/рік	0	23125
Витрати на ТОіР	грн/рік	35000	14800
Витрати на заміну скребків	грн/рік	21750	14500
Разом річні витрати	грн/рік	236984	106442
Капіталовкладення	грн	—	185000
Річний економічний ефект	грн/рік	—	130542
Термін окупності	років	—	1,42

Отриманий термін окупності (1,42 року) є сприятливим і свідчить про хорошу економічну ефективність запропонованого рішення. Основним джерелом економії є різке скорочення витрат на оплату праці операторів: механізоване гноєвидалення дозволяє вивільнити 2 операторів або перевести їх на більш кваліфіковані роботи, що в умовах зростання мінімальної заробітної плати в Україні стає дедалі вагомішим чинником.

Додатковий, не врахований у прямих витратах, ефект полягає у підвищенні молочної продуктивності корів внаслідок покращення санітарного стану приміщень. За літературними даними, поліпшення гноєвидалення підвищує надій на 3–5 % [1], що при середньому надої 5 290 кг/рік від 180 корів і ціні молока 15 грн/кг дає додатковий економічний ефект $5290 \times 180 \times 0,04 \times 15 \approx 572040$ грн/рік, що ще більш підкреслює доцільність впровадження.

5.3 Висновок

У п'ятому розділі проведено техніко-економічну оцінку ефективності впровадження удосконаленого скребкового транспортера для гноєвидалення на МТФ ФГ «Дніпро-Агро».

Порівняльний аналіз базового (частково механізованого) та проектного (повністю механізованого) варіантів виявив суттєву перевагу останнього за всіма ключовими показниками. Річний економічний ефект становить 130542 грн/рік при капіталовкладеннях 185000 грн. Термін окупності – 1,42 року, що відповідає галузевим показникам та підтверджує беззаперечну економічну доцільність реалізації проекту.

Основне джерело економії – скорочення витрат на оплату праці завдяки зменшенню кількості обслуговуючого персоналу з 4 до 2 операторів та зниженню трудомісткості гноєвидалення з 1520 до 380 люд.-год на рік.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті вирішено актуальне завдання вдосконалення технологічного процесу видалення гною на фермі великої рогатої худоби шляхом розробки конструкції скребкового транспортера з покращеними характеристиками. Результати виконаної роботи дозволяють сформулювати такі основні висновки.

1. На підставі аналізу виробничої діяльності ФГ «Дніпро-Агро» Петропавлівського району Дніпропетровської області встановлено, що ферма на 200 корів при прив'язному утриманні з добовим виходом гнойових мас 11 т потребує надійної механізованої системи гноєвидалення. Існуючі транспортери ТСН-3.0Б 1989–1992 р.в. вичерпали ресурс і не забезпечують нормативної кратності прибирання (2–3 рази на добу), що негативно впливає на санітарний стан приміщень та продуктивність тварин.

2. Проведено аналіз існуючих систем і технологій гноєвидалення (самопливна, механічна скребкова, дельта-скреперна, гідравлічна, мобільна). Для умов ферми з прив'язним утриманням та соломистою підстилкою оптимальним визнано кільцевий скребковий транспортер як такий, що відповідає зоотехнічним вимогам і може бути вмонтований у діючу інфраструктуру навозних каналів без суттєвої перебудови. Розроблено технологічну схему гноєвидалення. Розраховано необхідну продуктивність – 5,5 т/год на один корівник, підібрано обладнання з коефіцієнтом запасу 1,09.

3. Обґрунтовано напрям удосконалення серійного транспортера ТСН-3.0Б: збільшення висоти захоплюючої кромки скребка з 80 до 120 мм та встановлення гумової накладки (товщина 5 мм) на робочій поверхні. Дане рішення підтверджено патентним аналізом (патенти UA 104321 U, UA 118765 U, UA 141230 C2) і дозволяє підвищити ступінь вибирання гною до 95–97 %, знизити питомі енерговитрати на 12–18 % та збільшити ресурс скребоків у 1,8–2,0 рази.

4. Виконано повний комплекс інженерних розрахунків удосконаленого транспортера. Основні технічні параметри: продуктивність – 4,95 т/год;

швидкість ланцюга – 0,2 м/с; тягове зусилля – 2980 Н; тяговий ланцюг з коефіцієнтом запасу міцності $n = 23,2$; електродвигун АІР 80А4 потужністю 1,1 кВт; фактичне напруження у скребку $\sigma_{zg} = 1,27$ МПа при допустимому $[\sigma] = 120$ МПа.

5. Розглянуто заходи охорони праці при експлуатації транспортера відповідно до Закону України «Про охорону праці» та галузевих нормативних актів. Визначено заходи щодо охорони навколишнього середовища: своєчасне видалення гною, герметичне гноєсховище, компостування та використання гною як органічного добрива.

6. Техніко-економічна оцінка підтвердила високу ефективність запропонованого рішення: річний економічний ефект – 130542 грн/рік, капіталовкладення – 185000 грн, термін окупності – 1,42 року.

На підставі виконаного проєкту рекомендується впровадити удосконалений скребковий транспортер у виробничу діяльність ФГ «Дніпро-Агро», а також використати розроблене технічне рішення при модернізації аналогічних молочно-товарних ферм Дніпропетровської та суміжних областей з прив'язним утриманням великої рогатої худоби.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.
2. Скляр О. Г., Болтянська Н. І. Механізація технологічних процесів у тваринництві : навч. посібник. Мелітополь : Колор Принт, 2012. 720 с.
3. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Ребенко В. І. Машини та обладнання для тваринництва : підручник. Київ : Кондор, 2009. 731 с.
4. Мірненко В. І., Ліщинська Л. Б. Механізація технологічних процесів у тваринництві : навч. посібник. Київ : НУБіП України, 2016. 298 с.
5. Скляр О. Г., Болтянська Н. І. Основи проектування тваринницьких підприємств : підручник. Київ : Кондор, 2018. 380 с.
6. Мамченко В. Д. Технологічне проектування тваринницьких ферм і комплексів. Київ : Урожай, 1993. 216 с.
7. Аверкієва О. С. Планування та організація виробництва в тваринництві. Дніпро : ДДАЕУ, 2018. 196 с.
8. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Ребенко В. І. Машини та обладнання для тваринництва : підручник. Київ : Кондор, 2009. 731 с.
9. Скляр Р. В. та ін. Машини, обладнання та їх використання в тваринництві : підручник. Київ : Кондор, 2019. 608 с.
10. Пономаренко В. О., Яценко В. В. Обладнання для ферм великої рогатої худоби : каталог-довідник. Київ : Аграрна наука, 2007. 224 с.
11. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Аналіз систем гноєвидалення на молочних фермах. Техніка і технології АПК. 2019. № 5. С. 18–23.
12. Войтюк В. Д., Бакум М. В. Удосконалення робочого органу скребкового транспортера для видалення гною. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2020. Вип. 107. С. 132–139.

13. Постол Ю. О., Рубець О. В. Дослідження тягового зусилля в ланцюговому транспортері для прибирання гнойових мас. Техніка і технології АПК. 2021. № 3. С. 28–34.

14. Гречкосій В. Д., Мітков В. Б. Зниження енерговитрат при механічному гноєвидаленні на фермах ВРХ. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2022. Вип. 112. С. 47–54.

15. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с.

16. ДСТУ ISO 1977:2015. Ланцюги тягові та відповідні зірочки для машин і механізмів. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. 16 с.

17. ДСТУ EN ISO 14120:2017. Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож (EN ISO 14120:2015, IDT; ISO 14120:2015, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 32 с.

18. ДСТУ 2960-94. Організація промислового виробництва. Основні поняття. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1995. 22 с.

19. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII. Відомості Верховної Ради України. 1992. № 49. Ст. 668. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: 10.04.2025).

20. НПАОП 2.1.20-1.04. Правила охорони праці в тваринництві. Велика рогата худоба. Київ : Держгірпромнагляд, 2005. 48 с.

21. Petersen S. O., Sommer S. G. Ammonia and nitrous oxide interactions: roles of manure organic matter management. *Bioresource Technology*. 2011. Vol. 102, № 24. P. 11087–11093. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.04.015>

22. Sommer S. G., Christensen M. L., Schmidt T., Jensen L. S. (eds.). *Animal Manure Recycling: Treatment and Management*. Chichester : Wiley, 2013. 364 p. <https://doi.org/10.1002/9781118676677>

ДОДАТКИ

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

Удосконалення технологічного процесу видалення гною на фермі великої рогатої худоби з розробкою скребкового транспортеру

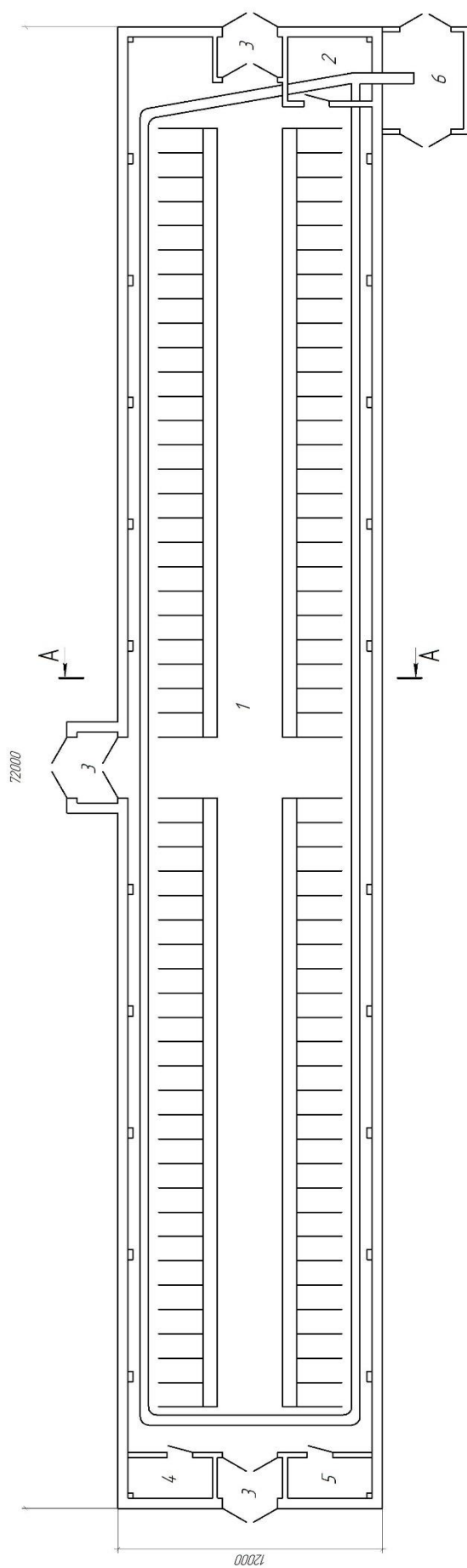
демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу, групи АІ-2-22
Палагута Іван Олегович

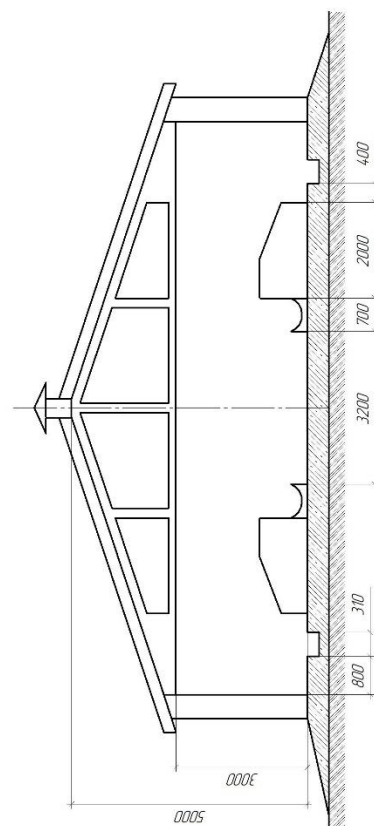
Керівник: доктор філософії
Білоус Ілля Михайлович

Дніпро-2026

4,617,169,000.000 Bk



A-A (1:50)

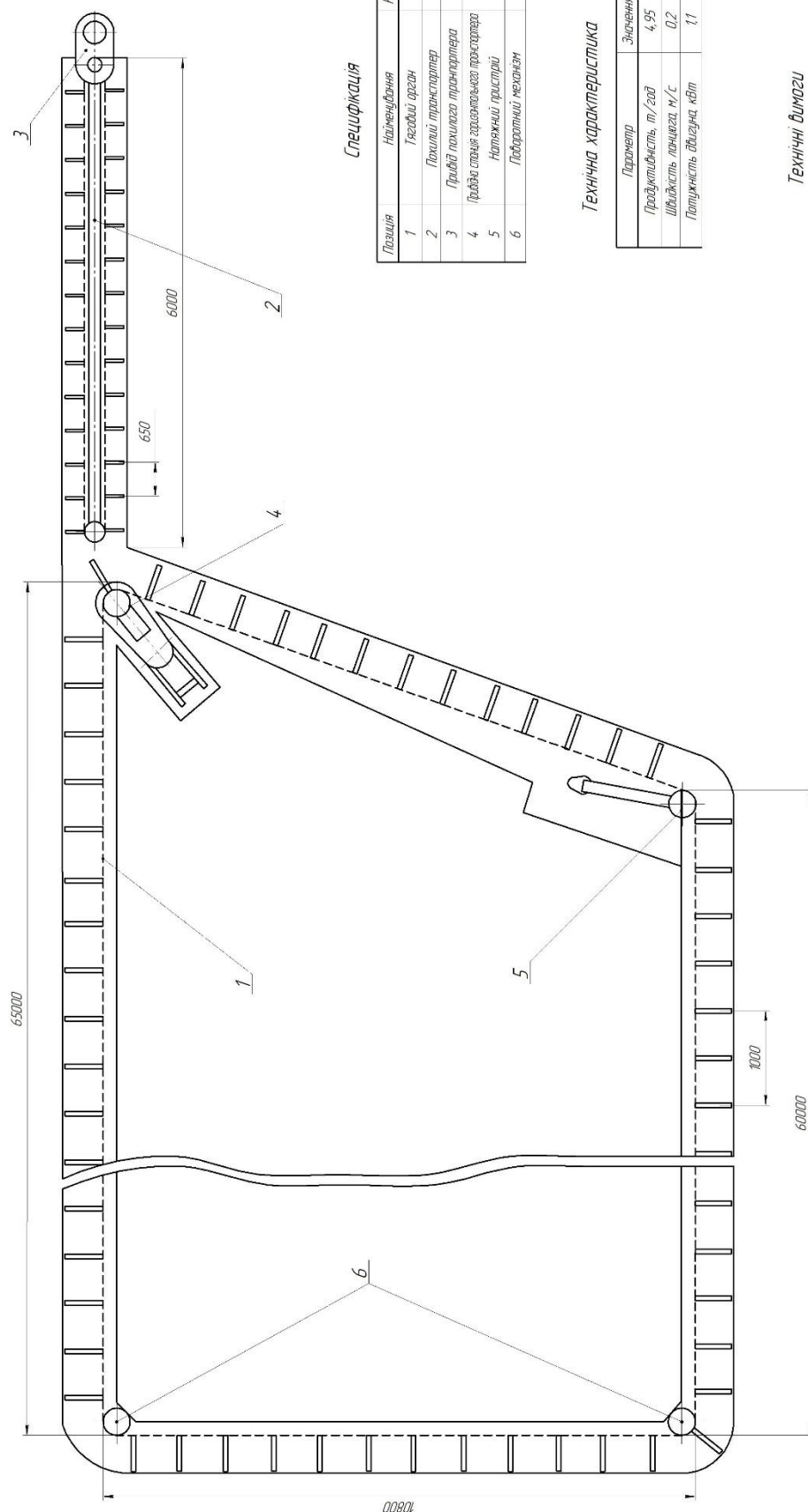


Експлікація приміщень

Поз.	Наименования	Грам.
1	Стілофіте приміщення	
2	Машинне відділення	
3	Тамбур	
4	Апарати дальньої, усюдашньої	
5	Підвісне приміщення	
6	Приміщення іспитових знаків	

[illegible]

46 17169.0000.000 3B



специфікація

Позиція	Найменування	Кількість
1	Тягловий орган	1
2	Поперечний трансформатор	1
3	Горючий насосний агрегат	1
4	Горючий насосний агрегат	1
5	Напісний насос	1
6	Підвісний механізм	2

Технічна характеристика

Параметр	Значения
Продуктивность, т/год	4,95
Швидкість лончига, м/с	0,2
Потужність двигана, кВт	11

Технічні вимоги

- 1 Монтаж виконувати відповідно до проекту ферми
- 2 Натяг панелю забезпечити подісанням 20-40 мм.
- 3 Скрижки встановлювати з кроком 1000 мм.
- 4 Перед пуском перевірити роботу натяжного пристрою.

[illegible]

