

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

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а
до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення механізованої технологічної лінії видалення гною для
ферми великої рогатої худоби з розробкою гноєзбирального агрегату**

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

_____ Навроцький Євгеній Олегович

Керівник: _____ Алієв Ельчин Бахтияр огли

Рецензент: _____ Носенко Євгеній Олегович

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

прізвище, ініціали

«05» травня 2026 р

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Навроцькому Євгенію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення механізованої технологічної лінії видалення гною для ферми великої рогатої худоби з розробкою гноєзбирального агрегату

керівник проєкту Алієв Ельчин Бахтияр огли, д.т.н., старший дослідник

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «5» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом проєкту 12.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Аналіз сучасного стану тваринництва та наявних технологій видалення гною. Проведення патентного пошуку, вивчення наукових публікацій і останніх досліджень за обраним напрямом.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз технічних і технологічних рішень ферм великої рогатої худоби. 2. Проєктування механізованої лінії видалення гною для ферми ВРХ. 3. Розробка гноєзбирального агрегату. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна ефективність проєкту. Висновки та пропозиції. Бібліографія. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Технологічна схема (А1). 2. Агрегат мобільний гноєзбиральний. Вигляд загальний (А1). 3. Стріла права. Складальне креслення (А1). 4. Зачіп. Складальне креслення (А3). 5. Фіксатор. Складальне креслення (А3). 6. Ребро (А4). 7. Скоба (А4). 8. Економічні показники (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Алієв Е.Б., професор	05.05.2026	12.06.2026
нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент	12.06.2026	

7. Дата видачі завдання: «05» травня 2026 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 12.05.2026 р.	
2	Технологічний	до 19.05.2026 р.	
3	Конструкційний	до 26.05.2026 р.	
4	Охорона праці	до 02.06.2026 р.	
5	Економічний	до 09.06.2026 р.	
6	Графічна частина	до 12.06.2026 р.	

Студент

(підпис)

Навроцький Є. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Алієв Е.Б.

(прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення			Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
					<u>Текстові документи</u>			
1	A4	46ДП.162000.000.ПЗ			Пояснювальна записка	78		
					<u>Графічні матеріали</u>			
2	A1	46ДП.162000.000.ТС			Технологічна схема	1	1	
3	A1	46ДП.162000.000.ВЗ			Агрегат мобільний гноєзбира-	1	2	
					льний. Вигляд загальний			
4	A1	46ДП.162001.000.СК			Стріла права.	1	3	
					Складальне креслення			
5	A3	46ДР.162001.200.СК			Зачіп. Складальне креслення	1	4	
6	A3	46ДР.162001.200.СК			Фіксатор. Складальне креслення	1	4	
7	A4	46ДП.162001.001			Ребро	1	4	
8	A4	46ДП.162001.002			Скоба	1	4	
9	A1	46ДП.162000.000.ПЕ			Економічні показники	1	5	

АНОТАЦІЯ

Навроцький Є. О. Удосконалення механізованої технологічної лінії видалення гною для ферми великої рогатої худоби з розробкою гноєзбирального агрегату / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У роботі розглянуто питання підвищення ефективності функціонування ферм великої рогатої худоби шляхом удосконалення технології видалення гною. Проведено аналіз існуючих технічних і технологічних рішень, обґрунтовано вибір способу утримання тварин та визначено структуру стада. Розроблено механізовану технологічну лінію видалення гною з урахуванням зоотехнічних вимог і умов експлуатації.

Запропоновано конструкцію мобільного агрегату для прибирання гною, виконано його технологічний та конструктивний розрахунок, визначено основні параметри та режими роботи. Обґрунтовано склад машинно-тракторного парку та визначено їх необхідну кількість.

Розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища. Проведено техніко-економічну оцінку запропонованих рішень, визначено річний економічний ефект і термін окупності. Доведено доцільність впровадження розробленої технологічної лінії та мобільного агрегату для підвищення ефективності виробництва.

Ключові слова: велика рогата худоба, гній, гноєвидалення, технологічна лінія, механізація, мобільний агрегат, безприв'язне утримання, скребковий транспортер, продуктивність, економічна ефективність.

Зміст

Вступ.....	8
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ФЕРМ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ	10
1.1 Обґрунтування вибору технології утримання великої рогатої худоби..	10
1.2 Основні механізовані виробничі процеси	15
1.3 Основні системи видалення гною для ферми великої рогатої худоби...	18
1.4 Висновки до розділу	23
2 ПРОЄКТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ ДЛЯ ФЕРМИ ВРХ	24
2.1 Обґрунтування вибору способу утримання тварин і розробка режиму роботи ферми	24
2.2 Обґрунтування структури стада та визначення умовного поголів'я	27
2.3 Зоотехнічні вимоги до технології видалення гною	28
2.4 Аналіз можливих варіантів видалення гною з тваринницької ферми ...	31
2.5 Вибір і обґрунтування загальної технологічної схеми видалення гною	33
2.6 Визначення виходу гною та потреби в підстилці на фермі.....	35
2.7 Обґрунтування вибору машин та визначення їх кількості для лінії видалення гною.....	36
2.8 Висновки до розділу	38
3 РОЗРОБКА ГНОЄЗБИРАЛЬНОГО АГРЕГАТУ.....	40
3.1 Зоотехнічні вимоги до мобільного агрегату.....	40
3.2 Аналіз існуючих засобів механізації прибирання гною та обґрунтування об'єкта розробки	41
3.3 Опис технологічної схеми агрегату та принципу його роботи	43
3.4 Технологічний розрахунок мобільного агрегату	45
3.5 Визначення необхідної потужності двигуна трактора для приводу агрегату	48
3.6 Розрахунок основних елементів конструкції на міцність	50

	7
3.7 Висновки до розділу	52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА..	53
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ	56
5.1 Методика визначення економічної ефективності технологічної лінії видалення гною.....	56
5.2 Розрахунок річного економічного ефекту та терміну окупності	59
ВИСНОВКИ.....	63
БІБЛІОГРАФІЯ.....	66
Додатки	71

Вступ

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору України особливого значення набуває підвищення ефективності функціонування тваринницьких підприємств, зокрема ферм великої рогатої худоби. Однією з ключових передумов інтенсифікації виробництва є широке впровадження принципів потоковості технологічних процесів, що реалізуються через використання високопродуктивних механізованих технологічних ліній. Такі лінії передбачають інтеграцію окремих машин і апаратів у єдині функціональні комплекси, здатні виконувати декілька взаємопов'язаних операцій із мінімальним втручанням людини, а також забезпечують можливість автоматизованого контролю та регулювання виробничих процесів.

Подальше нарощування обсягів виробництва продукції тваринництва, зокрема молока та яловичини, нерозривно пов'язане з розвитком і модернізацією матеріально-технічної бази галузі. Це включає будівництво нових сучасних тваринницьких комплексів, реконструкцію існуючих ферм, впровадження енергоефективного та високопродуктивного обладнання, а також удосконалення організації технологічних процесів. Важливою складовою цього напрямку є оптимізація допоміжних операцій, до яких належить видалення гною – процес, що суттєво впливає на санітарно-гігієнічний стан приміщень, умови утримання тварин та екологічну безпеку виробництва.

Ефективність роботи ферм великої рогатої худоби значною мірою визначається рівнем технічного забезпечення та надійністю функціонування систем машин і обладнання, насамперед тих, що входять до складу поточкових технологічних ліній обслуговування тварин. Порушення ритмічності роботи або недостатня надійність таких систем призводять до погіршення умов утримання тварин, зниження їх продуктивності, збільшення витрат праці та ресурсів, а також до зростання екологічних ризиків. Саме тому особливої актуальності набуває обґрунтований вибір, раціональна

компоновка та вдосконалення конструктивних і режимних параметрів обладнання технологічних ліній.

У структурі виробничих процесів ферми однією з найбільш трудомістких і відповідальних операцій є видалення та транспортування гною. Недосконалість існуючих технічних засобів, їх енергоємність, недостатня продуктивність і надійність зумовлюють необхідність розробки нових або модернізації наявних технічних рішень. Удосконалення механізованої технологічної лінії видалення гною дозволяє не лише підвищити ефективність виробництва, але й забезпечити належні санітарні умови, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та створити передумови для впровадження ресурсозберігаючих і екологічно безпечних технологій.

Мета проєкту: підвищення ефективності функціонування ферми великої рогатої худоби шляхом удосконалення механізованої технологічної лінії видалення гною та розробки конструкції гноєзбирального агрегату, який забезпечує зростання продуктивності процесу, зниження енерговитрат, підвищення надійності роботи обладнання та покращення санітарно-гігієнічних умов утримання тварин..

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати існуючі технології утримання великої рогатої худоби та системи видалення гною з метою визначення їх переваг і недоліків.
2. Обґрунтувати вибір способу утримання тварин, визначити структуру стада та розрахувати умовне поголів'я ферми.
3. Розробити технологічну схему механізованої лінії видалення гною та здійснити підбір машин і обладнання.
4. Спроектувати мобільний агрегат для прибирання гною та виконати його технологічні й конструктивні розрахунки.
5. Оцінити техніко-економічну ефективність запропонованих рішень і визначити економічний ефект від їх впровадження.

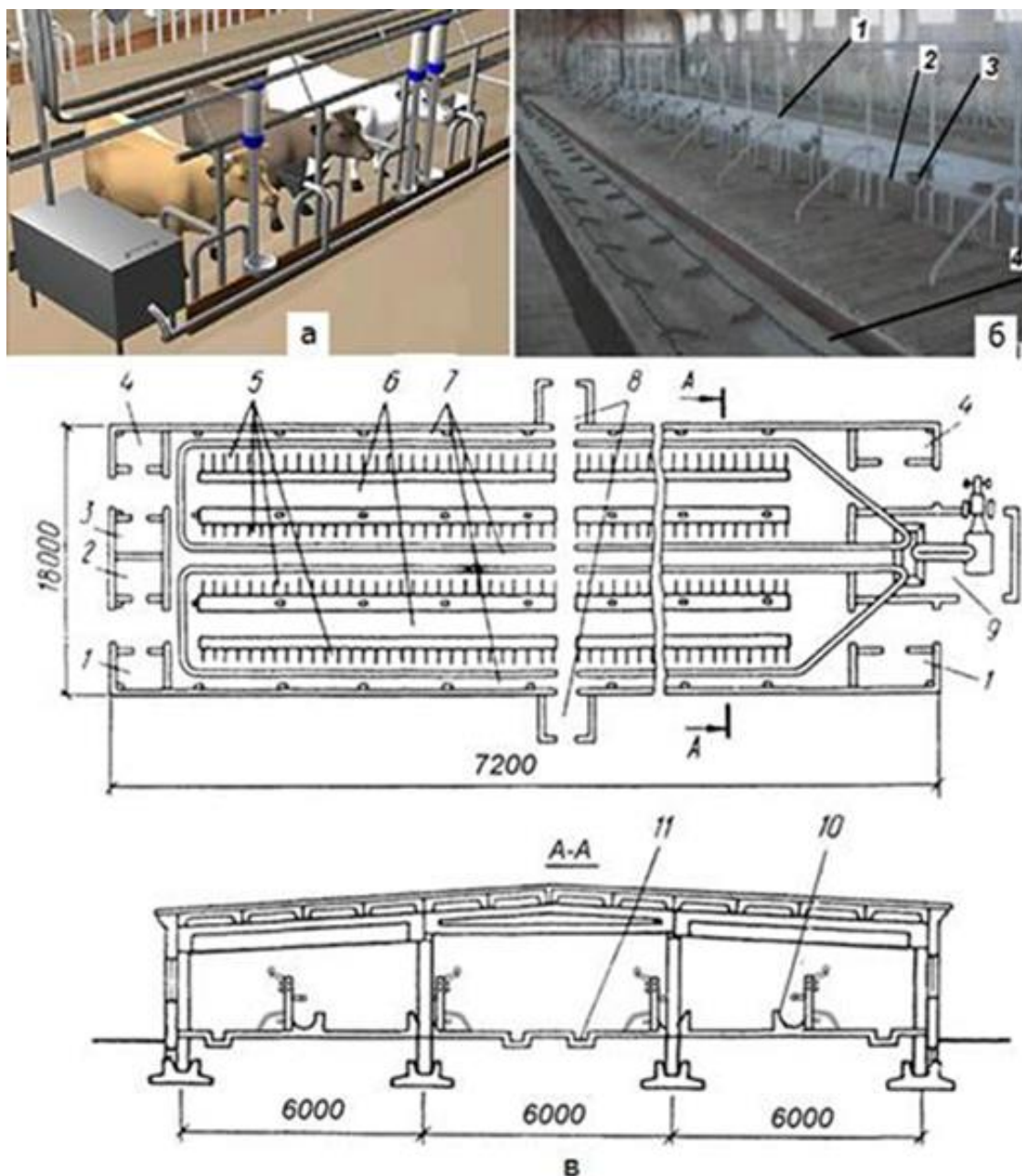
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ФЕРМ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

1.1 Обґрунтування вибору технології утримання великої рогатої худоби

Ефективність функціонування сучасних підприємств з виробництва продукції скотарства значною мірою визначається рівнем технологічної організації процесів утримання тварин. Вибір раціональної технології утримання великої рогатої худоби (ВРХ) є комплексним інженерно-технологічним завданням, яке повинно враховувати біологічні особливості тварин, економічні можливості господарства, рівень механізації та автоматизації виробничих процесів, а також вимоги до якості продукції та екологічної безпеки.

У сучасному тваринництві застосовуються різні технології утримання ВРХ, які можна класифікувати за способом розміщення тварин, організацією годівлі, доїння, видалення гною та рівнем механізації процесів. Основними є прив'язна та безприв'язна системи утримання, кожна з яких має свої переваги та недоліки.

Прив'язна технологія утримання передбачає індивідуальне розміщення тварин у стійлах із фіксацією за допомогою прив'язі. Така система дозволяє здійснювати індивідуальний контроль за годівлею, станом здоров'я та продуктивністю кожної корови. Вона є відносно простою в організації, не потребує значних початкових інвестицій і може ефективно використовуватись у невеликих господарствах. Однак дана технологія має ряд суттєвих недоліків: обмеження рухової активності тварин, підвищені витрати праці, складність механізації процесів, особливо видалення гною, а також погіршення умов утримання, що негативно впливає на продуктивність і тривалість господарського використання тварин.



а – загальний вигляд виробничого приміщення; конструкція стійла; б, в – план і поперечний розріз чотирирядного корівника для прив'язного утримання великої рогатої худоби; б: 1 – елементи стійлового обладнання; 2 – кормовий жолоб; 3 – автоматична поїлка; 4 – канал для відведення гною; в: 1–4 – допоміжні виробничі та адміністративно-побутові приміщення; 5 – стійлові місця; 6 – кормові проходи; 7 – проходи для обслуговуючого персоналу та переміщення тварин; 8 – тамбури для виходу тварин; 9 – тамбур для заїзду тракторного причепа; 10 – годівниці; 11 – гнойові канали

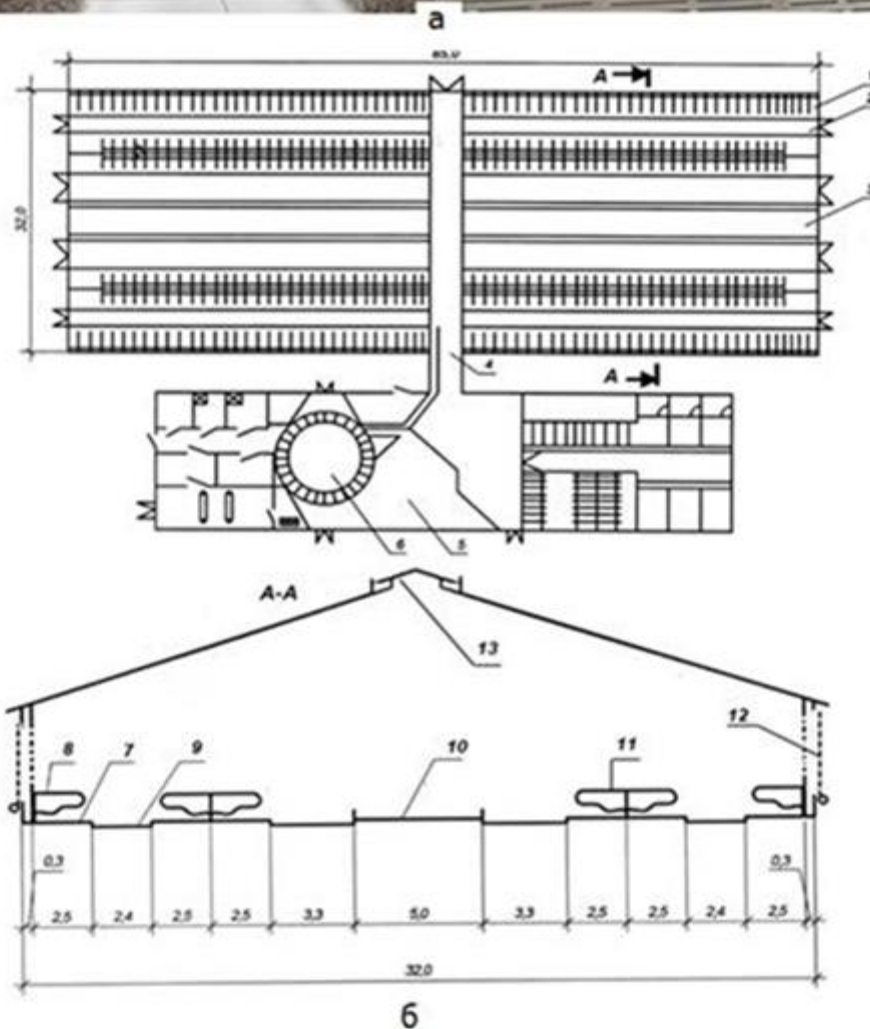
Рисунок 1.1 – Прив'язна технологія утримання ВРХ

Безприв'язна технологія утримання, навпаки, передбачає вільне пересування тварин у приміщенні або на вигульних майданчиках. Вона може реалізовуватись у різних варіантах: боксове утримання, глибока підстилка, комбіновані системи. Найбільш поширеною є боксово-прогулянкова система, за якої тварини утримуються у групах, мають індивідуальні місця для відпочинку (бокси), а також доступ до кормового столу та водопою.

Основною перевагою безприв'язного утримання є створення більш комфортних умов для тварин, що відповідають їх природній поведінці. Це сприяє підвищенню продуктивності, зниженню захворюваності та покращенню відтворювальних показників. Крім того, така система забезпечує широкі можливості для механізації та автоматизації виробничих процесів, зокрема роздавання кормів, доїння, прибирання гною, що дозволяє значно знизити витрати праці.

Особливу увагу при виборі технології утримання слід приділяти організації процесу видалення гною, який є одним із найбільш трудомістких і важливих з точки зору санітарії та екології. У прив'язних системах, як правило, використовуються транспортери скребкового або ланцюгового типу, які працюють у вузьких гнойових каналах. У безприв'язних системах застосовуються скреперні установки, гідравлічні системи або мобільні гноєзбиральні агрегати. Вибір конкретного способу залежить від конструкції приміщення, типу підлоги, обсягу гною та рівня механізації господарства.

З позиції інженерного забезпечення виробництва безприв'язна технологія має значні переваги, оскільки дозволяє формувати потокові технологічні лінії обслуговування тварин. Це забезпечує узгоджену роботу всіх елементів системи – від годівлі до видалення відходів, що сприяє підвищенню загальної ефективності виробництва.



а – загальний вигляд; б, в – планувальна схема та поперечний розріз легкозбірного корівника на 350 голів; 1, 7 – місця відпочинку корів (бокси); 2, 9 – канали для видалення гною; 3, 10 – кормові столи; 4 – прохід для переміщення тварин; 5 – доїльно-молочне відділення; 6 – доїльна установка типу «Карусель»; 8, 11 – односекційні та двосекційні розділювачі боксів; 12 – бічні вентиляційні штори; 13 – світлоаераційний коньок

Рисунок 1.2 – Безприв'язна система утримання великої рогатої худоби

Крім того, така технологія є більш гнучкою і дозволяє впроваджувати сучасні інноваційні рішення, включаючи роботизовані системи доїння, автоматизовані системи контролю мікроклімату та моніторингу стану тварин.

Важливим фактором, що впливає на вибір технології утримання, є вимоги до якості продукції та дотримання ветеринарно-санітарних норм. Безприв'язне утримання, за умови правильної організації технологічних процесів, забезпечує кращі умови гігієни, знижує ризик контамінації молока та сприяє отриманню продукції високої якості. Водночас воно потребує більш високого рівня організації виробництва та контролю за станом приміщень і обладнання.

Економічна доцільність тієї чи іншої технології визначається співвідношенням капітальних вкладень і експлуатаційних витрат. Прив'язна система характеризується меншими початковими витратами, але вищими затратами праці та обмеженими можливостями підвищення продуктивності. Безприв'язна система потребує значних інвестицій на етапі впровадження, однак забезпечує зниження собівартості продукції за рахунок економії праці, підвищення продуктивності тварин і ефективного використання ресурсів.

З урахуванням сучасних тенденцій розвитку аграрного виробництва, орієнтованих на інтенсифікацію, ресурсозбереження та екологізацію, найбільш перспективною є безприв'язна технологія утримання ВРХ із застосуванням механізованих і автоматизованих систем обслуговування. Вона створює передумови для впровадження ефективних технологічних ліній, у тому числі ліній видалення гною, що є важливою складовою загальної системи виробництва.

Таким чином, обґрунтування вибору технології утримання великої рогатої худоби повинно базуватись на комплексному аналізі техніко-економічних, зоотехнічних та екологічних факторів. Перевага надається технологіям, які забезпечують високу продуктивність тварин, мінімальні

витрати праці, можливість широкої механізації процесів та відповідність сучасним вимогам сталого розвитку сільського господарства. Обрана технологія повинна бути основою для подальшого удосконалення окремих технологічних процесів, зокрема систем видалення гною, що є предметом даного дипломного проекту.

1.2 Основні механізовані виробничі процеси

Ефективне функціонування сучасних ферм великої рогатої худоби базується на комплексній механізації та частковій або повній автоматизації основних виробничих процесів. Механізація дозволяє значно знизити витрати праці, підвищити продуктивність тварин, покращити якість продукції та забезпечити належні санітарно-гігієнічні умови утримання. До основних механізованих виробничих процесів на фермах ВРХ відносять: водопостачання і напування, приготування та роздавання кормів, доїння і первинну обробку молока, видалення та утилізацію гною, створення і підтримання мікроклімату, а також допоміжні транспортні операції.

Комплексна механізація передбачає узгоджену роботу всіх елементів технологічної системи, що формує потокові технологічні лінії обслуговування тварин. При цьому важливе значення має не лише рівень механізації окремих операцій, але й їх взаємна узгодженість, надійність обладнання та економічна доцільність застосування.

Механізація водопостачання і напування тварин. Система водопостачання є однією з базових складових технології утримання ВРХ, оскільки забезпечує безперервне постачання води необхідної якості та кількості. Для напування тварин застосовуються індивідуальні або групові автонапувалки, які забезпечують постійний доступ до води.

Основними вимогами до систем напування є:

- безперебійність подачі води;
- відповідність санітарним нормам;
- мінімальні втрати води;

- зручність обслуговування.

Таблиця 1.1 – Основні параметри систем напування ВРХ

Показник	Значення
Добова потреба у воді на 1 корову, л	60–120
Температура води, °С	8–15
Кількість тварин на 1 напувалку	10–20
Продуктивність напувалки, л/хв	10–20

Механізація приготування та роздавання кормів. Годівля є визначальним фактором продуктивності тварин, тому механізація процесів приготування і роздавання кормів має першочергове значення. До складу технологічної лінії входять подрібнювачі, змішувачі, транспортери та кормороздавачі.

Сучасні технології передбачають використання повнораціонних кормових сумішей (TMR), які готуються у змішувачах-кормороздавачах і рівномірно розподіляються вздовж кормового столу.

Таблиця 1.2 – Характеристика машин для кормоприготування і роздавання

Вид обладнання	Призначення	Продуктивність
Подрібнювачі кормів	Подрібнення грубих кормів	3–10 т/год
Змішувачі	Приготування кормових сумішей	5–20 т/год
Кормороздавачі	Роздавання корму	5–15 т/год

Механізація доїння і первинної обробки молока. Процес доїння є одним із найбільш відповідальних, оскільки безпосередньо впливає на якість молока. Залежно від технології утримання застосовуються різні типи доїльних установок: стаціонарні (у доїльних залах) або переносні.

Сучасні доїльні установки забезпечують:

- автоматичний контроль процесу доїння;
- облік продуктивності тварин;

- зниження трудомісткості.

Таблиця 1.3 – Основні типи доїльних установок

Тип установки	Характеристика	Продуктивність
«Ялинка»	Паралельне розміщення корів	40–80 корів/год
«Паралель»	Щільне розміщення	60–100 корів/год
«Карусель»	Круговий рух платформи	100–300 корів/год

Механізація видалення гною. Видалення гною є одним із найбільш трудомістких процесів, який суттєво впливає на санітарний стан ферми. Для його механізації використовуються різні технічні засоби: скребкові транспортери, скреперні установки, гідравлічні системи, мобільні гноєзбиральні агрегати.

Основні вимоги до систем видалення гною:

- своєчасне очищення приміщень;
- мінімальні витрати енергії;
- надійність роботи;
- екологічна безпека.

Таблиця 1.4 – Порівняльна характеристика систем видалення гною

Тип системи	Переваги	Недоліки
Скребкові транспортери	Простота, надійність	Обмежена довжина
Скреперні установки	Висока продуктивність	Складність обслуговування
Гідравлічні системи	Повна автоматизація	Висока витрата води
Мобільні агрегати	Гнучкість використання	Витрати пального

Механізація створення мікроклімату. Мікроклімат у тваринницьких приміщеннях визначає комфортність утримання тварин і їх продуктивність. Основними параметрами є температура, вологість,

швидкість руху повітря та концентрація шкідливих газів.

Для забезпечення оптимальних умов використовуються вентиляційні системи, обігрівачі, зволожувачі та автоматизовані системи контролю.

Таблиця 1.5 – Оптимальні параметри мікроклімату для ВРХ

Показник	Норма
Температура повітря, °C	5–20
Вологість, %	60–75
Швидкість повітря, м/с	0,2–0,5
Концентрація аміаку, мг/м ³	≤20

Допоміжні транспортні процеси. До допоміжних процесів належать транспортування кормів, гною, підстилки, а також переміщення тварин. Для цього використовуються тракторні агрегати, транспортери, навантажувачі та спеціалізовані машини.

Рациональна організація транспортних потоків дозволяє зменшити витрати часу та підвищити ефективність виробництва.

Таким чином, механізація основних виробничих процесів на фермах великої рогатої худоби є ключовим фактором підвищення ефективності виробництва. Найбільш перспективним напрямом є створення інтегрованих механізованих технологічних ліній, які забезпечують безперервність і узгодженість усіх операцій. Особливе значення при цьому має вдосконалення процесу видалення гною, який є важливою складовою санітарного стану ферми та економічної ефективності виробництва.

1.3 Основні системи видалення гною для ферми великої рогатої худоби

Процес видалення гною на фермах великої рогатої худоби є однією з ключових складових технології утримання тварин, що безпосередньо впливає на санітарно-гігієнічний стан приміщень, здоров'я тварин,

продуктивність та екологічну безпеку виробництва. Рациональна організація цього процесу передбачає використання сучасних технічних засобів і систем, які забезпечують своєчасне очищення приміщень, ефективне транспортування та подальшу утилізацію гнойових мас.



Рисунок 1.2 – Узагальнена схема технологічного процесу збирання, видалення та утилізації гною

Технологічний процес видалення гною включає низку взаємопов'язаних операцій: збирання гною з поверхні підлоги або гнойових каналів, транспортування його до місць накопичення, тимчасове зберігання та подальше вивезення або переробку. Залежно від умов утримання тварин і рівня технічного оснащення ферми застосовуються різні системи механізації, які відрізняються принципом дії, конструкцією та способом використання.



Рисунок 1.3 – Узагальнена класифікація технічних систем і засобів збирання, видалення та утилізації гною

За способом організації роботи всі системи видалення гною поділяються на стаціонарні та мобільні. Стаціонарні системи встановлюються безпосередньо в тваринницьких приміщеннях і функціонують як складова частина технологічної лінії. Вони забезпечують регулярне очищення стійл, боксів і проходів без необхідності використання зовнішніх транспортних засобів. Мобільні засоби, навпаки, застосовуються для періодичного очищення приміщень, вигульних майданчиків та інших зон, де використання стаціонарного обладнання є недоцільним або неможливим.

За принципом дії системи видалення гною класифікують на механічні та гідравлічні. Механічні системи працюють без використання води і забезпечують переміщення гною за допомогою різних робочих органів, таких як скрепки, шнеки або лопати. Гідравлічні системи базуються на використанні води або рідких стоків для транспортування

гною по каналах і трубопроводах.

Механічні стаціонарні системи є найбільш поширеними на фермах ВРХ, особливо при прив'язному утриманні тварин. До них належать скребково-ланцюгові транспортери, які забезпечують переміщення гною по спеціальних каналах уздовж рядів стійл. Такі транспортери можуть працювати як у безперервному, так і в періодичному режимі, забезпечуючи регулярне очищення приміщень. Їх конструкція передбачає наявність горизонтальних і похилих ділянок, що дозволяє не лише транспортувати гній, але й завантажувати його в транспортні засоби або накопичувальні ємності.

Разом із тим, скребкові транспортери мають ряд недоліків, пов'язаних із їх конструктивними особливостями. Зокрема, вони забезпечують очищення лише обмеженої частини площі, потребують додаткової ручної праці для прибирання стійл, а також характеризуються підвищеним зносом робочих органів і погіршенням мікроклімату через наявність відкритих гнойових каналів.

Альтернативою скребковим транспортерам є шнекові системи видалення гною, які передбачають використання гвинтових транспортерів, встановлених у гнойових каналах. Гній переміщується за рахунок обертання шнека, що забезпечує рівномірний і безперервний транспорт матеріалу. Такі системи відзначаються високою надійністю, стійкістю до корозії та зношування, а також здатністю працювати в умовах підвищеної вологості. Додатковою перевагою є можливість перекриття каналів решітками, що покращує санітарний стан приміщень.

У системах безприв'язного утримання тварин найбільш широке застосування отримали скреперні установки. Вони забезпечують очищення гнойових проходів за допомогою робочих органів, що переміщуються зворотно-поступально вздовж проходів. Скрепери можуть мати різну конструкцію і оснащуватися ланцюговими, тросовими або гідравлічними приводами. Їх робота, як правило, автоматизована і не потребує постійної

участі обслуговуючого персоналу.

Сучасні скреперні системи здатні повністю очищати поверхню проходів, транспортувати гній до поперечних каналів або накопичувальних резервуарів, а також працювати у безперервному або циклічному режимі. Вони характеризуються високою продуктивністю, низьким енергоспоживанням і безпечністю для тварин, що робить їх одним із найбільш перспективних напрямів розвитку систем гноєвидалення.

Мобільні системи видалення гною включають тракторні агрегати, бульдозери, фронтальні навантажувачі та спеціалізовані гноєприбиральні машини. Вони використовуються для очищення відкритих майданчиків, вигульних дворів, а також приміщень з твердим покриттям. Основною перевагою таких засобів є універсальність і можливість використання в різних умовах, однак вони характеризуються вищими витратами пального та потребують залучення обслуговуючого персоналу.

Сучасний розвиток технологій сприяв появі автоматизованих і роботизованих систем видалення гною. Такі системи забезпечують автономне очищення приміщень, оснащуються датчиками та програмним управлінням, що дозволяє оптимізувати роботу обладнання і зменшити вплив людського фактору. Вони сприяють покращенню мікроклімату, зниженню рівня забруднення та підвищенню загальної ефективності виробництва.

Таким чином, існуючі системи видалення гною для ферм великої рогатої худоби відрізняються за принципом дії, рівнем механізації та технічними характеристиками. Вибір конкретної системи повинен здійснюватися з урахуванням технології утримання тварин, конструкції приміщень, економічних можливостей та вимог до екологічної безпеки. Найбільш перспективними є комплексні механізовані та автоматизовані системи, які забезпечують ефективне, безперервне та ресурсозберігаюче видалення гною, що є важливою умовою підвищення ефективності сучасного тваринництва.

1.4 Висновки до розділу

Встановлено, що вибір технології утримання тварин є базовим фактором, який визначає структуру всіх виробничих процесів. Безприв'язна система утримання має суттєві переваги порівняно з прив'язною, зокрема забезпечує кращі умови для тварин, сприяє підвищенню їх продуктивності та створює передумови для комплексної механізації й автоматизації технологічних операцій.

Дослідження існуючих систем видалення гною дозволило встановити, що вони відрізняються за принципом дії, конструктивними особливостями та ефективністю застосування. Найбільш поширеними є механічні системи (скребкові транспортери, шнекові установки, скрепери), гідравлічні системи, а також мобільні та автоматизовані технічні засоби. Кожна з цих систем має свої переваги та недоліки, що обумовлює необхідність їх раціонального вибору залежно від умов експлуатації.

Виявлено, що існуючі технічні рішення не повною мірою забезпечують ефективне очищення приміщень, характеризуються значними витратами праці та енергії, а також потребують удосконалення з точки зору надійності та економічності. Особливо це стосується систем, які застосовуються в умовах безприв'язного утримання тварин, де необхідне забезпечення повного очищення гнойових проходів та безперервності технологічного процесу.

Отже, проведений аналіз підтверджує доцільність удосконалення механізованих технологічних ліній видалення гною, зокрема шляхом розробки більш ефективних гноєзбиральних агрегатів, що забезпечують підвищення продуктивності, зниження енерговитрат і покращення експлуатаційних показників. Це є важливою передумовою підвищення ефективності функціонування сучасних тваринницьких ферм.

2 ПРОЄКТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ ДЛЯ ФЕРМИ ВРХ

2.1 Обґрунтування вибору способу утримання тварин і розробка режиму роботи ферми

В умовах сучасного тваринництва утримання великої рогатої худоби здійснюється переважно за двома основними технологіями: прив'язною та безприв'язною. Кожна з них має свої конструктивно-технологічні особливості, що визначають організацію виробничих процесів, рівень механізації та ефективність функціонування ферми в цілому.

Безприв'язна система утримання реалізується у двох основних варіантах: утримання на глибокій підстилці з вільним переміщенням тварин та боксове утримання. У першому випадку тварини вільно пересуваються у приміщенні та на вигульних майданчиках, мають постійний доступ до кормів і води, що забезпечує наближення умов утримання до природних. У другому випадку тварини утримуються групами в індивідуальних місцях для відпочинку (боксах або комбібоксах), при цьому передбачаються кормові столи або напівбокси для годівлі.

Конструктивно у таких приміщеннях передбачаються кормові проходи шириною не менше 2,2 м для забезпечення роботи кормороздавачів, а також гнойові проходи, які використовуються для механізованого видалення гною. Доїння тварин при безприв'язному утриманні, як правило, здійснюється у спеціалізованих доїльних залах, що дозволяє підвищити продуктивність праці та якість молока.

Безприв'язна технологія характеризується спрощенням обслуговування поголів'я, зменшенням кількості технологічного обладнання, а також створює сприятливі умови для широкого впровадження механізації та автоматизації виробничих процесів. Завдяки цьому досягається зниження трудомісткості та собівартості продукції.

Водночас така система потребує значних обсягів кормів і підстилкового матеріалу, а також більш ретельної організації технологічних процесів.

Таблиця 2.1 – Режим роботи ферми великої рогатої худоби (у годинах)

Найменування операції	Початок	Кінець	Тривалість
Перша зміна			
Очищення годівниць, прибирання гною	5:00	6:00	1:00
Роздавання кормів (дійне стадо)	6:00	6:45	0:45
Роздавання кормів (молодняк/відгодівля)	6:45	7:30	0:45
Доїння корів, миття обладнання	7:30	9:30	2:00
Вигул тварин	9:30	11:30	2:00
Роздавання кормів, заміна підстилки, зооветзаходи	11:30	13:30	2:00
Прибирання робочих місць, передача зміни	13:30	14:00	0:30
Друга зміна			
Доїння корів, миття обладнання	14:00	16:00	2:00
Очищення годівниць, прибирання гною	16:00	17:00	1:00
Вигул тварин	17:00	19:00	2:00
Роздавання кормів (дійне стадо)	19:00	19:45	0:45
Роздавання кормів (молодняк/відгодівля)	19:45	20:30	0:45
Доїння корів, миття обладнання	20:30	22:30	2:00
Прибирання робочих місць, передача чергування	22:30	23:00	0:30

Прив'язна система утримання передбачає індивідуальне розміщення тварин у стійлах, де вони фіксуються за допомогою відповідного обладнання. Кожне стійло оснащується годівницею, напувалкою та гнойовим каналом. Розміщення стійл у приміщенні здійснюється у вигляді паралельних поздовжніх рядів.

Годівля тварин у таких умовах організовується за допомогою стаціонарних або мобільних кормороздавачів, а видалення гною здійснюється переважно механічними транспортерами з подальшим завантаженням у транспортні засоби. Доїння може виконуватися як у молокопровід, так і з використанням переносних доїльних апаратів.

Перевагою прив'язного утримання є можливість індивідуального контролю за кожною твариною, що сприяє більш раціональному використанню кормів і може забезпечити високі показники продуктивності. Разом із тим дана система характеризується підвищеними витратами праці, що пов'язано з індивідуальним обслуговуванням тварин і обмеженими можливостями механізації окремих процесів.

З урахуванням технологічних особливостей різних груп тварин у практиці часто застосовується комбінований підхід, при якому для дійного стада використовується прив'язна система, а для молодняку та тварин на відгодівлі – безприв'язна. Такий підхід дозволяє оптимально поєднати переваги обох систем і забезпечити ефективне використання виробничих ресурсів.

Важливою складовою організації виробництва на фермі є встановлення раціонального режиму роботи, який забезпечує виконання всіх технологічних операцій у відповідності до фізіологічних потреб тварин та вимог виробництва. Режим роботи визначає послідовність і тривалість виконання операцій, розподіл праці між обслуговуючим персоналом, а також забезпечує безперервність технологічного процесу.

Зазвичай робота ферми організовується у дві зміни, що дозволяє рівномірно розподілити навантаження протягом доби та забезпечити своєчасне виконання основних операцій: годівлі, доїння, прибирання гною, зміни підстилки, ветеринарно-санітарних заходів і обслуговування обладнання.

Раціональний режим роботи передбачає:

- регулярне очищення годівниць і місць утримання тварин;
- своєчасне роздавання кормів для різних груп тварин;
- проведення доїння з дотриманням встановленої кратності;
- організацію моціону або виходу тварин;
- виконання зооветеринарних заходів;
- підтримання належного санітарного стану приміщень.

Чітка організація режиму роботи дозволяє не лише підвищити продуктивність праці персоналу, але й забезпечити стабільні показники продуктивності тварин, покращити умови їх утримання та знизити витрати ресурсів.

Таким чином, обґрунтування вибору способу утримання великої рогатої худоби та розробка раціонального режиму роботи ферми є важливими етапами проєктування механізованих технологічних ліній. Вони створюють основу для ефективної організації виробничих процесів, зокрема системи видалення гною, яка є однією з ключових ланок технології утримання тварин.

2.2 Обґрунтування структури стада та визначення умовного поголів'я

Визначення структури стада та умовної кількості тварин є необхідним етапом для розрахунку потреб ферми в кормах, а також у засобах видалення й транспортування гною. На сьогодні в господарстві утримується 196 корів та 301 голова великої рогатої худоби на відгодівлі.

Структура стада характеризується відсотковим співвідношенням різних статевих-вікових груп тварин. Чисельність тварин у кожній групі визначається за залежністю:

$$m_{\text{гр.}} = (M \cdot \delta) / 100 \quad (2.1)$$

де M – загальна кількість поголів'я, гол.; δ – частка відповідної статевих-вікової групи, %.

Для дійного стада прийнято таку структуру:

- дійні корови – 80%;
- сухостійні корови – 15%;
- телята віком до 20 днів – 5%.

Для відгодівельного стада структура має вигляд:

- телята віком 20 днів – 6 місяців – 34%;

- телята віком 6–12 місяців – 33%;
- молодняк 12–18 місяців – 33%.

Розрахунок для дійного стада:

- дійні корови: $m = (196 \cdot 80) / 100 = 157$ гол.;
- сухостійні корови: $m = (196 \cdot 15) / 100 = 29$ гол.;
- телята: $m = (196 \cdot 5) / 100 = 10$ гол.

Розрахунок для відгодівельного стада:

- телята (20 днів – 6 міс.): $m = (301 \cdot 34) / 100 = 103$ гол.;
- телята (6–12 міс.): $m = (301 \cdot 33) / 100 = 99$ гол.;
- молодняк (12–18 міс.): $m = (301 \cdot 33) / 100 = 99$ гол.

Умовне поголів'я визначають за формулою:

$$M_{\text{ум}} = \sum (m_{\text{гр.і}} \cdot K_{\text{ум.і}}), \quad (2.2)$$

де n – кількість груп у структурі стада; $m_{\text{гр.і}}$ – чисельність тварин у i -й групі, гол.; $K_{\text{ум.і}}$ – коефіцієнт переведення в умовні голови.

Для дійного стада:

$$M_{\text{ум}} = 157 \cdot 1,0 + 29 \cdot 1,0 + 10 \cdot 0,2 = 188 \text{ ум. гол.}$$

Для відгодівельного стада:

$$M_{\text{ум}} = 103 \cdot 0,47 + 99 \cdot 0,6 + 99 \cdot 1,0 = 207 \text{ ум. гол.}$$

Загальна умовна чисельність поголів'я на фермі становить:

$$M_{\text{ум.сум}} = 188 + 207 = 395 \text{ ум. гол.}$$

2.3 Зоотехнічні вимоги до технології видалення гною

Раціональна організація системи видалення гною є одним із ключових факторів ефективного функціонування тваринницьких підприємств. Своєчасне очищення приміщень і вигульних майданчиків, транспортування гною до місць зберігання, його переробка та подальше використання мають важливе виробниче, екологічне й економічне значення. Актуальність цієї проблеми зростає зі збільшенням поголів'я, рівня механізації та автоматизації процесів, а також із підвищенням вимог

до санітарно-гігієнічних умов утримання тварин і якості отримуваної продукції.

Організація системи прибирання та утилізації гною повинна базуватися на комплексному підході, що враховує забезпечення комфортних умов утримання тварин, мінімізацію негативного впливу на довкілля та максимальне використання гною як цінного органічного добрива. При цьому важливим є дотримання технологічних і ветеринарно-санітарних норм на всіх етапах – від утворення гною до його використання.

Відповідно до вимог технологічного проектування тваринницьких підприємств, системи видалення та транспортування гною повинні відповідати таким основним критеріям:

- забезпечувати постійну чистоту приміщень, проходів, вигульних майданчиків і огорожень;
- мінімізувати утворення та накопичення шкідливих газів (аміаку, сірководню, метану) у зоні перебування тварин;
- бути надійними, зручними в експлуатації та не потребувати значних витрат праці на обслуговування, ремонт і санітарну обробку;
- запобігати поширенню інфекційних агентів між окремими виробничими зонами;
- забезпечувати можливість механізації та автоматизації процесів прибирання і транспортування;
- відповідати вимогам екологічної безпеки, зокрема щодо недопущення забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод.

Однією з головних характеристик гною є його вологість, яка визначає вибір технології його видалення, транспортування та зберігання. Вологість гною залежить від типу раціону тварин, кількості та виду підстилки, а також обсягів води, що потрапляє в систему гноєвидалення під час миття обладнання, приміщень, доїння, а також унаслідок проникнення атмосферних або ґрунтових вод. З метою зменшення обсягів

гною, покращення умов його зберігання та підвищення ефективності знезараження необхідно максимально обмежувати його розбавлення водою.

За вмістом вологи гній великої рогатої худоби умовно поділяють на:

- твердий (до 81%);
- напіврідкий (82–88%);
- рідкий (понад 88%).

Початкова вологість калу ВРХ становить у середньому 83–84%, а сечі – 94,8–95%. Узагальнено вологість екскрементів молодняку приймають на рівні близько 86%, а для дійних корів – до 88%, що обумовлює переважне застосування напіврідких і рідких систем гноєвидалення.

Організація процесу прибирання гною залежить від способу утримання тварин. При прив'язному утриманні очищення стійл здійснюють 2–5 разів на добу, що дозволяє підтримувати належний санітарний стан і зменшувати концентрацію шкідливих газів. За безприв'язного утримання тварин гній із вигульних майданчиків видаляють щоденно або з інтервалом 2–3 дні, залежно від інтенсивності накопичення. У приміщеннях боксового типу прибирання гною здійснюється щоденно або через день із застосуванням механізованих засобів.

Додатково слід враховувати, що сучасні технології гноєвидалення передбачають використання скреперних установок, транспортерів, гідравлічних систем та вакуумних насосів, що дозволяє підвищити продуктивність праці, знизити витрати ручної праці та забезпечити стабільність технологічного процесу. Ефективна організація цих процесів сприяє підвищенню біобезпеки господарства, зменшенню втрат поживних речовин у гної та покращенню екологічних показників виробництва.

2.4 Аналіз можливих варіантів видалення гною з тваринницької ферми

Системи видалення гною на тваринницьких фермах поділяються на механічні та гідравлічні, кожна з яких має свої технологічні особливості, переваги та обмеження. Вибір конкретного способу визначається типом утримання тварин, планувальними рішеннями приміщень, рівнем механізації господарства та економічною доцільністю.

Механічні системи передбачають видалення гною за допомогою стаціонарних, мобільних або комбінованих засобів. При цьому можливе поєднання різних технічних рішень: наприклад, мобільні агрегати використовуються для очищення гнойових проходів із подальшим переміщенням гною в поперечні канали, а стаціонарні установки — для транспортування гною до гноєприймачів, гноєсховищ або транспортних засобів.

До стаціонарних технічних засобів належать скребкові транспортери безперервної дії (ТСН-2,0Б; ТСН-160А; ТСН-3,0Б), а також скреперні установки зворотно-поступального руху (УС-15, УС-Ф-170, УС-250). Для переміщення гною у поперечних каналах застосовують транспортери типу КНП-10, а для очищення підцілинних каналів — установки типу УС-12. Такі системи забезпечують регулярне та рівномірне видалення гною, зменшуючи потребу в ручній праці.

До мобільних засобів відносяться гноєприбиральні агрегати (АМН-Ф-20), бульдозерні навіски (БН-1), навісні бульдозери-скребки (БСН-1,5), а також змінне обладнання для навантажувачів (ПЭ-0,8Б; ПГ-0,2А). Їх використання є більш гнучким, особливо в умовах невеликих або реконструйованих ферм, однак потребує більших витрат праці та часу.

Гідравлічні системи гноєвидалення поділяються на змивні та самопливні. Змивні системи можуть працювати за принципом прямого змиву, коли гній видаляється потоком води, або за рециркуляційною

схемою, де для змивання використовується рідка фракція гною, отримана після його розділення. Такий підхід дозволяє зменшити витрати води, однак вимагає додаткового обладнання для сепарації.

Самопливні системи, у свою чергу, бувають безперервної та періодичної дії. У системах безперервного типу гній постійно переміщується по каналах завдяки ухилу та переливному порогу, тоді як у лотково-відстійних системах періодичної дії видалення здійснюється через певні інтервали часу. Ефективність таких систем значною мірою залежить від правильного проектування каналів, зокрема дотримання оптимального співвідношення їх довжини, ширини та глибини.

Слід зазначити, що гідравлічні системи ефективно функціонують переважно за безпідстилкового утримання тварин і за умови недопущення потрапляння у канали залишків грубих кормів. Водночас їх використання пов'язане з підвищеними екологічними ризиками, зокрема можливістю забруднення ґрунтових і поверхневих вод, тому вони потребують ретельного обґрунтування та дотримання природоохоронних вимог.

У разі наявності достатньої кількості підстилкових матеріалів доцільно застосовувати підстилкову технологію утримання тварин. Вона забезпечує кращі санітарно-гігієнічні умови, знижує рівень шкідливих газів у приміщенні та сприяє отриманню високоякісного органічного добрива з покращеними агрохімічними властивостями.

Загалом вибір раціональної системи видалення гною визначається сукупністю факторів: технологією утримання тварин (прив'язною чи безприв'язною), конструктивно-планувальними особливостями будівель, рівнем технічного оснащення ферми, забезпеченістю водними та підстилковими ресурсами, а також вимогами екологічної безпеки. Найбільш ефективними вважаються комбіновані рішення, які дозволяють оптимізувати витрати, підвищити надійність роботи системи та забезпечити стабільні санітарні умови утримання тварин.

2.5 Вибір і обґрунтування загальної технологічної схеми видалення гною

Технологічний процес видалення, транспортування та подальшого використання гною на тваринницькій фермі включає комплекс взаємопов'язаних операцій, які забезпечують безперервність виробництва, належний санітарний стан приміщень та ефективне використання органічних відходів. До основних етапів цього процесу належать: доставка та рівномірний розподіл підстилки у місцях утримання тварин; очищення приміщень від гною; транспортування гною до місць накопичення або зберігання (гноєсховищ).

У досліджуваному господарстві утримуються молочні корови та молодняк великої рогатої худоби на відгодівлі. Для молочного стада застосовується прив'язний підстилковий спосіб утримання, тоді як для відгодівельного – безприв'язний підстилковий. Крім того, тварини значну частину доби (близько 10–12 годин) перебувають на вигульних майданчиках, що також впливає на організацію процесів прибирання та транспортування гною.

З урахуванням зазначених умов обґрунтовано прийнято комбіновану технологічну схему видалення гною (рисунок 2.1), яка поєднує використання стаціонарних і мобільних технічних засобів.

Загальна технологічна схема відображає послідовність виконання всіх операцій, дозволяє виявити можливості їх поєднання або оптимізації, а також обґрунтовано підібрати необхідний комплекс машин і обладнання.

У приміщеннях для утримання молочного стада видалення гною здійснюється механізованим способом. Гній зі стійл за допомогою скребкових пристроїв переміщується до поздовжніх транспортерів, які транспортують його за межі корівника. Далі гній подається безпосередньо в транспортні засоби (тракторні причеми) для подальшого вивезення до гноєсховища або місця тимчасового накопичення. Така схема забезпечує

безперервність процесу, зменшує втрати часу та підвищує продуктивність праці.



Рисунок 2.1 – Узагальнена технологічна схема процесу видалення гною з корівника та приміщення для відгодівлі

Після очищення стійл і проходів у приміщенні здійснюється внесення свіжої підстилки. Для цього доцільно використовувати наявні кормороздавачі або спеціалізовані розкидачі підстилки, що дозволяє рівномірно розподілити матеріал та покращити умови утримання тварин.

У відгодівельних приміщеннях і на вигульних майданчиках, де застосовується безприв'язне утримання, гній видаляється переважно мобільними засобами. Для цього використовується розроблений мобільний гноєзбиральний агрегат, який забезпечує ефективне очищення площ з різною конфігурацією та дозволяє оперативно транспортувати гній до місць завантаження або накопичення.

Запропонована технологічна схема має низку переваг: підвищення рівня механізації виробничих процесів, зниження затрат ручної праці, покращення санітарно-гігієнічних умов утримання тварин, зменшення втрат органічної маси гною та підвищення ефективності його подальшого

використання як добрива.

Таким чином, обрана комбінована система видалення гною є технічно та економічно обґрунтованою, відповідає умовам функціонування ферми та забезпечує стабільність і ефективність технологічного процесу.

2.6 Визначення виходу гною та потреби в підстилці на фермі

Оцінка обсягів утворення гною та витрат підстилкових матеріалів є важливим етапом технологічного проектування ферми, оскільки ці показники впливають на вибір систем гноєвидалення, розміри гноєсховищ, а також організацію логістики всередині господарства. Орієнтовний добовий вихід гною визначається за залежністю:

$$G_{\text{гн}} = (g_{\text{т.ф}} + g_{\text{р.ф}} + g_{\text{під}}) \cdot M_{\text{ум}}, \quad (2.3)$$

де $g_{\text{т.ф}}$ – середньодобовий вихід твердої фракції екскрементів від однієї тварини, кг; $g_{\text{р.ф}}$ – середньодобовий вихід рідкої фракції, кг; $g_{\text{під}}$ – норма витрати підстилки на одну тварину за добу, кг; $M_{\text{ум}}$ – кількість умовного поголів'я, гол.

Для молочного стада добовий вихід гною становить:

$$G_{\text{гн.м}} = (35 + 15 + 3) \cdot 188 = 9964 \text{ кг.}$$

Для відгодівельного стада:

$$G_{\text{гн.в}} = (20 + 7 + 3) \cdot 207 = 6210 \text{ кг.}$$

При подальших розрахунках враховується, що тварини приблизно половину доби перебувають на вигульних майданчиках. У зв'язку з цим близько 50% добового виходу гною утворюється поза приміщеннями, що необхідно враховувати при плануванні систем очищення як внутрішніх, так і зовнішніх зон ферми.

Добова потреба у підстилці визначається за формулою:

$$W_{\text{під}} = g_{\text{під}} \cdot M_{\text{ум}}, \quad (2.4)$$

Для молочного стада:

$$W_{\text{під.м}} = 3,0 \cdot 188 = 564 \text{ кг.}$$

Для відгодівельного стада:

$$W_{\text{під.в}} = 3,0 \cdot 207 = 621 \text{ кг.}$$

Як підстилковий матеріал передбачається використання подрібненої соломи, яка є доступною, екологічно безпечною та сприяє поліпшенню фізико-хімічних властивостей гною. Застосування соломи дозволяє зменшити вологість гнойової маси, покращити її структуру та підвищити агрономічну цінність як органічного добрива.

Таким чином, визначені обсяги утворення гною та витрат підстилки є основою для подальшого обґрунтування параметрів технологічної лінії гноєвидалення, розрахунку місткості гноєсховищ і вибору відповідного комплексу машин та обладнання.

2.7 Обґрунтування вибору машин та визначення їх кількості для лінії видалення гною

Підбір технічних засобів для виконання окремих операцій здійснюється відповідно до прийнятої технологічної схеми (рисунок 2.1) з урахуванням необхідності забезпечення безперервності виробничого процесу, відповідності зоотехнічним вимогам та мінімізації витрат праці і енергоресурсів.

З метою вибору найбільш ефективного варіанта організації процесу гноєвидалення сформовано три альтернативні комплекти машин:

Видалення і транспортування гною з тваринницьких приміщень:

- 1 варіант: ТСН-2,0Б → 2ПТС-4М + МТЗ-82; КТУ-10А + МТЗ-82;
- 2 варіант: ТСН-3,0Б → 2ПТС-4М + МТЗ-82; РММ-5 + МТЗ-82;
- 3 варіант: Т-16М з навантажувачем → 2ПТС-4М + МТЗ-82; РММ-5 + МТЗ-82.

Кількість скребкових транспортерів визначається залежно від чисельності тварин, які обслуговуються одним агрегатом:

$$n = M / m, \quad (2.5)$$

де M – загальна кількість тварин, гол.; m – нормативне навантаження на один транспортер, гол.

Розрахунки показали:

$$n = 196 / 100 = 1,96,$$

що округлюється до двох транспортерів для кожного варіанта. Це забезпечує надійність роботи системи та резервування у випадку виходу з ладу одного з агрегатів.

У відгодівельному приміщенні, переобладнаному з типового корівника, прибирання гною здійснюється за допомогою мобільного гноєзбирального агрегату, що є доцільним з огляду на особливості планування приміщення.

Кількість мобільних агрегатів для транспортування гною визначається за співвідношенням:

$$n_{\text{моб}} = i_p / i_1, \quad (2.6)$$

де i_p – загальна кількість рейсів; i_1 – кількість рейсів, що виконує один агрегат.

Загальна кількість рейсів:

$$i_p = G_{\text{гн}} / G_{\text{моб}}, \quad (2.7)$$

де $G_{\text{моб}}$ – вантажопідйомність причепа.

Кількість рейсів одним агрегатом:

$$i_1 = T_z / T_{\text{у.моб}}, \quad (2.8)$$

де T_z – тривалість процесу прибирання; $T_{\text{у.моб}}$ – тривалість одного циклу:

$$T_{\text{у.моб}} = T_x + T_{\text{зав}} + T_p + T_{\text{роз}}, \quad (2.9)$$

де T_x – час холостого ходу; $T_{\text{зав}}$ – час завантаження; T_p – час руху з вантажем; $T_{\text{роз}}$ – час розвантаження.

У результаті розрахунків встановлено:

- загальна кількість рейсів: $i_p = 2,02$;
- тривалість одного рейсу: $T_{\text{у.моб}} = 0,86$ год;
- кількість рейсів одним агрегатом: $i_1 = 2,32$;
- необхідна кількість агрегатів: $n_{\text{моб}} = 0,87$.

Отже, для кожного варіанта приймається один мобільний агрегат, що є достатнім для забезпечення своєчасного транспортування гною.

Аналогічно визначено кількість агрегатів для доставки та розподілу підстилки. Для першого варіанта достатньо одного агрегату КТУ-10А з трактором МТЗ-82. Для другого та третього варіантів приймається по одному агрегату РММ-5 у складі тракторного поїзда.

Узагальнений склад машинно-технологічних ліній:

- 1 варіант: ТСН-2,0Б (2 шт.) → 2ПТС-4М + МТЗ-82 (1 шт.); КТУ-10А + МТЗ-82 (1 шт.);
- 2 варіант: ТСН-3,0Б (2 шт.) → 2ПТС-4М + МТЗ-82 (1 шт.); РММ-5 + МТЗ-82 (1 шт.);
- 3 варіант: Т-16М з навантажувачем (1 шт.) → 2ПТС-4М + МТЗ-82 (1 шт.); РММ-5 + МТЗ-82 (1 шт.).

Кожен із варіантів має свої техніко-економічні особливості, які будуть детально проаналізовані на наступному етапі. Зокрема, у п'ятому розділі за допомогою комп'ютерного моделювання та економічних розрахунків буде здійснено вибір оптимального варіанта лінії видалення гною з урахуванням продуктивності, енергоємності та експлуатаційних витрат.

Таким чином, запропоновані варіанти дозволяють забезпечити ефективну організацію технологічного процесу, підвищити рівень механізації ферми та створити передумови для її подальшої модернізації.

2.8 Висновки до розділу

У результаті виконаного розділу було обґрунтовано основні технологічні та інженерні рішення щодо проєктування механізованої лінії видалення гною на фермі великої рогатої худоби.

Проведений аналіз показав, що для досліджуваного господарства доцільним є комбіноване використання прив'язної системи утримання для

дійного стада та безприв'язної – для відгодівельного, що дозволяє поєднати переваги обох технологій і забезпечити ефективне використання виробничих ресурсів. Розроблений режим роботи ферми забезпечує раціональну організацію основних технологічних процесів відповідно до фізіологічних потреб тварин.

Визначено структуру стада та розраховано умовне поголів'я, яке становить 395 умовних голів, що стало базою для подальших технологічних і технічних розрахунків. На основі цього обґрунтовано зоотехнічні вимоги до системи гноєвидалення, які передбачають забезпечення належного санітарно-гігієнічного стану приміщень, зниження негативного впливу на довкілля та ефективне використання гною як органічного добрива.

Виконано аналіз існуючих систем видалення гною, у результаті якого встановлено, що найбільш раціональним для даних умов є застосування механічних та комбінованих систем із використанням стаціонарних транспортерів і мобільних агрегатів. Це дозволяє забезпечити гнучкість технологічного процесу та підвищити рівень його надійності.

Обґрунтовано загальну технологічну схему видалення гною, яка передбачає механізоване очищення приміщень, транспортування гною до місць накопичення та використання мобільних засобів для обслуговування вигульних майданчиків. Визначено добовий вихід гною (9964 кг для молочного стада та 6210 кг для відгодівельного), а також потребу в підстилці, що дозволяє коректно розрахувати параметри системи гноєвидалення та обсяги гноєсховищ.

Проведено підбір машин і обладнання та сформовано три альтернативні варіанти технологічних ліній, які забезпечують повний цикл видалення та транспортування гною. Розрахунками встановлено необхідну кількість транспортерів і мобільних агрегатів, що гарантує безперервність технологічного процесу та відповідність зоотехнічним вимогам.

3 РОЗРОБКА ГНОЄЗБИРАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

3.1 Зоотехнічні вимоги до мобільного агрегату

Враховуючи функціональне призначення розроблюваного мобільного агрегату, яке полягає у ефективному очищенні вигульних майданчиків і кормогнойових проходів тваринницьких приміщень від гною, до нього висувається комплекс зоотехнічних, технічних і експлуатаційних вимог.

Передусім агрегат повинен забезпечувати якісне та рівномірне очищення поверхонь без залишків гною, що є важливим для підтримання належного санітарно-гігієнічного стану та запобігання накопиченню шкідливих газів і патогенних мікроорганізмів. Робочі органи машини мають характеризуватись високою зносостійкістю, довговічністю та стійкістю до агресивного хімічного середовища гною.

Важливою вимогою є можливість регулювання продуктивності агрегату залежно від умов експлуатації, ступеня забруднення поверхні та площі обробки. Конструкція машини повинна бути максимально простою, технологічною у виготовленні та зручною в обслуговуванні, що дозволить знизити витрати на її експлуатацію та ремонт.

Особливу увагу необхідно приділити забезпеченню легкого очищення агрегату від залишків гною, а також можливості проведення його миття і дезінфекції, що є обов'язковою умовою дотримання ветеринарно-санітарних норм.

З точки зору організації технологічного процесу, прибирання гною з вигульних майданчиків і кормогнойових проходів доцільно здійснювати з періодичністю один раз на 2–3 доби. При цьому під час очищення приміщень тварини повинні бути виведені на вигульні майданчики. Тривалість виконання операції має бути мінімальною: для корівника на 200 голів – не більше 30 хвилин, а для приміщення на 400 голів – до 40

хвилин, що забезпечує безперервність технологічного процесу та мінімізує стрес для тварин.

3.2 Аналіз існуючих засобів механізації прибирання гною та обґрунтування об'єкта розробки

Для очищення вигульних майданчиків і кормогнойових проходів у тваринницьких приміщеннях широко застосовуються мобільні гноєприбиральні засоби, до яких належать бульдозери, навантажувачі-бульдозери та спеціалізовані агрегати.

Бульдозери (типу Д-444, Д-606) оснащуються неповоротним відвалом, жорстко закріпленим перпендикулярно до поздовжньої осі трактора. Для підвищення ефективності їх роботи конструкцією передбачаються бокові закрilки, які зменшують втрати гною при переміщенні. Основною перевагою таких машин є простота конструкції та надійність. Водночас їх використання має суттєві недоліки: пошкодження покриття вигульних майданчиків гусеничними рушіями, невідповідність габаритів воротам приміщень, а також погіршення мікроклімату через викиди відпрацьованих газів при роботі в закритих приміщеннях.

Більш універсальними є навантажувачі-бульдозери (ПЭ-0,8Б, ПБ-35), які поєднують функції очищення та навантаження гною. Наприклад, навантажувач ПЭ-0,8Б обладнаний стрілою, грейфером і бульдозерним відвалом, що дозволяє виконувати комплекс операцій: переміщення гною до місця накопичення та його подальше завантаження у транспортні засоби. Його продуктивність досягає 80 т/год, що робить його ефективним для великих обсягів робіт. Аналогічно працює і грейферний навантажувач ПГ-0,2А, який має менші габарити та високу маневреність.

Окрему групу становлять спеціалізовані мобільні агрегати (БН-1, БСН-1,5, АМН-Ф-20), які призначені безпосередньо для прибирання гною. Вони працюють за принципом згрібання гною відвалом і транспортування

його до накопичувальних майданчиків. Продуктивність таких машин становить: БН-1 – до 40 т/год, БСН-1,5 – 200–500 м²/год, АМН-Ф-20 – близько 20 т/год. Їх перевагами є простота конструкції та можливість агрегатування з поширеними тракторами.



ДТ-75



ПЕ-Ф-1А



ПНД-250



АМН-Ф-20

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд існуючих засобів механізації
прибирання гною

Разом із тим аналіз показав наявність суттєвих недоліків існуючих засобів:

- використання пасивних робочих органів (бульдозерного типу), що не забезпечують повного очищення поверхні;

- необхідність застосування додаткових машин (навантажувачів) для завантаження гною;
- недостатня транспортуюча здатність і ефективність у закритих приміщеннях;
- обмежена універсальність при різних умовах утримання тварин.

З урахуванням виявлених недоліків та вимог сучасного тваринництва обґрунтовано вибір об'єкта конструкторської розробки – мобільного гноєприбирального агрегату, який поєднуватиме функції очищення, навантаження та транспортування гною. Такий агрегат повинен забезпечувати ефективну роботу як у приміщеннях, так і на відкритих майданчиках незалежно від способу утримання тварин.

Запропонований підхід дозволить підвищити продуктивність праці, зменшити кількість задіяної техніки, скоротити витрати на виконання технологічних операцій та покращити санітарно-гігієнічні умови на фермі.

3.3 Опис технологічної схеми агрегату та принципу його роботи

Розроблюваний мобільний агрегат для прибирання гною у тваринницьких приміщеннях за безприв'язного способу утримання тварин являє собою комплекс технічних засобів, що включає енергетичний модуль – самохідне шасі типу Т-16М – та навісне технологічне обладнання.

До складу навісного обладнання входять робочий ківш із ріжучим ножем, дві підйомні стріли, приводний вал та з'єднувальні елементи, що забезпечують жорсткість і надійність конструкції. З метою підвищення ефективності використання агрегату та максимального завантаження транспортної частини шасі його платформа обладнується нарощеними (наставними) бортами, що дозволяє збільшити об'єм перевезеного гною.

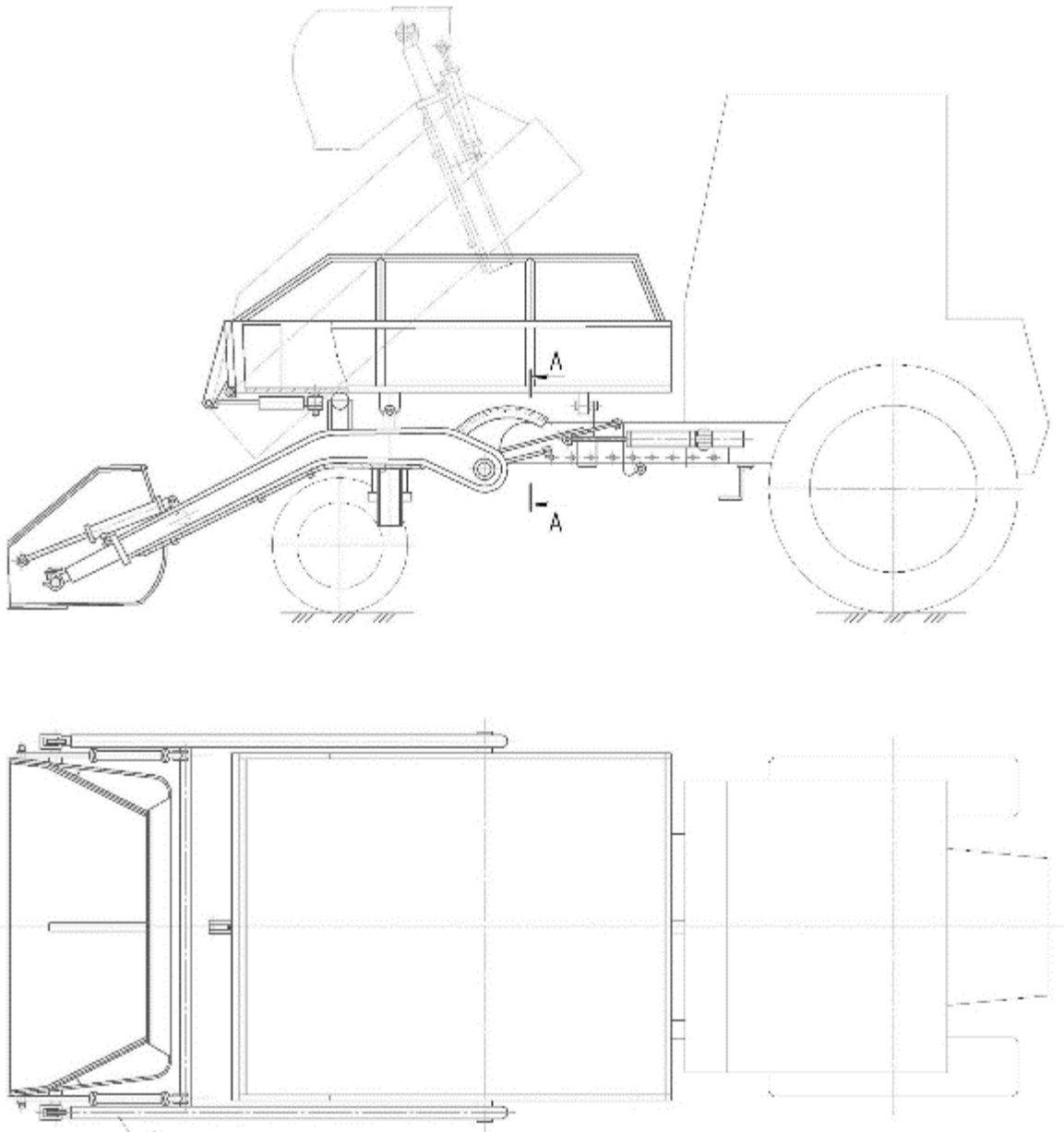


Рисунок 3.2 – Конструктивно-технологічна схема мобільного агрегату для прибирання гною

Технологічна схема роботи агрегату передбачає поєднання операцій збирання, навантаження та транспортування гною в межах одного робочого циклу. Це дозволяє суттєво скоротити кількість допоміжних операцій і підвищити загальну продуктивність процесу.

Принцип дії агрегату полягає в наступному. Перед початком роботи за допомогою гідравлічної системи ківш опускається до поверхні підлоги або вигульного майданчика. Під час руху агрегату вперед ріжуча крайка

ковша зрізає шар гною, який накопичується всередині ковша. Завдяки конструкції робочого органа забезпечується ефективне очищення поверхні та мінімальні втрати матеріалу.

Після заповнення ковша оператор за допомогою гідравлічного приводу піднімає його та здійснює перекидання над платформою самохідного шасі. Гній вивантажується на платформу, після чого цикл збирання повторюється до повного заповнення транспортної ємності.

Після завершення завантаження ківш переводиться у транспортне положення, і агрегат здійснює переміщення до гноєсховища. Вивантаження гною здійснюється шляхом підйому платформи за допомогою гідроциліндра, що забезпечує самоскидний принцип розвантаження.

Після розвантаження агрегат повертається до місця роботи, і технологічний цикл повторюється.

Запропонована технологічна схема має ряд переваг, зокрема: скорочення кількості машин у технологічному процесі, підвищення продуктивності праці, зменшення тривалості циклу прибирання, а також покращення санітарного стану приміщень. Крім того, поєднання функцій збирання, навантаження і транспортування в одному агрегаті дозволяє знизити експлуатаційні витрати та підвищити ефективність використання техніки на фермі.

3.4 Технологічний розрахунок мобільного агрегату

Продуктивність мобільного гноєприбирального агрегату є одним із ключових показників, що визначає ефективність його використання в технологічному процесі. Вона розраховується за залежністю:

$$W_{M.a} = (V_K \cdot \varepsilon \cdot \rho_{гн}) / t_{ц}, \quad (3.1)$$

де V_K – місткість кузова, м^3 ; ε – коефіцієнт заповнення кузова ($\varepsilon = 0,75 \dots 0,85$); $\rho_{\text{гн}}$ – об’ємна маса розпушеного гною, $\text{кг}/\text{м}^3$; $t_{\text{ц}}$ – тривалість одного робочого циклу (рейсу), год.

Місткість кузова з урахуванням наставних бортів визначається як:

$$V_K = a \cdot b \cdot h_n, \quad (3.2)$$

де a – довжина кузова, м; b – ширина кузова, м; h_n – висота кузова з наставними бортами, м.

Геометричні параметри довжини та ширини приймаються відповідно до технічних характеристик самохідного шасі Т-16М, а висота обґрунтовується умовами максимально допустимого навантаження та безпечного транспортування. У результаті:

$$V_K = 1,85 \cdot 1,45 \cdot 0,6 = 1,6 \text{ м}^3.$$

Тривалість одного циклу роботи агрегату визначається з урахуванням усіх операцій:

$$t_{\text{ц}} = (t_x + t_{\text{зав}} + t_{\text{т}} + t_{\text{роз}}) \cdot K_o, \quad (3.3)$$

де t_x – час холостого ходу; $t_{\text{зав}}$ – час завантаження; $t_{\text{т}}$ – час транспортування завантаженого агрегату; $t_{\text{роз}}$ – час розвантаження; K_o – коефіцієнт, що враховує втрати часу ($K_o = 1,1 \dots 1,2$).

Час холостого переміщення визначається як:

$$t_x = l_{\text{с-п}} / v_x, \quad (3.4)$$

де $l_{\text{с-п}}$ – відстань від приміщення до гноєсховища, км; v_x – швидкість незавантаженого агрегату, км/год.

$$t_x = 0,5 / 5 = 0,1 \text{ год.}$$

Тривалість завантаження кузова:

$$t_{\text{зав}} = G / W_{\text{зав}}, \quad (3.5)$$

де G – вантажопідйомність шасі, кг; $W_{\text{зав}}$ – продуктивність при завантаженні, кг/год.

Продуктивність завантаження:

$$W_{\text{зав}} = (3600 \cdot q_{\text{п}} \cdot K_v \cdot \rho_{\text{гн}}) / T_{\text{ц}}, \quad (3.6)$$

де q_n – об'єм ковша, m^3 ; K_v – коефіцієнт використання часу; $T_{\text{ц}}$ – тривалість одного циклу завантаження, с.

Тривалість циклу:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{зап}} + T_{\text{під}} + T_v + T_{\text{оп}}, \quad (3.7)$$

де відповідно враховано час заповнення, підйому, вивантаження та опускання ковша.

$$T_{\text{ц}} = 150 + 15 + 10 + 15 = 190 \text{ с.}$$

Тоді:

$$W_{\text{зав}} = (3600 \cdot 0,35 \cdot 0,95 \cdot 600) / 190 = 3780 \text{ кг/год},$$

$$t_{\text{зав}} = 900 / 3780 = 0,24 \text{ год.}$$

Час транспортування завантаженого агрегату:

$$t_t = l_{\text{с-п}} / v_p = 0,5 / 5 = 0,1 \text{ год.} \quad (3.8)$$

Час розвантаження приймається за технічною характеристикою:

$$t_{\text{роз}} = 0,02 \text{ год.}$$

Отже, загальна тривалість циклу:

$$t_{\text{ц}} = (0,1 + 0,24 + 0,1 + 0,02) \cdot 1,15 = 0,53 \text{ год.}$$

Продуктивність агрегату:

$$W_{\text{М.а}} = (0,6 \cdot 0,85 \cdot 600) / 0,53 = 1540 \text{ кг/год.}$$

Для визначення необхідної кількості мобільних агрегатів використовується співвідношення:

$$n = W_{\text{т.л}} / W_{\text{М.а}}, \quad (3.9)$$

де $W_{\text{т.л}}$ – продуктивність технологічної лінії.

$$W_{\text{т.л}} = [0,5 \cdot (G_{\text{гн.м}} + G_{\text{гн.в}}) + 0,5 \cdot G_{\text{гн.в}}] / T_{\text{л}}, \quad (3.10)$$

де $T_{\text{л}}$ – тривалість прибирання гною протягом доби.

$$W_{\text{т.л}} = [0,5 \cdot (9964 + 6210) + 0,5 \cdot 6210] / 4 = 2798 \text{ кг/год.}$$

Тоді:

$$n = 2798 / 1540 = 1,82.$$

Остаточню приймається два мобільні агрегати, що забезпечує виконання технологічного процесу в задані строки та створює резерв продуктивності.

Таким чином, проведений технологічний розрахунок підтверджує доцільність використання двох мобільних агрегатів, що дозволяє забезпечити своєчасне видалення гною, підвищити ефективність виробництва та покращити санітарний стан тваринницьких приміщень і вигульних майданчиків.

3.5 Визначення необхідної потужності двигуна трактора для приводу агрегату

Для забезпечення ефективної роботи мобільного гноєприбирального агрегату необхідно визначити потужність двигуна енергетичного засобу, яка повинна компенсувати всі сили опору, що виникають у процесі очищення поверхні та переміщення гною. Розрахунок необхідної потужності виконується за формулою:

$$N_T = (W \cdot v_T) / \eta_T, \quad (3.11)$$

де v_T – робоча швидкість руху агрегату, м/с; η_T – коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора; W – сумарний опір, який виникає під час роботи агрегату, Н.

Загальний опір визначається як сума окремих складових:

$$W = W_P + W_{PP} + W_B + W_T, \quad (3.12)$$

де W_P – опір різанню (зчищенню) гною ножем ковша; W_{PP} – опір переміщення призми волочіння; W_B – опір тертя гною по поверхні ковша; W_T – опір руху трактора з агрегатом.

Опір різанню гною визначається залежністю:

$$W_P = K_C \cdot F_h, \quad (3.13)$$

де K_C – питомий опір зчищення гною (приймається 50...70 кН/м²); F_h – площа поперечного перерізу шару гною перед ковшем, м².

Площа перерізу:

$$F_h = h_{сер} \cdot b_o, \quad (3.14)$$

де $h_{сер}$ – середня товщина шару гною, м; b_o – робоча ширина ковша, м.

$$F_h = 0,02 \cdot 1,5 = 0,03 \text{ м}^2,$$

$$W_p = 50 \cdot 0,03 = 1,5 \text{ кН (1500 Н)}.$$

Опір переміщення призми волочіння визначається:

$$W_{\text{ПР}} = G_{\text{ПР}} \cdot f \cdot g, \quad (3.15)$$

де $G_{\text{ПР}}$ – маса призми гною, кг; f – коефіцієнт тертя гною по підлозі; g – прискорення вільного падіння, м/с².

Маса призми:

$$G_{\text{ПР}} = (B \cdot L \cdot h_{\text{сер}} \cdot \rho) / \text{tg}\varphi, \quad (3.16)$$

де B – висота ковша, м; L – ширина ковша, м; ρ – щільність гною, кг/м³; φ – кут природного укосу гною.

$$G_{\text{ПР}} = (0,6 \cdot 1,5 \cdot 0,02 \cdot 1020) / \text{tg}63^\circ = 9,4 \text{ кг},$$

$$W_{\text{ПР}} = 9,4 \cdot 0,9 \cdot 9,8 = 82,9 \text{ Н}.$$

Опір тертя гною по ковшу:

$$W_B = G_{\text{ПР}} \cdot f_1 \cdot g, \quad (3.17)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя гною по металевій поверхні ковша.

$$W_B = 9,4 \cdot 0,85 \cdot 9,8 = 78,3 \text{ Н}.$$

Опір руху агрегату:

$$W_T = G_T \cdot f_k \cdot g, \quad (3.18)$$

де G_T – маса трактора з агрегатом, кг; f_k – коефіцієнт опору перекочуванню.

$$W_T = 2140 \cdot 0,02 \cdot 9,8 = 419,4 \text{ Н}.$$

Сумарний опір:

$$W = 1500 + 82,9 + 78,3 + 419,4 = 2080,6 \text{ Н}.$$

Тоді необхідна потужність двигуна:

$$N_T = (2080,6 \cdot 0,55) / 0,85 = 1346 \text{ Вт} \approx 1,35 \text{ кВт}.$$

Отримане значення потужності є відносно невеликим, що пояснюється невеликою товщиною шару гною та помірними швидкостями роботи агрегату. Однак при виборі трактора необхідно враховувати запас потужності (не менше 20–30%) для компенсації можливих пікових навантажень, нерівностей поверхні, змін вологості гною та інших експлуатаційних факторів.

Таким чином, розрахунок підтверджує, що використання самохідного шасі типу Т-16М або аналогічного трактора є достатнім для приводу розроблюваного агрегату, забезпечуючи надійну та стабільну роботу в умовах тваринницької ферми.

3.6 Розрахунок основних елементів конструкції на міцність

На даному етапі виконано перевірку міцності найбільш навантажених з'єднань мобільного агрегату, що забезпечують надійність і довговічність його роботи в умовах експлуатації.

Перевірка міцності з'єднання «корпус стріли – зачіп»

З'єднання корпусу стріли із зачепом реалізується за допомогою болта діаметром 13 мм. Оскільки навантаження прикладене в площині стику, болт працює переважно на зріз.

Умова міцності болта на зріз має вигляд:

$$\tau = 4Q / (\pi d^2) \leq [\tau], \quad (3.19)$$

де τ – дійсне напруження зрізу, МПа; Q – сила, що діє у з'єднанні, Н; d – діаметр болта, мм; $[\tau]$ – допустиме напруження зрізу, МПа.

Підставляючи числові значення, отримаємо:

$$\tau = (4 \cdot 2080,6) / (3,14 \cdot 13^2) = 15,7 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження визначається як:

$$[\tau] = 0,4 \cdot \sigma_T, \quad (3.20)$$

де σ_T – границя текучості матеріалу болта.

Для сталі 35: $\sigma_T = 320$ МПа, тоді:

$$[\tau] = 0,4 \cdot 320 = 128 \text{ МПа.}$$

Оскільки $15,7 \text{ МПа} < 128 \text{ МПа}$, умова міцності виконується з достатнім запасом, що свідчить про надійність даного з'єднання навіть при можливих динамічних навантаженнях.

Дане з'єднання працює під дією розтягувальних зусиль, що виникають у процесі передачі навантаження. Умова міцності на розтяг записується у вигляді:

$$\sigma_p = F_3 / (\pi d^2 / 4) \leq [\sigma]_p / 1,3, \quad (3.21)$$

де $[\sigma]_p$ – допустиме напруження розтягу (350 МПа); 1,3 – коефіцієнт, що враховує додаткові напруження від кручення; d – діаметр болта, мм; F_3 – сила зтягування, Н.

Сила зтягування визначається за формулою:

$$F_3 = (\sigma_3 \cdot A_c) / Z, \quad (3.22)$$

де σ_3 – напруження зтягування (приймаємо 85 МПа); A_c – площа стику, мм²; Z – кількість болтів.

Площа стику:

$$A_c = (\pi \cdot D^2) / 4, \quad (3.23)$$

де D – діаметр стику.

$$A_c = (3,14 \cdot 140^2) / 4 = 15386 \text{ мм}^2.$$

Тоді:

$$F_3 = (85 \cdot 15386) / 12 = 108984 \text{ Н}.$$

Необхідний діаметр болта визначаємо:

$$d \geq \sqrt{[(1,3 \cdot F_3) / (\pi \cdot [\sigma]_p / 4)]}, \quad (3.24)$$

$$d = \sqrt{[(1,3 \cdot 108984) / (3,14 \cdot 350 / 4)]} = 15,7 \text{ мм}.$$

З урахуванням стандартного ряду кріпильних елементів приймаємо 12 болтів діаметром М16, що забезпечує необхідний запас міцності та надійність роботи вузла.

Таким чином, проведені розрахунки показали, що обрані конструктивні елементи та параметри болтових з'єднань повністю відповідають умовам міцності. Запас міцності є достатнім для роботи агрегату в реальних виробничих умовах, включаючи вплив змінних і динамічних навантажень. Це підтверджує правильність прийнятих конструктивних рішень і забезпечує надійну експлуатацію розроблюваного обладнання.

3.7 Висновки до розділу

У результаті виконаного розділу було науково обґрунтовано та розроблено мобільний гноєприбиральний агрегат, який відповідає сучасним зоотехнічним, технологічним і експлуатаційним вимогам. Проведений аналіз існуючих технічних засобів виявив їхні суттєві недоліки, що зумовило доцільність створення універсального агрегату, здатного поєднувати функції збирання, навантаження та транспортування гною. Розроблена конструктивно-технологічна схема та принцип роботи агрегату забезпечують підвищення продуктивності процесу та скорочення кількості технологічних операцій. Виконані технологічні розрахунки підтвердили достатню продуктивність агрегату та необхідність використання двох машин для забезпечення безперервності процесу. Розрахунок тягових параметрів і потужності показав, що агрегат може ефективно працювати з використанням самохідного шасі типу Т-16М, а перевірка міцності основних елементів засвідчила їх надійність і відповідність умовам експлуатації. Таким чином, запропонований агрегат є технічно обґрунтованим, ефективним у використанні та сприяє підвищенню рівня механізації, зниженню витрат і покращенню санітарно-гігієнічних умов на фермі.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Організація безпечних умов праці та забезпечення екологічної безпеки є невід'ємною складовою ефективного функціонування тваринницьких підприємств. Процес прибирання гною на фермі великої рогатої худоби мобільними агрегатами супроводжується впливом комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що вимагає впровадження системи організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів.

До основних небезпечних факторів при виконанні робіт із прибирання гною належать: рухомі частини машин і механізмів, підвищений рівень шуму і вібрації, загазованість повітря (аміак, сірководень, метан), підвищена вологість, слизькі поверхні, а також можливість контакту з біологічно небезпечними середовищами. Крім того, небезпеку становить робота техніки у замкнених приміщеннях, що може призводити до накопичення відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння.

Для запобігання виробничому травматизму до роботи на мобільних гноєприбиральних агрегатах допускаються лише особи, які досягли 18-річного віку, мають відповідну кваліфікацію, пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктаж з охорони праці, а також навчання з безпечної експлуатації техніки. Перед початком роботи оператор зобов'язаний перевірити технічний стан агрегату, справність гальмівної системи, рульового управління, гідравліки, освітлення та сигналізації.

Особливу увагу слід приділяти безпеці при роботі з гідравлічними системами, оскільки витік робочої рідини під тиском може призвести до травмування персоналу. Забороняється виконувати ремонт або технічне обслуговування агрегату при працюючому двигуні чи піднятих робочих органах без їх надійної фіксації.

Під час роботи агрегату необхідно дотримуватись безпечної швидкості руху, уникати різких маневрів, забезпечувати достатню видимість робочої зони. Забороняється перебування сторонніх осіб у зоні роботи машини. У приміщеннях перед початком прибирання гною тварини повинні бути виведені на вигульні майданчики, що зменшує ризик травмування як людей, так і тварин.

Для зниження негативного впливу шкідливих газів необхідно забезпечити ефективну вентиляцію приміщень. Рекомендується застосовувати природну та примусову вентиляцію, а також обмежувати тривалість перебування техніки з двигунами внутрішнього згоряння у закритих приміщеннях. За можливості доцільно використовувати техніку з електричним приводом або забезпечувати виведення вихлопних газів за межі приміщення.

Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, зокрема спецодягом, гумовим взуттям, рукавицями, захисними окулярами та, за необхідності, респіраторами. Після завершення робіт необхідно проводити санітарну обробку рук та спецодягу, що є важливим для профілактики інфекційних захворювань.

Важливим аспектом є забезпечення пожежної безпеки. На фермі повинні бути передбачені первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники, пожежні щити), а персонал повинен бути навчений діям у разі виникнення пожежі. Забороняється зберігання легкозаймистих матеріалів поблизу місць роботи техніки.

З точки зору охорони навколишнього середовища, процес прибирання, транспортування та зберігання гною повинен бути організований таким чином, щоб мінімізувати негативний вплив на ґрунти, водні ресурси та атмосферне повітря. Основними джерелами екологічної небезпеки є витік рідкої фракції гною, забруднення поверхневих і підземних вод, а також викиди шкідливих газів.

Для запобігання забрудненню довкілля необхідно облаштовувати гноєсховища з водонепроникним покриттям, що виключає проникнення фільтрату у ґрунт. Майданчики для тимчасового зберігання гною повинні мати ухил для відведення рідкої фракції у спеціальні накопичувачі. Забороняється складування гною безпосередньо на ґрунті без відповідної ізоляції.

Раціональне використання гною як органічного добрива є важливим елементом екологічно безпечного ведення господарства. Перед внесенням у ґрунт гній повинен проходити процес біотермічного знезараження, що забезпечує знищення патогенних мікроорганізмів і насіння бур'янів. Дотримання норм внесення дозволяє уникнути перенасичення ґрунтів поживними речовинами та запобігти забрудненню водних об'єктів.

Зменшення викидів аміаку та інших газів досягається шляхом своєчасного прибирання гною, використання підстилки, ущільнення гнойових мас під час зберігання та накриття гноєсховищ. Також ефективним є застосування сучасних технологій переробки гною, зокрема компостування та біогазових установок, що дозволяє отримувати додаткову енергію та зменшувати екологічне навантаження.

Організація системи охорони праці та захисту навколишнього середовища повинна базуватись на вимогах чинного законодавства, зокрема Закону України «Про охорону праці», Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», а також відповідних санітарних норм і правил. Регулярний контроль за дотриманням цих вимог, проведення інструктажів, аудитів і моніторингу стану виробничого середовища є необхідною умовою безпечної та ефективної роботи ферми.

Таким чином, впровадження комплексу заходів з охорони праці та екологічної безпеки під час прибирання гною мобільними агрегатами дозволяє не лише знизити рівень виробничого травматизму, але й мінімізувати негативний вплив на довкілля, підвищити ефективність виробництва та забезпечити сталість функціонування тваринницького підприємства.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

5.1 Методика визначення економічної ефективності технологічної лінії видалення гною

Для вибору оптимальної технологічної лінії видалення гною було сформовано три альтернативні варіанти, які відрізняються складом машинно-тракторних агрегатів, рівнем механізації окремих операцій та енергетичними засобами. Кожен варіант забезпечує виконання повного циклу робіт: видалення гною з приміщень, транспортування до гноєсховища та внесення підстилки.

До складу першого варіанта входять: скребкові транспортери ТСН-2,0Б – 2 шт. (видалення гною з корівника); трактор ЮМЗ-6Л – 1 шт.; причіп 2ПТС-4М – 1 шт. (транспортування гною); трактор МТЗ-82 – 1 шт. (допоміжні роботи); кормороздавач КТУ-10А – 1 шт. (внесення підстилки).

До складу другого варіанта входять: скребкові транспортери ТСН-3,0Б – 2 шт.; трактор МТЗ-82 – 1 шт.; причіп 2ПТС-4М – 1 шт.; трактор ЮМЗ-6Л – 1 шт.; розкидач підстилки РММ-5 – 1 шт.

До складу третього варіанта входять: розроблюваний мобільний гноєприбиральний агрегат на базі Т-16М – 1–2 шт. (видалення гною з корівника); трактор ЮМЗ-6Л – 1 шт.; причіп 2ПТС-4М – 1 шт. (вивезення гною до гноєсховища); трактор Т-40АМ – 1 шт.; розкидач підстилки РММ-5 – 1 шт.

Економічне обґрунтування вибору технологічної лінії видалення гною є завершальним етапом проєктування та передбачає визначення найбільш раціонального варіанта з точки зору мінімізації витрат і забезпечення ефективного функціонування ферми. Основним критерієм оцінки є питомі приведені витрати, які дозволяють порівняти різні варіанти за єдиною узагальненою характеристикою.

Вибір оптимального варіанта здійснюється шляхом порівняння декількох альтернативних технологічних схем, що відрізняються складом машин, рівнем механізації, енергоспоживанням та організацією процесу. Найбільш доцільним вважається варіант із мінімальними питомими приведеними витратами за умови дотримання зоотехнічних, технологічних і екологічних вимог.

Питомі приведені витрати визначаються як відношення сумарних приведених витрат до річного обсягу продукції, що переробляється:

$$C_{\text{шт}} = \frac{\sum Z}{G_{\text{доб}} \cdot Z_p}, \quad (5.1)$$

де $\sum Z$ – сумарні приведені витрати по всіх машинах лінії, грн; $G_{\text{доб}}$ – добовий обсяг гною, т/добу; Z_p – кількість днів роботи лінії протягом року.

Сумарні приведені витрати визначаються як сума витрат по кожній машині, що входить до складу технологічної лінії:

$$\sum Z = \sum Z_i. \quad (5.2)$$

Приведені експлуатаційні витрати для окремої машини включають витрати на оплату праці, енергоносії, амортизацію, ремонт і технічне обслуговування:

$$Z_i = C_{\text{праці}} + C_{\text{енергії}} + C_{\text{палива}} + C_{\text{аморт}} + C_{\text{рем}}. \quad (5.3)$$

Витрати на оплату праці визначаються за формулою:

$$C_{\text{праці}} = n \cdot C_T, \quad (5.4)$$

де n – кількість працівників; C_T – погодинна тарифна ставка.

У сучасних умовах України доцільно приймати: погодинна оплата праці – 120–180 грн/год.

Витрати на електроенергію:

$$C_{\text{енергії}} = N_e \cdot C_{\text{ел}}, \quad (5.5)$$

де N_e – потужність електродвигунів, кВт; $C_{\text{ел}}$ – вартість електроенергії (6,0–6,5 грн/кВт·год).

Витрати на паливо:

$$C_{\text{палива}} = N \cdot g \cdot C_{\text{пал}}, \quad (5.6)$$

де N – потужність двигуна, к.с.; g – питомі витрати палива;
 $C_{\text{пал}}$ – вартість палива (55–65 грн/л).

Амортизаційні витрати:

$$C_{\text{аморт}} = B \cdot \frac{a}{100}, \quad (5.7)$$

де B – балансова вартість машини, грн; a – норма амортизації (8–12%).

Витрати на ремонт і технічне обслуговування:

$$C_{\text{рем}} = B \cdot \frac{b}{100}, \quad (5.8)$$

де b – норматив витрат на ремонт (8–12%).

Балансова вартість машин у сучасних умовах (для розрахунків) приймається орієнтовно: трактори – 0,4–1,5 млн грн; транспортери – 150–400 тис. грн; причепи – 120–300 тис. грн; кормороздавачі – 130–300 тис. грн.

Для підвищення точності та швидкості розрахунків доцільно використовувати комп'ютерні програми або електронні таблиці, які дозволяють автоматизувати процес оптимізації та враховувати велику кількість параметрів.

Слід зазначити, що економічний критерій не є єдиним при виборі технологічної лінії. Остаточне рішення приймається з урахуванням:

- надійності та довговічності обладнання;
- відповідності зоотехнічним вимогам;
- рівня механізації та автоматизації;
- умов експлуатації;
- екологічної безпеки.

Таким чином, методика визначення економічної ефективності базується на комплексному підході, що поєднує економічні, технічні та зоотехнічні показники, і дозволяє обґрунтовано обрати оптимальний варіант технологічної лінії видалення гною.

5.2 Розрахунок річного економічного ефекту та терміну окупності

Для більш повного обґрунтування вибору оптимального варіанта технологічної лінії, крім питомих приведених витрат, доцільно визначити річний економічний ефект та термін окупності. Ці показники дають змогу оцінити не лише поточну економічність використання комплексу машин, а й ефективність капітальних вкладень у впровадження обраного варіанта.

Річний обсяг роботи технологічної лінії визначається за формулою

$$Q_p = G_{\text{доб}} \cdot Z_p, \quad (5.3)$$

де $G_{\text{доб}}$ – добовий обсяг гною, що видаляється технологічною лінією, т/добу;
 Z_p – кількість днів роботи лінії протягом року.

Приймаємо:

$$G_{\text{доб}} = 5,2 \text{ т/добу}, \quad Z_p = 365 \text{ днів.}$$

Тоді річний обсяг роботи становитиме

$$Q_p = 5,2 \cdot 365 = 1898 \text{ т/рік.}$$

За результатами попереднього економічного аналізу з урахуванням сучасних умов господарювання прийнято такі питомі приведені витрати:

- для варіанта 1 – 196 грн/т;
- для варіанта 2 – 192 грн/т;
- для варіанта 3 – 188 грн/т.

Річні приведені витрати для кожного варіанта визначаються за формулою

$$Z_{\text{річ}} = C_{\text{пит}} \cdot Q_p, \quad (5.4)$$

де $C_{\text{пит}}$ – питомі приведені витрати, грн/т; Q_p – річний обсяг роботи лінії, т/рік.

Для першого варіанта

$$Z_1 = 196 \cdot 1898 = 372008 \text{ грн/рік.}$$

Для другого варіанта

$$Z_2 = 192 \cdot 1898 = 364416 \text{ грн/рік.}$$

Для третього варіанта

$$Z_3 = 188 \cdot 1898 = 356824 \text{ грн/рік.}$$

Річний економічний ефект від упровадження більш ефективного варіанта визначають як різницю річних приведених витрат порівнюваних варіантів:

$$E_p = Z_6 - Z_n, \quad (5.5)$$

де Z_6 – річні приведені витрати базового варіанта, грн/рік; Z_n – річні приведені витрати нового (ефективнішого) варіанта, грн/рік.

У такому разі річний економічний ефект від використання третього варіанта порівняно з першим становитиме

$$E_{1-3} = 372008 - 356824 = 15184 \text{ грн/рік.}$$

Річний економічний ефект від використання третього варіанта порівняно з другим становитиме

$$E_{2-3} = 364416 - 356824 = 7592 \text{ грн/рік.}$$

Для визначення доцільності впровадження вибраного варіанта необхідно також розрахувати капітальні вкладення в кожен комплект машин. Загальна сума капітальних вкладень визначається як сума вартостей усіх машин, що входять до складу технологічної лінії:

$$K = \sum B_i, \quad (5.6)$$

де B_i – вартість окремої машини або агрегату, грн.

За прийнятими розрахунковими даними маємо:

для першого варіанта

$$K_1 = 662000 \text{ грн,}$$

для другого варіанта

$$K_2 = 652800 \text{ грн,}$$

для третього варіанта

$$K_3 = 642200 \text{ грн.}$$

Різниця капітальних вкладень між варіантами становить:

$$\Delta K_{1-3} = K_1 - K_3 = 662000 - 642200 = 19800 \text{ грн},$$

$$\Delta K_{2-3} = K_2 - K_3 = 652800 - 642200 = 10600 \text{ грн}.$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень визначають за формулою

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K}{E_p}, \quad (5.7)$$

де ΔK – додаткові капітальні вкладення, грн; E_p – річний економічний ефект, грн/рік.

Для наочності результати розрахунків наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Порівняльна економічна оцінка варіантів технологічної лінії

Показник	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Склад МТП	ТСН-2,0Б (2 шт.); МТЗ-82 (1 шт.); 2ПТС-4М (1 шт.); КТУ-10А (1 шт.)	ТСН-3,0Б (2 шт.); МТЗ-82 (1 шт.); 2ПТС-4М (1 шт.); РММ-5 (1 шт.)	Модернізований Т-16М (1 шт.) МТЗ-82 (1 шт.); 2ПТС-4М (1 шт.); РММ-5 (1 шт.)
Питомі приведені витрати, грн/т	196	192	188
Річний обсяг роботи, т/рік	1898	1898	1898
Річні приведені витрати, грн/рік	372008	364416	356824
Капітальні вкладення, грн	1003000	901000	642200
Економічний ефект відносно варіанта 3, грн/рік	15184	7592	–
Зменшення капітальних вкладень відносно варіанта 3, грн	19800	10600	–
Термін окупності, рік	1,3	1,39	–

Однак у даному випадку третій варіант має одночасно менші капітальні вкладення та менші річні приведені витрати порівняно з першим і другим варіантами. Це означає, що додаткових капітальних витрат для його впровадження не потрібно. Навпаки, при виборі третього варіанта господарство одразу отримує економію як за інвестиційними витратами, так і за витратами експлуатації.

Отже, виконані розрахунки показують, що найбільш економічно доцільним є третій варіант технологічної лінії. Він характеризується найменшими питомими приведеними витратами, найнижчими річними експлуатаційними витратами та найменшими капітальними вкладеннями. Крім того, його впровадження забезпечує річний економічний ефект у розмірі 15184 грн порівняно з першим варіантом і 7592 грн порівняно з другим. Таким чином, третій варіант є оптимальним як за економічними, так і за техніко-експлуатаційними показниками.

ВИСНОВКИ

1. У результаті проведеного аналізу встановлено, що технологія утримання тварин є визначальним чинником формування всіх виробничих процесів на фермі, при цьому безприв'язна система має суттєві переваги, оскільки забезпечує кращі умови утримання тварин, підвищення їх продуктивності та створює сприятливі умови для впровадження комплексної механізації й автоматизації. Дослідження існуючих систем видалення гною показало, що вони відрізняються за принципом дії та ефективністю, однак жодна з них не є універсальною і потребує адаптації до конкретних умов господарства. Виявлено, що традиційні технічні рішення не забезпечують повною мірою якісного очищення приміщень, характеризуються підвищеними витратами праці та енергії і мають обмежену ефективність, особливо в умовах безприв'язного утримання тварин. У зв'язку з цим обґрунтовано доцільність удосконалення технологічних ліній гноєвидалення шляхом впровадження більш ефективних мобільних агрегатів, що дозволяє підвищити продуктивність процесу, знизити експлуатаційні витрати, забезпечити належний санітарний стан приміщень і, в цілому, підвищити ефективність функціонування сучасних тваринницьких підприємств.

2. У результаті виконаного розділу було комплексно обґрунтовано технологічні та інженерні рішення щодо організації механізованої лінії видалення гною на фермі великої рогатої худоби, встановлено доцільність комбінованого застосування прив'язної та безприв'язної систем утримання тварин, визначено структуру стада та умовне поголів'я, що стало основою для подальших розрахунків, а також сформульовано зоотехнічні вимоги до системи гноєвидалення з урахуванням санітарно-гігієнічних і екологічних аспектів. Проведений аналіз існуючих технічних рішень показав переваги механічних і комбінованих систем, що забезпечують гнучкість і надійність технологічного процесу, на підставі чого розроблено загальну

технологічну схему видалення гною та визначено його добовий вихід і потребу в підстилці. У результаті підбору обладнання сформовано три альтернативні варіанти технологічних ліній, для яких визначено необхідну кількість машин і агрегатів, що забезпечують безперервність процесу та відповідність сучасним вимогам ефективного функціонування тваринницького виробництва. 1 варіант: ТСН-2,0Б (2 шт.) → 2ПТС-4М + МТЗ-82 (1 шт.); КТУ-10А + МТЗ-82 (1 шт.); 2 варіант: ТСН-3,0Б (2 шт.) → 2ПТС-4М + МТЗ-82 (1 шт.); РММ-5 + МТЗ-82 (1 шт.); 3 варіант: Т-16М з навантажувачем (1 шт.) → 2ПТС-4М + МТЗ-82 (1 шт.); РММ-5 + МТЗ-82 (1 шт.).

3. У результаті виконаного розділу було науково обґрунтовано та розроблено мобільний гноєприбиральний агрегат, який відповідає сучасним зоотехнічним, технологічним і експлуатаційним вимогам. Проведений аналіз існуючих технічних засобів виявив їхні суттєві недоліки, що зумовило доцільність створення універсального агрегату, здатного поєднувати функції збирання, навантаження та транспортування гною. Розроблена конструктивно-технологічна схема та принцип роботи агрегату забезпечують підвищення продуктивності процесу та скорочення кількості технологічних операцій. Виконані технологічні розрахунки підтвердили достатню продуктивність агрегату та необхідність використання двох машин для забезпечення безперервності процесу. Розрахунок тягових параметрів і потужності показав, що агрегат може ефективно працювати з використанням самохідного шасі типу Т-16М, а перевірка міцності основних елементів засвідчила їх надійність і відповідність умовам експлуатації. Таким чином, запропонований агрегат є технічно обґрунтованим, ефективним у використанні та сприяє підвищенню рівня механізації, зниженню витрат і покращенню санітарно-гігієнічних умов на фермі.

4. У результаті встановлено, що забезпечення безпечних умов праці та екологічної безпеки під час прибирання гною є обов'язковою умовою

ефективного функціонування ферми, оскільки вплив небезпечних виробничих факторів потребує впровадження комплексу організаційних і технічних заходів, які дозволяють знизити рівень травматизму, мінімізувати негативний вплив на довкілля та забезпечити стабільність і ефективність виробничих процесів.

5. За результатами порівняльної економічної оцінки встановлено, що найбільш ефективним є третій варіант технологічної лінії, який характеризується найменшими питомими приведеними витратами (188 грн/т), найнижчими річними витратами (356824 грн/рік) та мінімальними капітальними вкладеннями (642200 грн). Порівняно з першим і другим варіантами він забезпечує річний економічний ефект відповідно 15184 грн і 7592 грн, а також дозволяє зменшити обсяг інвестицій. Крім того, варіанти 1 і 2 мають термін окупності понад один рік (1,3–1,39 року), тоді як третій варіант є економічно доцільним уже на етапі впровадження. Таким чином, третій варіант слід вважати оптимальним як за економічними, так і за техніко-експлуатаційними показниками.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ouatahar, L., Bannink, A., Zentek, J., Amon, T., Deng, J., Hempel, S., Janke, D., Beukes, P., van der Weerden, T., Krol, D., Lanigan, G. J., & Amon, B. (2024). An integral assessment of the impact of diet and manure management on greenhouse gas emissions in dairy cattle systems. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.07.007>
2. Symeon, G. K., Akamati, K., Dots, V., Karatosidi, D., Bizelis, I., & Laliotis, G. P. (2025). Manure management as a potential mitigation tool to eliminate greenhouse gas emissions in livestock systems. *Sustainability*, 17(2), 586. <https://doi.org/10.3390/su17020586>
3. Feng, X., Smith, W., & VanderZaag, A. C. (2023). Dairy manure nutrient recovery reduces greenhouse gas emissions and transportation cost in a modeling study. *Frontiers in Animal Science*, 4, 1134817. <https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1134817>
4. Niles, M. T., Wiltshire, S., Lombard, J., Branan, M., Vuolo, M., Chintala, R., & Tricarico, J. (2022). Manure management strategies are interconnected with complexity across U.S. dairy farms. *PLoS ONE*, 17(6), e0267731. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0267731>
5. Ariningsih, E., Erwidodo, Irawan, A. R., & Saliem, H. P. (2022). Dairy cattle manure utilization by smallholder dairy farmers in West Java, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 361, 03013. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202236103013>
6. Unal, I. O., & Unal, H. B. (2011). Evaluation of manure management in dairy cattle farms: The case of Izmir-Tire (Turkey) region. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(5), 741–747. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2011.4339>
7. Fawi, N. (2019). Effect of manure management strategies implemented in dairy farms on animal health and milk hygiene in Khartoum,

Sudan. International Journal of Sudan Research.
<https://doi.org/10.47556/J.IJSR.8.2.2018.2>

8. Research, Society and Development. (2025). Smart farm for managing poultry, cattle, and pig waste to mitigate climate change. Research, Society and Development, 14(6), e10214649009. <https://doi.org/10.33448/rsd-v14i6.49009>

9. Wavhal, N., Dhaka, P., Kaur, S., & Wakchaure, N. (2025). Manure management in dairy cattle: Insights into regional variability and sustainable approaches. Environmental Quality Management, 35(2), e70221. <https://doi.org/10.1002/tqem.70221>

10. Ріпний, В. О. (2021). Обґрунтування технологічного процесу прибирання гною на фермі великої рогатої худоби (Магістерська робота). ДДАЕУ.

11. Садурський, Є. В. (2016). Удосконалення технології видалення та утилізації гною в господарстві ДГ «Олександрівське» (Дипломний проєкт). Вінницький національний аграрний університет.

12. Панасенко, В. А. (2021). Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів сепаратора рідкого гною (Магістерська робота). ДДАЕУ.

13. ВНТП-АПК-01.05. (2005). Відомчі норми технологічного проектування. Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). Мінагрополітики України.

14. Голуб, Г. А. (2005). Механіко-технологічне обґрунтування технічних засобів для агропромислового виробництва їстівних грибів (Автореф. дис. докт. техн. наук).

15. Кудря, В. О. (2015). Обґрунтування параметрів робочого органу роторно-лопатєвого типу навісного модуля до розкидувача органічних добрив (Автореф. дис.).

16. Голуб, Г. І., Кухарець, С. М., Марус, О. А., Павленко, С. І., Лопатько, К. Г., & Скоробогатов, Д. В. (2017). Механіко-технологічні

основи процесів виробництва органічної продукції рослинництва. НУБіП України.

17. Шевченко, І. А., Ляшенко, О. О., & Павленко, С. І. (2011). Проблеми і рішення утилізації органічних відходів тваринництва в Україні. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України, 15(29), 448–456.

18. Кобець, А. С., Ільченко, В. Ю., Бутенко, В. Г., Кухаренко, П. М., Демидов, О. А., Деркач, О. Д., Колбасін, В. О., & Плехотько, А. В. (2007). Дипломне проектування з машиновикористання у рослинництві (За ред. А. С. Кобця). ДДАУ.

19. Голуб, Г. І., Кухарець, С. М., Марус, О. А., Павленко, С. І., Лопатько, К. Г., & Скоробогатов, Д. В. (2017). Механіко-технологічні основи процесів виробництва органічної продукції рослинництва. НУБіП України.

20. Golub, G., Pavlenko, S., & Kukharets, S. (2017). Analytical research into the motion of organic mixture components during formation of compost clamps. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(1), 30–35.

21. Павленко, С. І., Ляшенко, О. О., & Філоненко, Ю. А. (2014). Експериментальні дослідження процесу біоконверсного компостування пташиного посліду. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України, 196(1), 400–409.

22. Павленко, С. І. (2014). Механіко-математична модель процесу розвантаження лопаті барабанного робочого органу аератора гноє-компостної суміші. Вісник Львівського національного університету. Агроінженерні дослідження, 18, 96–99.

23. Павленко, С. І. (2017). Вплив технологічних факторів на процеси компостування. Механізація та електрифікація сільського господарства, 105, 144–153.

24. Павленко, С. І. (2016). Чисельне моделювання процесу змішування компонентів компостної суміші робочим органом змішувача формувальника буртів. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки, 3(95), 42–48.
25. Павленко, С. І. (2016). Чисельне моделювання процесу змішування компонентів гноє-компостної суміші лопатевим робочим органом. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України, 254, 44–55.
26. Павленко, С. І. (2017). Зміна хімічного складу гноє-компостної суміші посліду в результаті його компостування в натурних буртах. Вісник Житомирського національного агроекономічного університету, 2(61), 163–169.
27. Павленко, С. І. (2015). Ресурсозбереження в біоконверсії органічної сировини. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 5(2), 156–166.
28. Павленко, С. І., Дудін, В. Ю., & Акіменко, Р. М. (2016). Моніторинг ринку та технічних засобів виробництва твердих органічних добрив. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, 170, 34–45.
29. Харитонов, В. І., & Алієв, Е. Б. (2015). Методика інженерного розрахунку параметрів змішувача-аератора гноє-компостних сумішей. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти, 3, 132–137.
30. Харитонов, В. І., & Алієв, Е. Б. (2016). Зміна фракційного складу гноє-компостних буртів у результаті їх перелопачування змішувачем-аератором. In Крамаровські читання (pp. 105–109).
31. Aliiev, E., Pavlenko, S., Aliieva, O., & Morhun, O. (2021). Accelerated biothermal composting of manure-compost mixture. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science*, 32(2), 169–181. <https://doi.org/10.15159/jas.21.30>

32. Aliiev, E., Pavlenko, S., Golub, G., & Bielka, O. (2022). Research of mechanized process of organic waste composting. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science*, 33(1), 21–32. <https://doi.org/10.15159/jas.22.04>

33. Голуб, Г. А., & Павленко, С. І. (2018). Зміна фракційного складу гноєкомпостної суміші посліду в результаті його компостування в буртах. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 282, 61–73.

34. Романюха, І. О., & Дудін, В. Ю. (2014). Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств (2-ге вид.). Нова ідеологія.

35. Смоляр, В. І. (2006). Досвід країн Європи з розвиненим молочним скотарством з облаштування корівників. *Молочное дело*, 9, 64–67.

Додатки

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

Удосконалення механізованої технологічної лінії видалення гною для ферми великої рогатої худоби з розробкою гноєзбирального агрегату

Демонстраційний матеріал до дипломного проєкту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-3-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»
Навроцький Євгеній Олегович

Керівник: д.т.н., старший дослідник
Алієв Ельчин Бахтияр огли

Дніпро, 2026

