

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра інжинірингу технічних систем

**Пояснювальна записка**

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

**Удосконалення процесу видалення гною на молочній фермі  
великої рогатої худоби з розробкою скребкового транспортера**

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

\_\_\_\_\_ Кирлаш Олег Андрійович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Лупко Кристина Олегівна

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем  
Рівень вищої освіти: «Бакалавр»  
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
інжинірингу технічних систем  
(назва кафедри)  
ДОЦЕНТ  
(вчене звання)  
Дудін В.Ю.  
(підпис) (прізвище, ініціали)  
«05» травня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Кирлаш Олег Андрійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення процесу видалення гною на молочній фермі великої рогатої худоби з розробкою скребкового транспортера

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

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

2. Строк подання здобувачем проєкту 07.06.2026 р.

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Характеристика галузі тваринництва. 2. Обґрунтування інженерного забезпечення процесу. 3. Удосконалення скребкового транспортера. 4. Охорона праці. 5. Економічна оцінка. Загальні висновки. Бібліографічний список

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

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

## 6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання: 05.05.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

**Здобувач**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Кирлаш О.А.**

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**Керівник проєкту**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Лупко К.О.**

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

[illegible]

|           |       |  |  |                    |                |
|-----------|-------|--|--|--------------------|----------------|
| Н. контр. | Івлєв |  |  | дипломного проекту | ДДАЕУ, АІ-2-22 |
| Затверд.  | Дудін |  |  |                    |                |

### АНОТАЦІЯ

Кирлаш О.А. Удосконалення процесу видалення гною на молочній фермі великої рогатої худоби з розробкою скребкового транспортера / Дипломний проєкт на здобуття ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Дипломний проєкт присвячено удосконаленню процесу видалення гною на молочній фермі ВРХ з розробкою скребкового транспортера. Роботу виконано на прикладі ТОВ «Фаворит», де утримується 398 корів у двох корівниках прив'язного типу.

У роботі наведено характеристику підприємства, проаналізовано існуючу систему гноєвидалення, визначено її основні недоліки та обґрунтовано необхідність модернізації. Запропоновано удосконалену конструкцію скребкового транспортера, виконано технологічні, кінематичні та міцнісні розрахунки його основних елементів.

Розглянуто питання охорони праці під час експлуатації обладнання та виконано економічну оцінку запропонованого рішення. Встановлено, що впровадження удосконалення дозволяє підвищити якість очищення гнойових каналів, зменшити ручну працю та покращити санітарний стан корівників.

Ключові слова: ВРХ, молочна ферма, гній, гноєвидалення, скребковий транспортер, прив'язне утримання, механізація.

## ЗМІСТ

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП                                                          | 8  |
| 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА                           | 10 |
| 1.1 Загальні відомості про підприємство                        | 10 |
| 1.2 Характеристика тваринництва                                | 12 |
| 1.3 Характеристика приміщень ферми                             | 14 |
| 1.4 Спосіб та технологія утримання ВРХ                         | 16 |
| 1.5 Механізація робіт на фермі ВРХ                             | 17 |
| 1.6 Обґрунтування теми дипломного проєкту                      | 19 |
| 1.7 Висновки                                                   | 21 |
| 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ               | 22 |
| 2.1 Постановка завдання на проєктування                        | 22 |
| 2.2 Обґрунтування технології видалення гною                    | 23 |
| 2.3 Визначення продуктивності технологічного процесу           | 24 |
| 2.4 Технічне забезпечення процесу                              | 26 |
| 2.5 Розрахунок кількості гноєсховищ                            | 30 |
| 2.6 Висновки                                                   | 32 |
| 3 УДОСКОНАЛЕННЯ СКРЕБКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА                       | 34 |
| 3.1 Обґрунтування важливості питання                           | 34 |
| 3.2 Вихідні дані                                               | 35 |
| 3.3 Стан питання і постановка завдання                         | 36 |
| 3.4 Розробка варіанту удосконалення                            | 39 |
| 3.5 Розрахунок геометричних та кінематичних параметрів         | 41 |
| 3.6 Розрахунок елементів на міцність                           | 44 |
| 3.7 Висновки                                                   | 48 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ                                                | 50 |
| 4.1 Загальні вимоги охорони праці при видаленні гною           | 50 |
| 4.2 Інструкція з охорони праці для оператора транспортера гною | 52 |
| 4.3 Висновки                                                   | 56 |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ | 57 |
| 5.1 Вихідні дані                               | 57 |
| 5.2 Результати економічної оцінки              | 58 |
| 5.3 Висновки                                   | 60 |
| ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ                         | 61 |
| БІБЛІОГРАФІЯ                                   | 63 |
| ДОДАТКИ                                        | 65 |

## ВСТУП

Молочне скотарство є однією з важливих галузей тваринництва, яка забезпечує населення цінною харчовою продукцією та створює стабільну сировинну базу для переробної промисловості. Ефективність виробництва молока значною мірою залежить не лише від породного складу тварин, рівня годівлі та ветеринарного обслуговування, а й від технічного забезпечення основних виробничих процесів на фермі. Особливо важливе значення має механізація трудомістких операцій, до яких належить видалення гною з тваринницьких приміщень.

На молочних фермах великої рогатої худоби процес видалення гною безпосередньо впливає на санітарно-гігієнічний стан приміщень, мікроклімат, умови праці обслуговуючого персоналу та продуктивність тварин. Несвоєчасне або неякісне очищення гнойових каналів призводить до підвищення вологості, накопичення шкідливих газів, забруднення стійл і проходів, погіршення стану кінцівок тварин та збільшення витрат ручної праці. Тому вдосконалення технічних засобів для видалення гною є актуальним завданням для сучасних молочних ферм.

У ТОВ «Фаворит», розташованому в с. Дмитрівка Синельниківського району Дніпропетровської області, утримується 398 корів у двох корівниках прив'язного типу. За такої технології утримання гній накопичується у гнойових каналах за стійловими місцями і повинен регулярно видалятися механізованим способом. Існуюче обладнання для гноєвидалення має ознаки фізичного зношування, не завжди забезпечує повне очищення каналів і потребує періодичного ручного доочищення. Це знижує ефективність технологічного процесу та погіршує умови праці на фермі.

Актуальність теми дипломного проєкту полягає в необхідності підвищення ефективності процесу видалення гною на молочній фермі великої рогатої худоби шляхом удосконалення скребкового транспортера. Запропоноване техні-

чне рішення має забезпечити більш якісне очищення гнойових каналів, зменшення навантаження на робочі органи, підвищення надійності обладнання та скорочення витрат ручної праці.

Метою дипломного проєкту є удосконалення процесу видалення гною на молочній фермі ВРХ з розробкою скребкового транспортера для умов ТОВ «Фаворит».

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: надати характеристику тваринницької галузі підприємства; проаналізувати існуючу технологію видалення гною; обґрунтувати інженерне забезпечення процесу гноєвидалення; розробити варіант удосконалення скребкового транспортера; виконати необхідні технологічні, кінематичні та міцнісні розрахунки; розглянути питання охорони праці під час експлуатації обладнання; визначити економічну доцільність запропонованого удосконалення.

## 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА

### 1.1 Загальні відомості про підприємство

Товариство з обмеженою відповідальністю «Фаворит» розташоване в селі Дмитрівка Синельниківського району Дніпропетровської області. Місце розташування господарства є сприятливим для ведення молочного скотарства, оскільки підприємство має зручне транспортне сполучення з районними центрами, доступ до сільськогосподарських угідь і можливість організації власної кормової бази.

ТОВ «Фаворит» є сільськогосподарським підприємством молочно-тваринницького напрямку, діяльність якого пов'язана з виробництвом молока, вирощуванням ремонтного молодняку великої рогатої худоби та заготівлею кормів для власних потреб. Господарство розміщене в зоні інтенсивного землеробства, що дає змогу поєднувати рослинницьку і тваринницьку галузі в єдину виробничу систему.

Основним виробничим напрямом підприємства є молочне скотарство. Рослинницька галузь виконує переважно кормозабезпечувальну функцію: на орних землях вирощують кукурудзу на силос, багаторічні трави, зернові культури та кормові суміші. Це дозволяє зменшити залежність ферми від закупівельних кормів і стабілізувати собівартість виробництва молока.

Загальна земельна площа ТОВ «Фаворит» становить орієнтовно 1420 га, з яких близько 1280 га припадає на рілля. Частина угідь використовується для вирощування товарної продукції, однак основна увага приділяється формуванню власної кормової бази для молочної ферми.

Виробнича структура підприємства сформована таким чином, щоб забезпечити повний цикл виробництва молока: вирощування кормів, заготівля силосу, сінажу й сіна, приготування кормових сумішей, утримання корів, доїння, первинне охолодження молока, видалення гною та його подальше використання як органічного добрива.

Таблиця 1.1 – Загальна характеристика ТОВ «Фаворит»

| Показник                                  | Значення                                                       |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Організаційно-правова форма               | ТОВ                                                            |
| Назва підприємства                        | ТОВ «Фаворит»                                                  |
| Місце розташування                        | с. Дмитрівка, Синельниківський район, Дніпропетровська область |
| Виробничий напрям                         | молочно-тваринницький                                          |
| Загальна земельна площа, га               | 1420                                                           |
| Площа ріллі, га                           | 1280                                                           |
| Основна галузь тваринництва               | молочне скотарство                                             |
| Кількість дійних корів, гол.              | 398                                                            |
| Загальне поголів'я ВРХ зі шлейфом, гол.   | близько 620                                                    |
| Середньорічний надій молока на корову, кг | 6100–6400                                                      |
| Спосіб утримання корів                    | прив'язний                                                     |
| Кількість основних корівників             | 2                                                              |
| Місткість кожного корівника, гол.         | 200                                                            |

Підприємство має власний машинно-тракторний парк, кормоцех, складські приміщення, силосні траншеї, гноєсховище, водонапірну систему, молочний блок та допоміжні будівлі. Водночас частина технологічного обладнання ферми є фізично зношеною і потребує модернізації, зокрема обладнання для видалення гною з приміщень.

## 1.2 Характеристика тваринництва

Тваринництво у ТОВ «Фаворит» представлене переважно молочним скотарством. Основне стадо налічує 398 корів, які утримуються у двох корівниках прив'язного типу. Крім дійного стада, на фермі утримують ремонтних телиць, нетелей, телят молочного періоду та молодняк старших вікових груп. Загальна чисельність ВРХ зі шлейфом становить приблизно 620 голів.

Основним видом продукції ферми є молоко. Побічною продукцією є телята, вибракувані тварини, а також гній, який після накопичення та часткової ферментації використовується як органічне добриво на полях господарства.

Таблиця 1.2 – Структура поголів'я ВРХ у ТОВ «Фаворит»

| Група тварин             | Кількість, гол. | Частка, % |
|--------------------------|-----------------|-----------|
| Дійні корови             | 398             | 64,2      |
| Нетелі                   | 42              | 6,8       |
| Телиці старше 12 місяців | 58              | 9,4       |
| Молодняк 6–12 місяців    | 54              | 8,7       |
| Телята до 6 місяців      | 68              | 10,9      |
| Разом                    | 620             | 100,0     |

Молочне стадо сформоване переважно з тварин української чорно-рябої молочної породи з частковим використанням голштинізованого поголів'я. Такий породний склад забезпечує достатньо високий рівень молочної продуктивності за умови належної годівлі, ветеринарного обслуговування та дотримання технологічних режимів утримання.

Середньорічний надій молока на одну корову у господарстві становить орієнтовно 6100–6400 кг. Добовий надій змінюється залежно від періоду лактації,

якості кормів, пори року та санітарно-гігієнічного стану приміщень. У середньому від ферми отримують близько 6,6–6,9 т молока за добу.

Таблиця 1.3 – Основні виробничі показники молочної ферми

| Показник                               | Значення |
|----------------------------------------|----------|
| Кількість дійних корів, гол.           | 398      |
| Середньорічний надій на корову, кг     | 6250     |
| Орієнтовне річне виробництво молока, т | 2487,5   |
| Середньодобове виробництво молока, т   | 6,8      |
| Середній вміст жиру в молоці, %        | 3,7–3,9  |
| Середній вміст білка, %                | 3,1–3,3  |
| Вихід телят на 100 корів, гол.         | 82–86    |

Годівля тварин організована з урахуванням фізіологічного стану та продуктивності. До раціону входять силос кукурудзяний, сінаж, сіно, солома, концентровані корми, білково-вітамінні добавки та мінеральні компоненти. Основу зимового раціону становлять об'ємисті корми власного виробництва.

Важливою особливістю молочного скотарства є значне добове утворення гною. За прив'язного утримання корів гній накопичується у гнойових каналах за стійловими місцями і повинен своєчасно видалятися з приміщення. Несвоєчасне або неякісне очищення приміщень призводить до погіршення мікроклімату, підвищення вологості, збільшення концентрації шкідливих газів, забруднення тварин і зниження санітарної якості молока. Тому система видалення гною є однією з ключових ланок технологічного процесу на молочній фермі.

### 1.3 Характеристика приміщень ферми

Молочна ферма ТОВ «Фаворит» складається з двох основних корівників, приміщень для молодняку, молочного блоку, кормового майданчика, силосних траншей, гноєсховища та допоміжних споруд. Основні корівники призначені для прив'язного утримання дійних корів і мають місткість по 200 голів кожний. Фактичне завантаження приміщень становить 398 корів, тобто використання виробничої площі є практично повним.

Корівники мають прямокутне планування з поздовжнім розміщенням стійл. У кожному приміщенні передбачено кормові проходи, гнойові канали, стійлові місця, систему водонапування, вентиляційні отвори та технологічні проходи для обслуговування тварин. Доїння здійснюється із застосуванням молокопроводу, а первинне охолодження молока - у молочному блоці.

Таблиця 1.4 – Характеристика основних будівель молочної ферми

| Об'єкт                   | Кількість | Призначення                            | Основна характеристика         |
|--------------------------|-----------|----------------------------------------|--------------------------------|
| Корівник №1              | 1         | утримання дійних корів                 | 200 стійл, прив'язне утримання |
| Корівник №2              | 1         | утримання дійних корів                 | 200 стійл, прив'язне утримання |
| Приміщення для молодняку | 2         | утримання ремонтних телиць і молодняку | групове утримання              |
| Профілакторій для телят  | 1         | утримання телят раннього віку          | індивідуальні клітки та секції |

| Об'єкт                  | Кількість | Призначення                                | Основна характеристика                 |
|-------------------------|-----------|--------------------------------------------|----------------------------------------|
| Молочний блок           | 1         | приймання, фільтрація й охолодження молока | охолоджувач молока, насосне обладнання |
| Кормовий майданчик      | 1         | підготовка і тимчасове зберігання кормів   | навіс, бетоноване покриття             |
| Силосні траншеї         | 3         | зберігання силосу та сінажу                | залізобетонні траншеї                  |
| Гноєсховище             | 1         | накопичення гною                           | відкрита бетонована споруда            |
| Машинно-тракторний двір | 1         | зберігання і ремонт техніки                | майстерня, навіси                      |

Корівники побудовані за типовою схемою для прив'язного утримання ВРХ. Стійла розміщені рядами, між якими передбачено кормові та гнойові проходи. У задній частині стійл розташовані гнойові канали, з яких гній видаляється механізованим способом. Саме ця ділянка технологічного процесу є найбільш проблемною, оскільки наявне обладнання має значний знос і не забезпечує стабільного очищення каналів по всій довжині приміщень.

Стіни приміщень виконані з цегли та залізобетонних елементів, підлога в зонах проходів і стійл - бетонна. Утримання тварин здійснюється з використанням підстилки, що збільшує вміст соломистих домішок у гнойовій масі. Це ускладнює роботу існуючих скребкових механізмів, особливо у зимовий період, коли підвищується в'язкість гною і збільшується навантаження на тягові елементи.

Молочний блок розміщений поруч із корівниками, що скорочує довжину молокопроводних ліній і полегшує обслуговування обладнання. Гноєсховище знаходиться на віддаленні від основних тваринницьких приміщень з урахуванням санітарних вимог. Транспортування гною до місця накопичення здійснюється тракторними засобами після вивантаження його з приміщень.

#### **1.4 Спосіб та технологія утримання ВРХ**

На молочній фермі ТОВ «Фаворит» застосовується прив'язний спосіб утримання корів. Кожна тварина закріплена за окремим стійловим місцем, де здійснюються годівля, напування, відпочинок і підготовка до доїння. Така система є традиційною для господарств із корівниками старого типу і дає можливість вести індивідуальний облік продуктивності, контролювати стан кожної тварини та нормувати годівлю залежно від її продуктивності.

Технологічний процес утримання ВРХ включає такі основні операції: підготовку та доставку кормів, роздавання кормів у годівниці, напування тварин, доїння, очищення стійл, видалення гною, ветеринарно-профілактичні заходи та підтримання належного мікроклімату у приміщеннях.

Годівля корів проводиться двічі на добу. Об'ємні корми доставляються до корівників мобільними засобами, після чого розподіляються вздовж кормових проходів. Концентровані корми видаються з урахуванням продуктивності тварин. Напування забезпечується індивідуальними або груповими автонапувальками.

Доїння корів здійснюється двічі на добу з використанням доїльного обладнання з молокопроводом. Молоко після доїння надходить до молочного блоку, де проходить фільтрацію, облік та охолодження. Надалі воно зберігається в охолоджувальній ємності до відправлення на переробне підприємство.

Особливістю прив'язного утримання є те, що значна частина технологічних операцій виконується безпосередньо біля стійлових місць. Це підвищує ви-

моги до чистоти стійл, справності гнойових каналів і стабільності роботи транспортера для видалення гною. У разі відмови скребкового обладнання гній швидко накопичується в каналах, що погіршує санітарний стан приміщення і збільшує ручну працю обслуговуючого персоналу.

За добу від однієї дійної корови утворюється значна кількість гнойової маси, яка містить кал, сечу, підстилковий матеріал і залишки кормів. Для стада з 398 корів добовий обсяг гною є достатньо великим, тому його видалення повинно здійснюватися регулярно, бажано не менше двох разів на добу. Несвоєчасне очищення приміщень призводить до підвищення вологості, появи неприємного запаху, збільшення концентрації аміаку та сірководню, а також погіршення умов праці операторів ферми.

Таким чином, прив'язна система утримання, яка застосовується на фермі, потребує надійної механізованої системи видалення гною. Саме тому удосконалення скребкового транспортера є актуальним для даного підприємства.

### 1.5 Механізація робіт на фермі ВРХ

Механізація виробничих процесів на фермі ТОВ «Фаворит» охоплює основні операції з приготування і роздавання кормів, доїння, водопостачання, видалення гною та транспортування продукції. Проте рівень механізації окремих процесів є нерівномірним. Найкраще механізовані операції доїння, охолодження молока та водопостачання. Водночас система видалення гною має суттєві недоліки, пов'язані зі зношуванням тягових органів, недостатньою надійністю скребоків і нерівномірним очищенням каналів.

Таблиця 1.5 – Механізація основних робіт на молочній фермі

| Технологічна операція | Засоби механізації                        | Оцінка стану |
|-----------------------|-------------------------------------------|--------------|
| Заготівля кормів      | трактори, кормозбиральна техніка, причепа | задовільний  |

| Технологічна операція           | Засоби механізації                 | Оцінка стану                          |
|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Доставка кормів до ферми        | тракторні агрегати, причеи         | задовільний                           |
| Роздавання кормів               | мобільний кормороздавач            | потребує оновлення окремих вузлів     |
| Напування тварин                | автонапувалки, водопровідна мережа | задовільний                           |
| Доїння                          | доїльна установка з молокопроводом | задовільний                           |
| Охолодження молока              | охолоджувач молока                 | задовільний                           |
| Видалення гною з каналів        | скребкові транспортери             | незадовільний, потребує удосконалення |
| Транспортування гною до сховища | трактор із причепом                | задовільний                           |
| Вентиляція приміщень            | природна та частково примусова     | задовільний                           |

Наявна система видалення гною складається зі скребкових транспортерів, розміщених у гнойових каналах корівників. Скребки переміщують гнойову масу вздовж каналу до місця вивантаження, після чого гній транспортується за межі приміщення. Основним недоліком цієї системи є зниження ефективності роботи при підвищеній вологості, наявності довгої соломи та нерівномірному накопиченні гною в каналі.

До найбільш характерних несправностей існуючого обладнання можна віднести:

- підвищене зношування ланцюгового або тросового тягового органу;
- деформацію скребків при зустрічі з ущільненою гнойовою масою;
- неповне очищення дна і бокових зон гнойового каналу;
- збільшення енерговитрат через нерівномірне навантаження;
- часті зупинки обладнання для очищення, ремонту або регулювання;
- підвищення частки ручної праці під час аварійних ситуацій.

Через зазначені недоліки оператори ферми змушені періодично виконувати ручне доочищення каналів, що погіршує умови праці та збільшує витрати робочого часу. Крім того, нерегулярне видалення гною негативно впливає на санітарний стан приміщень, стан кінцівок тварин, чистоту вимені та якість молока.

Для підвищення ефективності роботи ферми необхідно удосконалити конструкцію скребкового транспортера шляхом підвищення надійності тягового органу, покращення форми скребка, зменшення налипання гною на робочі поверхні та забезпечення більш повного очищення гнойового каналу.

## **1.6 Обґрунтування теми дипломного проєкту**

Тема дипломного проєкту - «Удосконалення процесу видалення гною на молочній фермі великої рогатої худоби з розробкою скребкового транспортера» - обрана з урахуванням фактичного стану технологічного обладнання ТОВ «Фаворит» та виробничих потреб молочної ферми.

На підприємстві утримується 398 дійних корів у двох корівниках прив'язного типу. За такого способу утримання гній накопичується у спеціальних каналах за стійловими місцями, тому його необхідно регулярно видаляти механізованим способом. У разі недостатньої ефективності гноєвидалення погіршуються умови утримання тварин, зростають витрати праці, знижується санітарна якість молока та ускладнюється робота обслуговуючого персоналу.

Аналіз виробничих умов ферми показує, що існуюча система видалення гною не повністю відповідає сучасним вимогам. Основними причинами цього є зношеність робочих органів, нестабільність переміщення гнойової маси, підвищені витрати енергії та потреба в ручному доочищенні гнойових каналів. Особливо помітними ці недоліки стають у зимовий період, коли гнойова маса стає більш в'язкою, а наявність підстилки збільшує опір її переміщенню.

Удосконалення скребкового транспортера дозволить підвищити якість очищення гнойових каналів, зменшити кількість простоїв, скоротити витрати ручної праці та поліпшити санітарно-гігієнічний стан приміщень. Очікуваний ефект від модернізації полягає не лише у підвищенні технічної надійності обладнання, а й у створенні кращих умов для утримання тварин і роботи персоналу.

Доцільність розробки удосконаленого скребкового транспортера обумовлена такими чинниками:

- значним поголів'ям корів і великим добовим виходом гною;
- прив'язним способом утримання, за якого гнойові канали є основною зоною накопичення відходів;
- зношеністю існуючої системи гноєвидалення;
- потребою у зменшенні ручної праці;
- необхідністю покращення санітарного стану корівників;
- можливістю використання модернізованої конструкції без повної перебудови приміщень.

Метою дипломного проєкту є підвищення ефективності процесу видалення гною на молочній фермі ВРХ шляхом розробки та обґрунтування конструкції удосконаленого скребкового транспортера.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати виробничі умови молочної ферми, визначити недоліки існуючої системи гноєвидалення, обґрунтувати конструктивну схему удосконаленого транспортера, виконати основні технологічні та конструктивні розрахунки, оцінити очікувану ефективність запропонованого рішення.

Таким чином, вибрана тема є актуальною для ТОВ «Фаворит», оскільки безпосередньо пов'язана з підвищенням рівня механізації ферми, покращенням умов утримання тварин і зниженням трудомісткості обслуговування корівників.

### **1.7 Висновки**

У першому розділі наведено характеристику тваринницької галузі ТОВ «Фаворит», основним напрямом діяльності якого є виробництво молока. Встановлено, що підприємство розташоване в с. Дмитрівка Синельниківського району Дніпропетровської області, а його виробнича база дозволяє поєднувати молочне скотарство з вирощуванням кормових культур.

На фермі утримується 398 дійних корів, а загальне поголів'я ВРХ зі шлейфом становить близько 620 голів. Ферма має два основні корівники місткістю по 200 корів кожний. Утримання тварин здійснюється прив'язним способом, що передбачає регулярне очищення стійл і гнойових каналів.

Аналіз стану механізації показав, що більшість основних операцій на фермі частково або повністю механізовані. Разом з тим система видалення гною має суттєві недоліки, пов'язані зі зношуванням робочих органів, неповним очищенням каналів, підвищеними енерговитратами та необхідністю ручного доочищення.

Обґрунтовано актуальність теми дипломного проєкту, яка полягає в удосконаленні процесу видалення гною на молочній фермі ВРХ шляхом розробки скребкового транспортера. Реалізація запропонованого напрямку дозволить підвищити надійність роботи обладнання, покращити санітарний стан корівників, зменшити трудомісткість обслуговування тварин і створити передумови для підвищення ефективності виробництва молока.

## 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ

### 2.1 Постановка завдання на проєктування

Процес видалення гною на молочній фермі ТОВ «Фаворит» є однією з основних технологічних операцій, яка безпосередньо впливає на санітарно-гігієнічний стан приміщень, умови праці персоналу, чистоту тварин та якість одержуваного молока. Господарство розташоване в с. Дмитрівка Синельниківського району Дніпропетровської області. На фермі утримується 398 дійних корів у двох корівниках місткістю по 200 голів кожний. Спосіб утримання корів - прив'язний, із використанням підстилки та механізованого очищення гнойових каналів.

Вихідними даними до проєктування інженерного забезпечення процесу видалення гною є вид і кількість тварин, структура поголів'я зі шлейфом, спосіб утримання, добовий вихід гною від тварин різних вікових груп, добові витрати підстилки, кількість приміщень, довжина гнойових каналів, прийнята кратність очищення каналів, наявні засоби механізації та умови транспортування гною до сховища. Розрахунок виконано з урахуванням положень відомчих норм технологічного проєктування скотарських підприємств та систем видалення, обробки і використання гною [1, 2].

Основним завданням розділу є обґрунтування технологічної схеми видалення гною, визначення продуктивності процесу, вибір необхідної кількості скребкових транспортерів, перевірка їх продуктивності та потужності привода, а також визначення потреби у мобільному агрегаті для транспортування гною і місткості гноєсховища.

Прийняті вихідні дані відповідають умовам роботи ферми з прив'язним утриманням ВРХ. Оскільки гній містить підстилковий матеріал, залишки кормів і має неоднорідну структуру, для його видалення доцільно застосовувати механічні скребкові транспортери кругового руху, які здатні переміщувати в'язку масу вздовж гнойових каналів.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для розрахунку процесу видалення гною

| Показник                                                 | Позначення | Значення   |
|----------------------------------------------------------|------------|------------|
| Кількість дійних корів, гол.                             | $N_k$      | 398        |
| Кількість корівників, шт.                                | $n_{kp}$   | 2          |
| Місткість одного корівника, гол.                         | $N_{\Pi}$  | 200        |
| Спосіб утримання корів                                   | -          | прив'язний |
| Кратність видалення гною з каналів за добу               | $z$        | 2          |
| Середній вихід гною від однієї дійної корови, кг/добу    | $q_k$      | 55         |
| Розрахункова густина гною з підстилкою, т/м <sup>3</sup> | $\rho$     | 0,85       |
| Тривалість одного циклу очищення однієї лінії, год       | $t_{\Pi}$  | 0,35       |
| Коефіцієнт нерівномірності надходження гною              | $k_n$      | 1,20       |
| Розрахунковий строк накопичення гною у сховищі, днів     | $T_{зб}$   | 180        |

## 2.2 Обґрунтування технології видалення гною

Для ферми з прив'язним утриманням корів найбільш раціональною є поточкова технологія видалення гною, за якої гній із зони стійл надходить у гнойові канали, переміщується скребковими транспортерами до поперечного або похилого транспортера, після чого вивантажується у мобільний транспортний засіб і доставляється до гноєсховища. Така технологія не потребує докорінної реконструкції корівників, відповідає планувальним особливостям прив'язного утримання та може бути реалізована шляхом модернізації наявних каналів і транспортних ліній [1, 3].

Загальна технологічна послідовність процесу має такий вигляд: накопичення гною в гнойовому каналі за стійловими місцями; включення скребкового

транспортера; переміщення гною вздовж каналу; передача гнойової маси на похилий або вивантажувальний транспортер; завантаження в агрегат НТС-5; транспортування до гноєсховища; вивантаження та накопичення гною для подальшого використання як органічного добрива.

Порівняно з гідравлічним видаленням гною скребковий спосіб має важливі переваги для даних умов: менші витрати води, відсутність потреби у будівництві складної системи каналів гідрозмиву, можливість роботи з гном підстилкового типу, простота обслуговування та ремонтпридатність. Основними недоліками скребкових транспортерів є зношування тягового органу, підвищення навантаження при накопиченні ущільненої маси, а також потреба у правильному регулюванні натягу ланцюга або троса. Саме ці недоліки враховуються при подальшому обґрунтуванні удосконалення конструкції транспортера.

Для ТОВ «Фаворит» приймається механічна система видалення гною із застосуванням скребкових транспортерів кругового руху у кожному корівнику. У кожному приміщенні доцільно передбачити дві робочі лінії, які обслуговують гнойові канали вздовж рядів стійл. Загальна кількість робочих ліній для двох корівників становить чотири.

### 2.3 Визначення продуктивності технологічного процесу

Добовий вихід гною визначається за кількістю тварин кожної групи та питомим добовим виходом гнойової маси з урахуванням підстилки. Для укрупненого розрахунку прийнято структуру поголів'я, наведену у розділі 1: 398 дійних корів, 42 нетелі, 58 телиць старше 12 місяців, 54 голови молодняку віком 6-12 місяців та 68 телят до 6 місяців.

$$Q_{г.д} = \frac{\sum n_i q_i}{1000} \quad (2.1)$$

де  $Q_{г.д}$  - добовий вихід гною по фермі, т/добу;  $n_i$  - кількість тварин  $i$ -ої групи, гол.;  $q_i$  - питомий добовий вихід гнойової маси від однієї тварини  $i$ -ої групи, кг/добу; 1000 - коефіцієнт переведення кілограмів у тони.

Таблиця 2.2 - Розрахунок добового виходу гною на фермі

| Група тварин             | Кількість,<br>гол. | Питомий вихід<br>гною, кг/гол. добу | Добовий вихід,<br>т/добу |
|--------------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Дійні корови             | 398                | 55                                  | 21,89                    |
| Нетелі                   | 42                 | 35                                  | 1,47                     |
| Телиці старше 12 місяців | 58                 | 28                                  | 1,62                     |
| Молодняк 6-12 місяців    | 54                 | 18                                  | 0,97                     |
| Телята до 6 місяців      | 68                 | 10                                  | 0,68                     |
| Разом                    | 620                | -                                   | 26,64                    |

Отже, загальний добовий вихід гною по фермі становить 26,64 т/добу. Основна частина гною утворюється у корівниках дійного стада, тому саме для цієї зони виконується розрахунок скребкових транспортерів.

Добовий вихід гною від дійних корів визначається за формулою:

$$Q_{к.д} = \frac{N_k q_k}{1000} \quad (2.2)$$

де  $Q_{к.д}$  - добовий вихід гною від дійних корів, т/добу;  $N_k$  - кількість дійних корів, гол.;  $q_k$  - питомий вихід гнойової маси від однієї дійної корови, кг/добу.

Підставивши прийняті дані, одержуємо:

$$Q_{к.д} = \frac{398 \cdot 55}{1000} = 21,89 \text{ т/добу} \quad (2.3)$$

За умови дворазового очищення гнойових каналів та чотирьох транспортних ліній маса гною, що припадає на одну лінію за один цикл, визначається так:

$$m_{ц} = \frac{Q_{к.д}}{z n_{тр}} \quad (2.4)$$

де  $m_{ц}$  - маса гною, що видаляється однією транспортною лінією за один цикл, т;  $z$  - кількість циклів очищення за добу;  $n_{тр}$  - кількість скребкових транспортних ліній.

$$m_{ц} = \frac{21,89}{2 \cdot 4} = 2,74 \text{ т} \quad (2.5)$$

Необхідна продуктивність однієї транспортної лінії визначається з урахуванням нерівномірності надходження гною:

$$Q_{\text{потр}} = \frac{k_n m_{\text{ц}}}{t_{\text{ц}}} \quad (2.6)$$

де  $Q_{\text{потр}}$  - необхідна продуктивність однієї лінії, т/год;  $k_n$  - коефіцієнт нерівномірності надходження гною;  $t_{\text{ц}}$  - тривалість одного циклу очищення однієї лінії, год.

$$Q_{\text{потр}} = \frac{1,20 \cdot 2,74}{0,35} = 9,39 \text{ т/год} \quad (2.7)$$

Отримане значення показує, що скребковий транспортер однієї лінії повинен забезпечувати продуктивність не менше 9,4 т/год. Для перевірки прийнятої схеми визначається орієнтовна фактична продуктивність транспортера за геометричними параметрами гнойового каналу та швидкістю руху скребків:

$$Q_{\text{тр}} = 3,6bhvk_z \quad (2.8)$$

де  $Q_{\text{тр}}$  - розрахункова продуктивність транспортера, т/год;  $b$  - робоча ширина гнойового каналу, м;  $h$  - середня висота шару гною, який переміщується скребком, м;  $v$  - швидкість руху скребків, м/с;  $\rho$  - густина гнойової маси, кг/м<sup>3</sup>;  $k_z$  - коефіцієнт заповнення робочої зони скребка.

Для розрахунку прийнято:  $b = 0,50$  м,  $h = 0,070$  м,  $v = 0,18$  м/с,  $\rho = 850$  кг/м<sup>3</sup>,  $k_z = 0,60$ .

$$Q_{\text{тр}} = 3,6 \cdot 0,50 \cdot 0,070 \cdot 0,18 \cdot 850 \cdot 0,60 = 11,57 \text{ т/год} \quad (2.9)$$

Оскільки  $Q_{\text{тр}} = 11,57$  т/год більше за  $Q_{\text{потр}} = 9,39$  т/год, прийнята продуктивність скребкового транспортера є достатньою. Запас продуктивності становить близько 23 %, що є доцільним для роботи з неоднорідною гнойовою масою із домішками підстилки.

## 2.4 Технічне забезпечення процесу

Виходячи з прийнятої технології та способу утримання поголів'я, у корівниках доцільно використати скребкові транспортери кругового руху типу ТСН-160А, ТСН-3Б або їх сучасні виконання КСГ-7-02 і КСГ-8. Такі транспортери

застосовують у тваринницьких приміщеннях для переміщення гною вздовж каналів та подачі його на вивантажувальну частину [4, 5]. У дипломному проєкті ці машини розглядаються як базові аналоги для подальшого удосконалення скребкового транспортера.

Кількість скребкових транспортних ліній визначається за кількістю корів, яку може обслуговувати одна лінія. Для прив'язного утримання приймається, що одна лінія ефективно обслуговує близько 100 голів.

$$n_{\text{тр}} = \left\lceil \frac{N_{\text{к}}}{N_{\text{обс}}} \right\rceil \quad (2.10)$$

де  $n_{\text{тр}}$  - потрібна кількість скребкових транспортних ліній, шт.;  $N_{\text{к}}$  - кількість дійних корів, гол.;  $N_{\text{обс}}$  - кількість корів, яку обслуговує одна транспортна лінія, гол.; знак  $\lceil \rceil$  означає округлення до більшого цілого значення.

$$n_{\text{тр}} = \left\lceil \frac{398}{100} \right\rceil = 4 \text{ шт.} \quad (2.11)$$

Отже, для двох корівників приймається чотири скребкові транспортні лінії: по дві лінії у кожному корівнику. Така схема відповідає плануванню приміщень на 200 корів і забезпечує незалежне очищення гнойових каналів уздовж рядів стійл.

Таблиця 2.3 - Прийняте технічне забезпечення корівників скребковими транспортерами

| Об'єкт      | Кількість корів, гол. | Кількість ліній, шт. | Орієнтовна довжина контуру однієї лінії, м | Прийнята потужність двигуна, кВт |
|-------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|
| Корівник №1 | 199                   | 2                    | до 160                                     | 4,0                              |
| Корівник №2 | 199                   | 2                    | до 160                                     | 4,0                              |
| Разом       | 398                   | 4                    | -                                          | 16,0                             |

Для перевірки потужності привода визначається маса гною, яка припадає на один погонний метр завантаженої ділянки гнойового каналу:

$$m_{\text{п}} = b h \rho k_z \quad (2.12)$$

де  $m_{\text{п}}$  - маса гною на один погонний метр каналу, кг/м;  $b$  - робоча ширина каналу, м;  $h$  - середня висота шару гною, м;  $\rho$  - густина гною, кг/м<sup>3</sup>;  $k_z$  - коефіцієнт заповнення робочої зони.

$$m_{\text{п}} = 0,50 \cdot 0,070 \cdot 850 \cdot 0,60 = 17,85 \text{ кг/м} \quad (2.13)$$

Тягове зусилля транспортера визначається за сумарним опором переміщенню гною та тягового органу:

$$F = k_{\text{д}}(m_{\text{п}}L_{\text{з}}gf_{\text{г}} + m_{\text{л}}L_{\text{к}}gf_{\text{л}}) \quad (2.14)$$

де  $F$  - розрахункове тягове зусилля транспортера, Н;  $k_{\text{д}}$  - коефіцієнт динамічності;  $m_{\text{п}}$  - маса гною на один метр завантаженої ділянки, кг/м;  $L_{\text{з}}$  - довжина завантаженої ділянки транспортера, м;  $g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $f_{\text{г}}$  - коефіцієнт опору переміщенню гною по каналу;  $m_{\text{л}}$  - маса одного метра тягового ланцюга, кг/м;  $L_{\text{к}}$  - довжина контуру ланцюга, м;  $f_{\text{л}}$  - коефіцієнт опору переміщенню ланцюга.

Для розрахунку прийнято:  $k_{\text{д}} = 1,30$ ;  $L_{\text{з}} = 80$  м;  $L_{\text{к}} = 160$  м;  $m_{\text{л}} = 7$  кг/м;  $f_{\text{г}} = 0,55$ ;  $f_{\text{л}} = 0,18$ ;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

$$F = 1,30(17,85 \cdot 80 \cdot 9,81 \cdot 0,55 + 7 \cdot 160 \cdot 9,81 \cdot 0,18) = 12587 \text{ Н} \quad (2.15)$$

Отже, розрахункове тягове зусилля становить приблизно 12,6 кН. Потужність, необхідна для привода транспортера, визначається за формулою:

$$P_{\text{роз}} = \frac{Fv}{1000\eta} \quad (2.16)$$

де  $P_{\text{роз}}$  - розрахункова потужність привода, кВт;  $F$  - тягове зусилля, Н;  $v$  - швидкість руху скребків, м/с;  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії привода.

$$P_{\text{роз}} = \frac{12587 \cdot 0,18}{1000 \cdot 0,75} = 3,02 \text{ кВт} \quad (2.17)$$

За результатами розрахунку для однієї транспортної лінії приймається електродвигун потужністю 4,0 кВт. Такий вибір забезпечує необхідний запас потужності для пуску транспортера, подолання нерівномірних навантажень та переміщення ущільненої гнойової маси.

Річні витрати електроенергії на роботу скребкових транспортерів визначаються орієнтовно за формулою:

$$E_{\text{р}} = n_{\text{тр}}P_{\text{ел}}t_{\text{д}}Dk_{\text{зав}} \quad (2.18)$$

де  $E_{\text{р}}$  - річні витрати електроенергії, кВт·год/рік;  $n_{\text{тр}}$  - кількість транспортних ліній;  $P_{\text{ел}}$  - встановлена потужність електродвигуна однієї лінії, кВт;  $t_{\text{д}}$  - тривалість роботи однієї лінії за добу, год;  $D$  - кількість днів роботи за рік;  $k_{\text{зав}}$  - коефіцієнт завантаження електродвигуна.

$$E_p = 4 \cdot 4,0 \cdot 0,70 \cdot 365 \cdot 0,75 = 3066 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} \quad (2.19)$$

Після вивантаження гною з корівників його необхідно доставляти до гноєсховища. Для цього приймається мобільний агрегат НТС-5 вантажопідйомністю 5 т. Кількість рейсів за добу визначається з урахуванням коефіцієнта використання вантажопідйомності.

$$n_{\text{рейс}} = \left[ \frac{Q_{\text{г.д}}}{m_{\text{н}} k_{\text{в}}} \right] \quad (2.20)$$

де прейс - кількість рейсів агрегату за добу;  $Q_{\text{г.д}}$  - добовий вихід гною по фермі, т/добу;  $m_{\text{н}}$  - номінальна вантажопідйомність агрегату, т;  $k_{\text{в}}$  - коефіцієнт використання вантажопідйомності.

$$n_{\text{рейс}} = \left[ \frac{26,64}{5 \cdot 0,90} \right] = 6 \text{ рейсів/добу} \quad (2.21)$$

Тривалість одного рейсу визначається як сума часу завантаження, руху до гноєсховища і назад, розвантаження та маневрування:

$$t_{\text{рейс}} = t_{\text{з}} + \frac{2l}{v_{\text{м}}} + t_{\text{р}} + t_{\text{м}} \quad (2.22)$$

де трейс - тривалість одного рейсу, год;  $t_{\text{з}}$  - час завантаження, год;  $l$  - відстань від корівників до гноєсховища, км;  $v_{\text{м}}$  - середня швидкість руху мобільного агрегату, км/год;  $t_{\text{р}}$  - час розвантаження, год;  $t_{\text{м}}$  - час маневрування, год.

Для умов господарства прийнято:  $t_{\text{з}} = 0,17$  год;  $l = 0,60$  км;  $v_{\text{м}} = 10$  км/год;  $t_{\text{р}} = 0,10$  год;  $t_{\text{м}} = 0,07$  год.

$$t_{\text{рейс}} = 0,17 + \frac{2 \cdot 0,60}{10} + 0,10 + 0,07 = 0,46 \text{ год} \quad (2.23)$$

Потреба у мобільних агрегатах визначається за співвідношенням добової тривалості роботи до допустимого часу використання агрегату протягом зміни:

$$n_{\text{м}} = \frac{n_{\text{рейс}} t_{\text{рейс}}}{T_{\text{зм}} k_{\text{зм}}} \quad (2.24)$$

де  $n_{\text{м}}$  - потрібна кількість мобільних агрегатів, шт.;  $T_{\text{зм}}$  - тривалість зміни, год;  $k_{\text{зм}}$  - коефіцієнт використання змінного часу.

$$n_{\text{м}} = \frac{6 \cdot 0,46}{5 \cdot 0,80} = 0,69 \quad (2.25)$$

Оскільки розрахункове значення пм менше одиниці, для своєчасної доставки гною до сховища достатньо одного мобільного агрегату НТС-5. Його завантаження протягом доби становитиме близько 2,8 год, що залишає резерв часу для маневрування, технічного обслуговування та можливих затримок під час роботи.

Таблиця 2.4 - Підібрані машини та обладнання для процесу видалення гною

| Найменування обладнання                         | Кількість   | Основне призначення                             | Прийнята характеристика                            |
|-------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Скребковий транспортер кругового руху           | 4 лінії     | видалення гною з гнойових каналів               | продуктивність не менше 11,5 т/год; двигун 4,0 кВт |
| Похила або вивантажувальна частина транспортера | 2 комплекти | подача гною у транспортний засіб                | по одному комплекту на корівник                    |
| Мобільний агрегат НТС-5                         | 1 шт.       | транспортування гною до сховища                 | вантажопідйомність 5 т                             |
| Гноєсховище секційного типу                     | 3 секції    | накопичення гною протягом розрахункового строку | загальна місткість понад 6500 м³                   |

## 2.5 Розрахунок кількості гноєсховищ

Гноєсховище повинно забезпечувати накопичення всієї кількості гною, що утворюється на фермі протягом розрахункового строку зберігання. Для умов господарства приймається строк накопичення 180 діб, що дозволяє зберігати гній

у періоди, коли внесення органічних добрив на поля є неможливим або технологічно недоцільним. При проектуванні гноєсховищ необхідно передбачати водонепроникну основу, обмеження потрапляння стоків за межі споруди, зручність під'їзду мобільної техніки та можливість поетапного вивезення гною [2, 3].

Потрібний об'єм гноєсховища визначається за формулою:

$$V_{cx} = \frac{Q_{г.д} T_{зб} k_p}{\rho} \quad (2.26)$$

де  $V_{cx}$  - потрібний корисний об'єм гноєсховища,  $m^3$ ;  $Q_{г.д}$  - добовий вихід гною по фермі, т/добу;  $T_{зб}$  - строк накопичення гною, діб;  $k_p$  - коефіцієнт резерву місткості;  $\rho$  - густина гною, т/ $m^3$ .

Для розрахунку прийнято:  $Q_{г.д} = 26,64$  т/добу;  $T_{зб} = 180$  діб;  $k_p = 1,15$ ;  $\rho = 0,85$  т/ $m^3$ .

$$V_{cx} = \frac{26,64 \cdot 180 \cdot 1,15}{0,85} = 6487 \text{ м}^3 \quad (2.27)$$

Для зручності експлуатації доцільно прийняти секційне гноєсховище, що дозволяє почергово заповнювати секції, зменшує ризик переповнення та полегшує вивезення органічного добрива. Приймається одна секція з робочими розмірами  $30 \times 28$  м і корисною висотою заповнення 2,7 м.

Об'єм однієї секції становить:

$$V_{од} = abh_{cx} \quad (2.28)$$

де  $V_{од}$  - корисний об'єм однієї секції,  $m^3$ ;  $a$  - довжина секції, м;  $b$  - ширина секції, м;  $h_{cx}$  - корисна висота заповнення секції, м.

$$V_{од} = 30 \cdot 28 \cdot 2,7 = 2268 \text{ м}^3 \quad (2.29)$$

Кількість секцій гноєсховища визначається за формулою:

$$n_{cx} = \left\lceil \frac{V_{cx}}{V_{од}} \right\rceil \quad (2.30)$$

де  $n_{cx}$  - потрібна кількість секцій гноєсховища, шт.;  $V_{cx}$  - потрібний корисний об'єм гноєсховища,  $m^3$ ;  $V_{од}$  - корисний об'єм однієї секції,  $m^3$ .

$$n_{cx} = \left\lceil \frac{6487}{2268} \right\rceil = 3 \text{ секції} \quad (2.31)$$

Загальна корисна місткість трьох секцій становитиме:

$$V_{заг} = 3 \cdot 2268 = 6804 \text{ м}^3 \quad (2.32)$$

Отже, прийняте гноєсховище з трьох секцій загальною місткістю 6804 м<sup>3</sup> забезпечує накопичення гною протягом 180 діб із резервом близько 317 м<sup>3</sup>. Такий резерв є необхідним через сезонні коливання вологості гною, нерівномірність надходження підстилки та можливе потрапляння технологічних стоків.

Таблиця 2.5 - Результати розрахунку гноєсховища

| Показник                                             | Значення      |
|------------------------------------------------------|---------------|
| Добовий вихід гною по фермі, т/добу                  | 26,64         |
| Розрахунковий строк накопичення, діб                 | 180           |
| Коефіцієнт резерву місткості                         | 1,15          |
| Потрібний корисний об'єм гноєсховища, м <sup>3</sup> | 6487          |
| Розміри однієї секції, м                             | 30 × 28 × 2,7 |
| Корисний об'єм однієї секції, м <sup>3</sup>         | 2268          |
| Прийнята кількість секцій, шт.                       | 3             |
| Загальна корисна місткість, м <sup>3</sup>           | 6804          |

## 2.6 Висновки

У розділі обґрунтовано інженерне забезпечення процесу видалення гною на молочній фермі ТОВ «Фаворит». Встановлено, що для ферми з 398 дійними коровами та загальним поголів'ям 620 голів добовий вихід гною становить 26,64 т/добу, з яких 21,89 т/добу припадає на дійне стадо.

Для умов двох корівників прив'язного утримання прийнято механічну технологію видалення гною скребковими транспортерами кругового руху. Розрахунком встановлено, що необхідна продуктивність однієї транспортної лінії становить 9,39 т/год, а фактична розрахункова продуктивність прийнятого транспортера - 11,57 т/год, що забезпечує достатній технологічний запас.

Визначено необхідну кількість скребкових транспортних ліній - 4 шт., по дві лінії на кожний корівник. Розрахункова потужність привода однієї лінії становить 3,02 кВт, тому до встановлення прийнято електродвигун потужністю 4,0 кВт. Загальна встановлена потужність транспортерів становить 16,0 кВт, а орієнтовні річні витрати електроенергії - 3066 кВт·год.

Для транспортування гною до сховища прийнято один мобільний агрегат НТС-5. За розрахунком він повинен виконувати 6 рейсів за добу, а добова тривалість його роботи становить близько 2,8 год, що підтверджує достатність одного агрегату для умов господарства.

Потрібний корисний об'єм гноєсховища для накопичення гною протягом 180 діб становить 6487 м<sup>3</sup>. Прийнято гноєсховище секційного типу з трьох секцій розмірами 30 × 28 × 2,7 м кожна. Загальна місткість сховища становить 6804 м<sup>3</sup>, що забезпечує необхідний резерв зберігання.

Таким чином, прийнята система машин і обладнання забезпечує своєчасне видалення гною з корівників, його доставку до гноєсховища та накопичення протягом розрахункового строку. Разом з тим аналіз роботи базових скребкових транспортерів показує необхідність подальшого удосконалення їх робочих органів і тягового вузла, що буде розглянуто у наступному розділі дипломного проєкту.

### 3 УДОСКОНАЛЕННЯ СКРЕБКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА

#### 3.1 Обґрунтування важливості питання

У попередньому розділі встановлено, що для молочної ферми ТОВ «Фаворит» із 398 дійними коровами доцільно застосовувати механічну систему видалення гною на основі скребкових транспортерів кругового руху. Така система відповідає умовам двох корівників прив'язного утримання, дає можливість видаляти гній із гнойових каналів без значного перепланування приміщень і є найбільш придатною для роботи з підстилковим гноєм [1, 2]. Разом з тим аналіз експлуатації подібних транспортерів показує, що їх робота ускладнюється неоднорідністю гнойової маси, наявністю соломи, залишків кормів і змінною вологістю.

Для прив'язного утримання ВРХ характерним є нерівномірне накопичення гною вздовж каналу. У задній частині стійл гній потрапляє у канал разом із рідкою фракцією, підстилкою та механічними домішками. Якщо рідка частина не відводиться окремо, у каналі формується в'язка маса, яка збільшує опір переміщенню, сприяє налипанню на скребки та підвищує навантаження на тяговий орган. У таких умовах базовий транспортер типу ТСН або КСГ може працювати із перевантаженнями, особливо під час пуску після тривалої перерви.

Найбільш характерними недоліками існуючих скребкових транспортерів у корівниках ТОВ «Фаворит» є неповне очищення нижньої частини гнойового каналу, накопичення рідкої фракції біля стінок, нерівномірне завантаження скребків, підвищене зношування шарнірів ланцюга та періодична потреба у ручному доочищенні. Крім того, при переміщенні надмірно вологої маси збільшується кількість втрат через розтікання гною по дну каналу, що погіршує санітарний стан приміщення.

Тому удосконалення скребкового транспортера доцільно спрямувати не на повну зміну технологічної схеми, а на покращення роботи його робочого органа та гнойового каналу. Найбільш раціональним є варіант, за якого рідка фракція частково відводиться у додатковий боковий канал, а тверда підстилкова частина

переміщується основним скребком до накопичувача. Такий підхід зменшує масу, що безпосередньо переміщується скребком, знижує тягове зусилля і підвищує стабільність роботи транспортера.

Об'єктом удосконалення є скребковий транспортер для видалення гною з гнойових каналів корівників прив'язного утримання. Предметом розробки є конструктивні параметри скребка, гнойового каналу, бокового каналу для рідкої фракції, тягового органа та поворотного вузла. Метою розділу є обґрунтування конструкції удосконаленого скребкового транспортера, визначення його геометричних і кінематичних параметрів, а також перевірка основних елементів на міцність.

### 3.2 Вихідні дані

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для розрахунку удосконаленого скребкового транспортера

| Показник                                          | Позначення | Значення  |
|---------------------------------------------------|------------|-----------|
| Кількість дійних корів на фермі, гол.             | $N_k$      | 398       |
| Кількість скребкових транспортних ліній, шт.      | $n_{тр}$   | 4         |
| Добовий вихід гною від дійних корів, т/добу       | $Q_{к.д}$  | 21,89     |
| Кратність видалення гною з каналів, разів/добу    | $z$        | 2         |
| Розрахункова густина підстилкового гною, $кг/м^3$ | $\rho$     | 850       |
| Густина рідкої фракції, $т/м^3$                   | $\rho_p$   | 0,90      |
| Частка рідкої фракції, що відводиться окремо      | $\beta_p$  | 0,25      |
| Ширина гнойового каналу, м                        | $b_k$      | 0,50      |
| Розрахункова довжина завантаженої ділянки, м      | $L_z$      | 80        |
| Довжина контуру тягового ланцюга, м               | $L_k$      | 160       |
| Швидкість руху скребків, м/с                      | $v$        | 0,18      |
| Середня висота шару гною у каналі, м              | $h$        | 0,070     |
| Коефіцієнт заповнення робочої зони                | $k_z$      | 0,60-0,65 |
| Маса одного метра тягового ланцюга, $кг/м$        | $m_l$      | 7,0       |
| Коефіцієнт динамічності                           | $k_d$      | 1,30      |
| ККД привода                                       | $\eta$     | 0,75      |

Вихідними даними до розробки удосконаленого скребкового транспортера є вимоги до процесу видалення гною, характеристики гнойової маси, добовий вихід гною від тварин, кількість транспортних ліній, параметри корівників, кратність очищення каналів і конструктивні характеристики транспортерів типу ТСН або КСГ [4, 5]. Розрахунок виконується для однієї транспортної лінії, оскільки у кожному корівнику передбачається встановлення двох однакових ліній, а загальна кількість ліній для двох корівників становить чотири.

Прийняті параметри відповідають умовам корівників на 200 голів із прив'язним утриманням. У розрахунках використано результати розділу 2: загальний добовий вихід гною від дійного стада  $Q_{к.д} = 21,89$  т/добу, кількість скребкових ліній  $n_{тр} = 4$ , маса гною на один цикл однієї лінії  $m_{ц} = 2,74$  т, а базове тягове зусилля транспортера становить близько 12,6 кН.

### 3.3 Стан питання і постановка завдання

Скребкові транспортери для видалення гною є поширеними у корівниках прив'язного утримання. Їх перевагами є простота конструкції, можливість розміщення у наявних гнойових каналах, невисока вартість монтажу та ремонтпридатність. Основними елементами таких транспортерів є тяговий орган, скребки, приводна і натяжна станції, поворотні зірочки, напрямні та гнойовий канал. У процесі роботи скребки переміщують гнойову масу вздовж каналу до місця вивантаження. Надалі гній подається у транспортний засіб або накопичувальний приямок [6, 7].

Недоліком базових конструкцій є те, що скребок переміщує всю масу гною без попереднього відокремлення рідкої частини. Через це при високій вологості гною підвищується опір руху, зростає навантаження на ланцюг, збільшується налипання на робочі поверхні, а частина рідкої фракції залишається у бокових зонах каналу. Для усунення цих недоліків у технічних рішеннях застосовують додаткові канали, щілинні стінки, решітчасті елементи, двоступеневі скребки або конструкції з частковим розділенням гною на фракції [11, 12].

На рисунку 3.1 наведено один із варіантів пристрою для роздільного видалення гною із тваринницьких приміщень. Конструкція передбачає наявність основного каналу, ланцюга з основним скребком і додаткового скребка для спрямування рідкої фракції. Перевагою такої схеми є можливість зменшити вологість твердої частини гною, однак наявність додаткового скребка ускладнює конструкцію та збільшує кількість елементів, які контактують з агресивним середовищем.

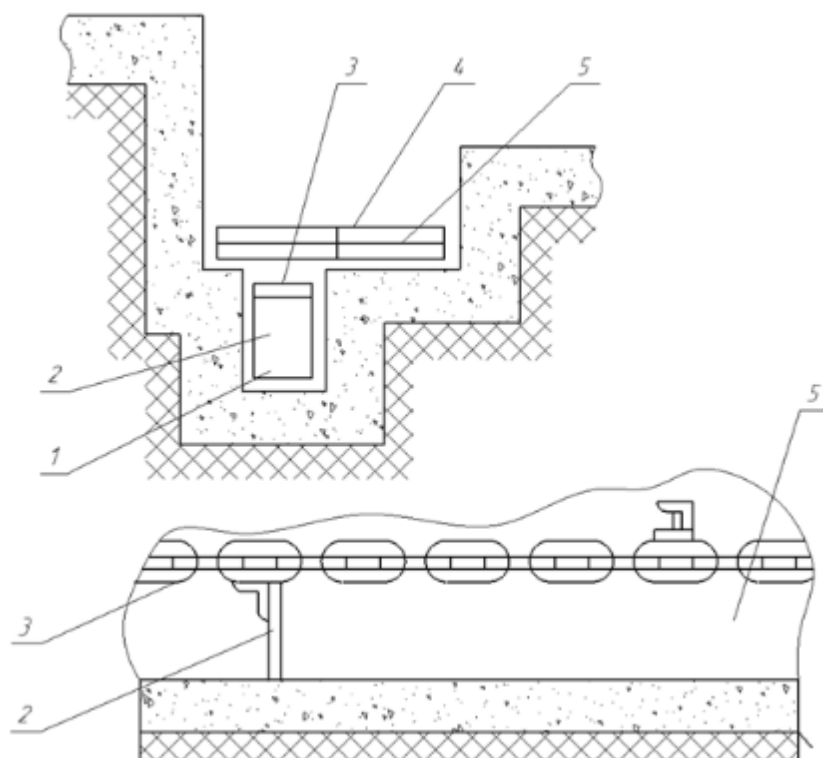


Рисунок 3.1 - Пристрій для роздільного видалення гною

На рисунку 3.2 показано пристрій, у якому розділення фракцій здійснюється за допомогою решітки, планок, ринви та бокових пазів. Така конструкція забезпечує відведення рідкої частини через решітчасту поверхню, але у разі роботи з підстилковим гноєм можливе забивання отворів солом'яною. Це обмежує застосування схеми в корівниках, де використовується підстилка.

На рисунку 3.3 наведено складнішу схему пристрою для роздільного видалення гною, де передбачено збірники твердої і рідкої фракцій, перегородку, щит, важіль, кулачок і решітку. Цей варіант має розвинену систему керування

потоками гнойової маси, але є менш придатним для модернізації існуючого корівника без значних будівельних робіт.

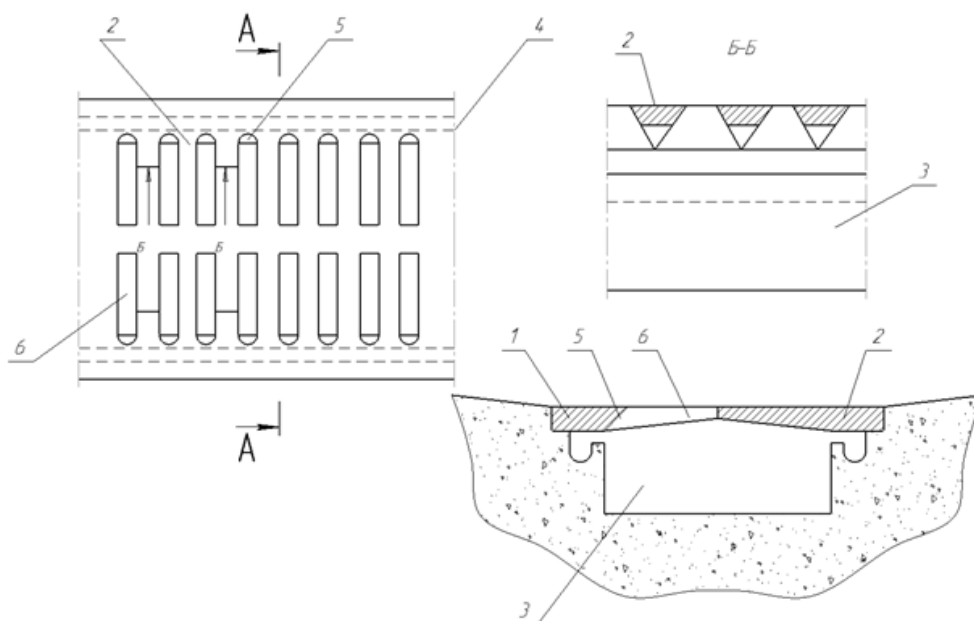


Рисунок 3.2 - Пристрій для видалення гною

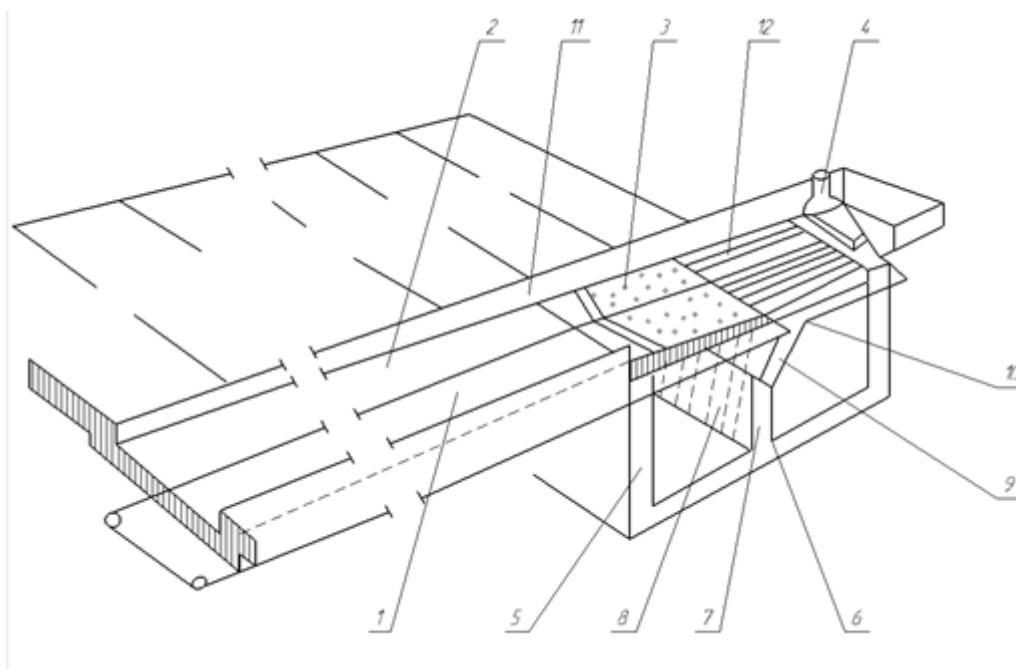


Рисунок 3.3 - Пристрій для роздільного видалення гною

Аналіз відомих конструкцій показує, що для умов ТОВ «Фаворит» доцільно застосувати спрощене конструктивне рішення, яке можна реалізувати на базі транспортера типу ТСН або КСГ. Основна ідея полягає у тому, щоб не змінювати загальну схему переміщення гною, а доповнити гнойовий канал боковим каналом для рідкої фракції та встановити скребок поліпшеної форми. Це дозволяє зменшити обсяг будівельних робіт, зберегти наявний приводний контур і забезпечити більш повне очищення дна каналу.

Завданням удосконалення є: зменшити тягове зусилля транспортера; підвищити повноту очищення дна каналу; забезпечити відведення частини рідкої фракції; зменшити налипання гною на скребок; перевірити міцність тягового органу та осі поворотної зірочки; обґрунтувати прийняті геометричні й кінематичні параметри.

### **3.4 Розробка варіанту удосконалення**

Пропонований пристрій виконано на базі скребкового транспортера типу ТСН або КСГ. Удосконалення полягає у використанні гнойового каналу з боковою щілиною у нижній частині стінки, через яку рідка фракція надходить у додатковий канал. Тверда підстильова частина залишається на днищі основного каналу і періодично переміщується скребком у накопичувач. За рахунок цього основний скребок працює з менш вологою масою, а тяговий орган сприймає менше навантаження.

На рисунку 3.4 наведено схему пропонованого пристрою для розділення гною на фракції під час видалення із тваринницького приміщення. Основний канал 6 розташовується за стійловими місцями. У нижній частині бокової стінки 3 передбачено щілину 2, через яку рідка фракція потрапляє до каналу 1. Днище основного каналу виконане з невеликим ухилом у бік щілини, що сприяє самопливному відведенню рідини. Скребок 5 переміщує тверду гнойову масу до накопичувача 7. Настил 4 забезпечує опору для конструктивних елементів каналу і відділяє робочу зону від основи.

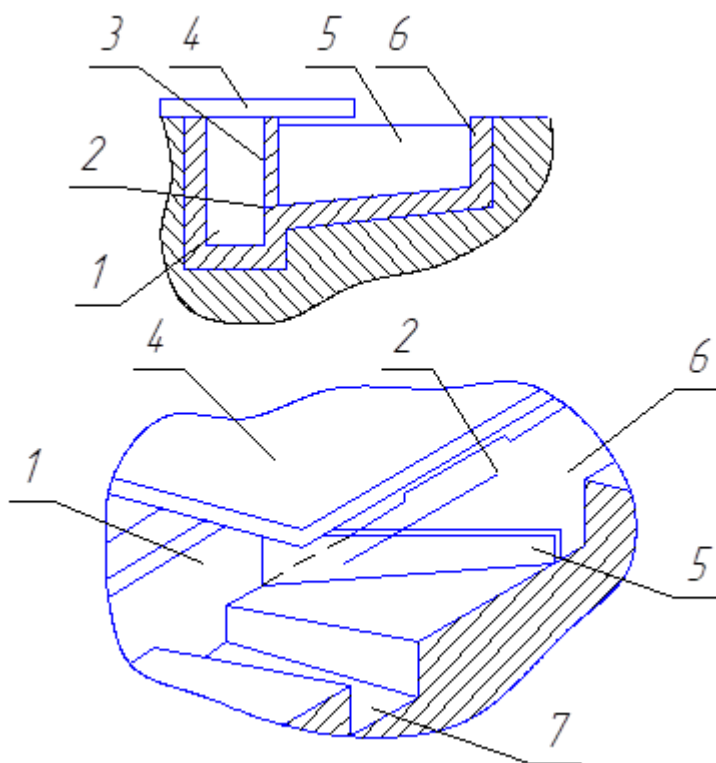


Рисунок 3.4 – Схема розробки

Робота удосконаленого транспортера відбувається таким чином. Після накопичення гною у гнойовому каналі рідка частина під дією власної ваги та невеликого поперечного ухилу стікає у боковий канал. Підстилковий гній залишається у нижній частині основного каналу. Після вмикання привода тяговий ланцюг переміщує скребки вздовж каналу, і тверда фракція подається до накопичувача. Далі гній вивантажується у мобільний агрегат НТС-5 або у поперечний транспортер.

Конструктивно скребок доцільно виконати у вигляді зварної пластини трапецієподібної форми з нижньою гумовою або полімерною накладкою. Накладка зменшує зазор між робочим органом і днищем каналу, компенсує невеликі нерівності бетонної поверхні та знижує ударні навантаження. Бічні кромки скребка мають бути розміщені із зазором відносно стінок каналу, щоб уникнути заклинювання при потраплянні твердих домішок.

Перевагами запропонованого рішення є простота модернізації, можливість використання стандартного тягового контуру, зменшення вологості гною, що переміщується скребком, підвищення надійності роботи привода і зменшення потреби у ручному доочищенні каналу. У подальших розрахунках приймається, що через бокову щілину відводиться близько 25 % рідкої фракції від маси гною, яка надходить на одну транспортну лінію за цикл.

### 3.5 Розрахунок геометричних та кінематичних параметрів

Маса гною, яка припадає на одну транспортну лінію за один цикл очищення, визначається за результатами розділу 2. Для перевірки прийнятих параметрів розрахунок повторюється за формулою:

$$m_{\text{ц}} = \frac{Q_{\text{к.д}}}{zn_{\text{тр}}} \quad (3.1)$$

де  $m_{\text{ц}}$  - маса гною, що видаляється однією лінією за один цикл, т;  $Q_{\text{к.д}}$  - добовий вихід гною від дійних корів, т/добу;  $z$  - кількість циклів очищення за добу;  $n_{\text{тр}}$  - кількість скребкових транспортних ліній, шт.

$$m_{\text{ц}} = \frac{21,89}{2 \cdot 4} = 2,74 \text{ т} \quad (3.2)$$

Для забезпечення продуктивності транспортера необхідна площа поперечного перерізу шару гною перед скребком визначається з рівняння продуктивності:

$$A_{\text{потр}} = \frac{Q_{\text{потр}}}{3,6\rho vk_z} \quad (3.3)$$

де  $A_{\text{потр}}$  - потрібна площа поперечного перерізу потоку гною,  $\text{м}^2$ ;  $Q_{\text{потр}}$  - потрібна продуктивність однієї транспортної лінії, т/год;  $\rho$  - густина гною,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $v$  - швидкість руху скребків, м/с;  $k_z$  - коефіцієнт заповнення робочої зони скребка.

Для розрахунку прийнято  $Q_{\text{потр}} = 9,39$  т/год,  $\rho = 850$   $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $v = 0,18$  м/с,  $k_z = 0,65$ .

$$A_{\text{потр}} = \frac{9,39}{3,6 \cdot 850 \cdot 0,18 \cdot 0,65} = 0,026 \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

Необхідна розрахункова висота шару гною у каналі дорівнює:

$$h_{\text{потр}} = \frac{A_{\text{потр}}}{b_{\text{к}}} \quad (3.5)$$

де  $h_{\text{потр}}$  - потрібна висота шару гною, м;  $A_{\text{потр}}$  - потрібна площа поперечного перерізу, м<sup>2</sup>;  $b_{\text{к}}$  - ширина гнойового каналу, м.

$$h_{\text{потр}} = \frac{0,026}{0,50} = 0,052 \text{ м} \quad (3.6)$$

Оскільки фактична середня висота шару гною у розрахунку становить  $h = 0,070$  м, гнойовий канал має достатній поперечний переріз для переміщення розрахункової маси. Висоту скребка приймаємо більшою за розрахункову висоту шару, з урахуванням нерівномірного накопичення гною та наявності підстилки.

Ширина скребка визначається з урахуванням технологічних зазорів між його боковими кромками та стінками каналу:

$$b_{\text{с}} = b_{\text{к}} - 2\Delta \quad (3.7)$$

де  $b_{\text{с}}$  - робоча ширина скребка, м;  $b_{\text{к}}$  - ширина гнойового каналу, м;  $\Delta$  - боковий зазор між скребком і стінкою каналу, м.

За умови  $b_{\text{к}} = 0,50$  м і  $\Delta = 0,03$  м отримаємо:

$$b_{\text{с}} = 0,50 - 2 \cdot 0,03 = 0,44 \text{ м} \quad (3.8)$$

Висоту скребка приймаємо  $h_{\text{с}} = 0,12$  м. Така висота перевищує розрахункову висоту шару гною, що забезпечує захоплення ущільненої маси та зменшує ймовірність її перевалювання через верхню кромку скребка. Товщину металевої пластини приймаємо 6 мм, а товщину нижньої еластичної накладки - 8 мм.

Тривалість повного проходу скребка по контуру транспортера визначається за довжиною контуру та швидкістю руху:

$$t_{\text{об}} = \frac{L_{\text{к}}}{60v} \quad (3.9)$$

де  $t_{\text{об}}$  - тривалість повного обходу контуру, хв;  $L_{\text{к}}$  - довжина контуру тягового органа, м;  $v$  - швидкість руху скребоків, м/с.

$$t_{\text{об}} = \frac{160}{60 \cdot 0,18} = 14,8 \text{ хв} \quad (3.10)$$

Отримане значення менше прийнятої тривалості циклу очищення  $t_{\text{ц}} = 0,35$  год, або 21 хв. Це означає, що транспортер має достатній резерв часу для пуску, виходу на сталий режим, очищення каналу і зупинки.

Кількість скребків на одному контурі визначається за прийнятим кроком їх встановлення:

$$n_c = \frac{L_k}{t_c} \quad (3.11)$$

де  $n_c$  - кількість скребків на контурі, шт.;  $L_k$  - довжина контуру, м;  $t_c$  - крок встановлення скребків, м.

Для зменшення пульсації навантаження та рівномірного переміщення гною приймаємо  $t_c = 1,6$  м.

$$n_c = \frac{160}{1,6} = 100 \text{ шт.} \quad (3.12)$$

Для перевірки бокового каналу визначається об'єм рідкої фракції, що відводиться від однієї транспортної лінії за один цикл:

$$V_{p.ц} = \frac{\beta_p m_{ц}}{\rho_p} \quad (3.13)$$

де  $V_{p.ц}$  - об'єм рідкої фракції за один цикл однієї лінії, м<sup>3</sup>;  $\beta_p$  - частка рідкої фракції, що відводиться окремо;  $m_{ц}$  - маса гною на один цикл, т;  $\rho_p$  - густина рідкої фракції, т/м<sup>3</sup>.

$$V_{p.ц} = \frac{0,25 \cdot 2,74}{0,90} = 0,76 \text{ м}^3 \quad (3.14)$$

Питомий об'єм рідкої фракції на 1 м завантаженої довжини каналу дорівнює:

$$V_{p.1} = \frac{V_{p.ц}}{L_3} \quad (3.15)$$

де  $V_{p.1}$  - питомий об'єм рідкої фракції на 1 м каналу, м<sup>3</sup>/м;  $V_{p.ц}$  - об'єм рідкої фракції за цикл, м<sup>3</sup>;  $L_3$  - завантажена довжина каналу, м.

$$V_{p.1} = \frac{0,76}{80} = 0,0095 \text{ м}^3/\text{м} \quad (3.16)$$

Приймаємо боковий канал для рідкої фракції шириною  $b_p = 0,12$  м і робочою висотою  $h_p = 0,12$  м. Його площа поперечного перерізу становить:

$$A_p = b_p h_p \quad (3.17)$$

де  $A_p$  - площа перерізу бокового каналу, м<sup>2</sup>;  $b_p$  - ширина бокового каналу, м;  $h_p$  - робоча висота бокового каналу, м.

$$A_p = 0,12 \cdot 0,12 = 0,0144 \text{ м}^2 \quad (3.18)$$

Оскільки  $A_p = 0,0144 \text{ м}^2$  більше за питомий об'єм рідкої фракції на 1 м каналу  $V_{p.1} = 0,0095 \text{ м}^3/\text{м}$ , прийнятий боковий канал має достатню місткість для тимчасового приймання рідкої фракції за один цикл очищення. Висоту щілини приймаємо  $\delta = 0,035 \text{ м}$ , що забезпечує проходження рідини та зменшує ймовірність потрапляння великих частинок підстилки.

Таблиця 3.2 - Прийняті геометричні та кінематичні параметри удосконаленого транспортера

| Показник                                     | Позначення        | Розрахункове або прийняте значення |
|----------------------------------------------|-------------------|------------------------------------|
| Маса гною на один цикл однієї лінії, т       | $m_{\text{ц}}$    | 2,74                               |
| Потрібна площа перерізу потоку, $\text{м}^2$ | $A_{\text{потр}}$ | 0,026                              |
| Розрахункова висота шару гною, м             | $h_{\text{потр}}$ | 0,052                              |
| Прийнята ширина каналу, м                    | $b_{\text{к}}$    | 0,50                               |
| Прийнята ширина скребка, м                   | $b_{\text{с}}$    | 0,44                               |
| Прийнята висота скребка, м                   | $h_{\text{с}}$    | 0,12                               |
| Боковий зазор, м                             | $\Delta$          | 0,03                               |
| Швидкість руху скребоків, м/с                | $v$               | 0,18                               |
| Тривалість повного обходу контуру, хв        | $t_{\text{об}}$   | 14,8                               |
| Крок встановлення скребоків, м               | $t_{\text{с}}$    | 1,6                                |
| Кількість скребоків на контурі, шт.          | $n_{\text{с}}$    | 100                                |
| Об'єм рідкої фракції за цикл, $\text{м}^3$   | $V_{\text{р.ц}}$  | 0,76                               |
| Площа бокового каналу, $\text{м}^2$          | $A_{\text{р}}$    | 0,0144                             |

### 3.6 Розрахунок елементів на міцність

Основними елементами, що сприймають навантаження під час роботи транспортера, є тяговий ланцюг, скребки, вузли їх кріплення, приводна зірочка, поворотна зірочка та її вісь. Найбільш навантаженим елементом поворотного вузла є вісь зірочки, оскільки на неї передається реакція від натягнутого тягового органа. Тому перевірка виконується для ланцюга на розтяг і для осі поворотної зірочки на згин.

Удосконалення передбачає відведення частини рідкої фракції у боковий канал. Тому маса гною, яку безпосередньо переміщує скребок, зменшується. Розрахункова маса гною на один погонний метр завантаженої ділянки після відведення рідкої фракції визначається так:

$$m_{п.уд} = (1 - \beta_p)m_{п} \quad (3.19)$$

де  $m_{п.уд}$  - маса гною на 1 м завантаженої ділянки після удосконалення, кг/м;  $\beta_p$  - частка рідкої фракції, що відводиться окремо;  $m_{п}$  - маса гною на 1 м каналу у базовому варіанті, кг/м.

$$m_{п.уд} = (1 - 0,25) \cdot 17,85 = 13,39 \text{ кг/м} \quad (3.20)$$

Тягове зусилля удосконаленого транспортера визначається з урахуванням опору переміщенню твердої частини гною та опору руху тягового органа:

$$F_{уд} = k_d(m_{п.уд}L_3gf_{г} + m_{л}L_{к}gf_{л}) \quad (3.21)$$

де  $F_{уд}$  - тягове зусилля удосконаленого транспортера, Н;  $k_d$  - коефіцієнт динамічності;  $m_{п.уд}$  - маса гною на 1 м завантаженої ділянки, кг/м;  $L_3$  - довжина завантаженої ділянки, м;  $g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $f_{г}$  - коефіцієнт опору переміщенню гною;  $m_{л}$  - маса 1 м тягового ланцюга, кг/м;  $L_{к}$  - довжина контуру ланцюга, м;  $f_{л}$  - коефіцієнт опору руху ланцюга.

Для розрахунку прийнято:  $k_d = 1,30$ ;  $m_{п.уд} = 13,39$  кг/м;  $L_3 = 80$  м;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $f_{г} = 0,55$ ;  $m_{л} = 7$  кг/м;  $L_{к} = 160$  м;  $f_{л} = 0,18$ .

$$F_{уд} = 1,30(13,39 \cdot 80 \cdot 9,81 \cdot 0,55 + 7 \cdot 160 \cdot 9,81 \cdot 0,18) = 10083 \text{ Н} \quad (3.22)$$

Порівняно з базовим значенням  $F = 12587$  Н, отримане тягове зусилля зменшується приблизно до 10,1 кН. Це підтверджує доцільність відведення рідкої фракції, оскільки навантаження на тяговий орган і привод знижується майже на 20 %.

Потужність, необхідна для привода удосконаленого транспортера, становить:

$$P_{уд} = \frac{F_{уд}v}{1000\eta} \quad (3.23)$$

де  $P_{уд}$  - розрахункова потужність привода удосконаленого транспортера, кВт;  $F_{уд}$  - тягове зусилля, Н;  $v$  - швидкість руху скребків, м/с;  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії привода.

$$P_{уд} = \frac{10083 \cdot 0,18}{1000 \cdot 0,75} = 2,42 \text{ кВт} \quad (3.24)$$

Для привода транспортера доцільно залишити електродвигун потужністю 4,0 кВт, прийнятий у розділі 2. У цьому випадку запас потужності збільшується, що позитивно впливає на пускові режими, роботу при підвищеній вологості гною та проходження ущільнених ділянок.

Натяг однієї гілки ланцюга визначається з урахуванням двогілкової схеми тягового органа та коефіцієнта нерівномірності розподілу навантаження:

$$T_{л} = \frac{F_{уд}}{2k_p} \quad (3.25)$$

де  $T_{л}$  - розрахунковий натяг однієї гілки ланцюга, Н;  $F_{уд}$  - тягове зусилля транспортера, Н;  $k_p$  - коефіцієнт рівномірності розподілу навантаження між гілками.

За умови  $k_p = 0,85$  отримаємо:

$$T_{л} = \frac{10083}{2 \cdot 0,85} = 5931 \text{ Н} \quad (3.26)$$

Площу поперечного перерізу прутка ланцюга діаметром  $d_{л} = 14$  мм визначаємо за формулою:

$$A_{л} = \frac{\pi d_{л}^2}{4} \quad (3.27)$$

де  $A_{л}$  - площа поперечного перерізу прутка ланцюга,  $\text{мм}^2$ ;  $d_{л}$  - діаметр прутка ланцюга, мм.

$$A_{л} = \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} = 153,9 \text{ мм}^2 \quad (3.28)$$

Розрахункове напруження розтягу у прутку ланцюга становить:

$$\sigma_{л} = \frac{T_{л}}{A_{л}} \quad (3.29)$$

де  $\sigma_{л}$  - напруження розтягу у прутку ланцюга, МПа;  $T_{л}$  - натяг однієї гілки ланцюга, Н;  $A_{л}$  - площа поперечного перерізу прутка,  $\text{мм}^2$ .

$$\sigma_{л} = \frac{5931}{153,9} = 38,5 \text{ МПа} \quad (3.30)$$

Приймаючи допустиме напруження для сталевих тягових елементів  $[\sigma]_{л} = 120$  МПа, умова міцності виконується, оскільки  $\sigma_{л} = 38,5$  МПа менше за  $[\sigma]_{л}$ . Отже, прийнятий тяговий ланцюг має достатній запас міцності.

Розрахунок осі поворотної зірочки виконуємо на згин. Радіальне навантаження на вісь приблизно дорівнює подвоєному натягу однієї гілки ланцюга:

$$R_3 = 2T_{\text{л}} \quad (3.31)$$

де  $R_3$  - радіальне навантаження на вісь поворотної зірочки, Н;  $T_{\text{л}}$  - натяг однієї гілки ланцюга, Н.

$$R_3 = 2 \cdot 5931 = 11862 \text{ Н} \quad (3.32)$$

Для осі, встановленої на двох опорах, найбільший згинальний момент при центральному прикладанні навантаження визначається за формулою:

$$M_3 = \frac{R_3 l_0}{4} \quad (3.33)$$

де  $M_3$  - максимальний згинальний момент, Н·м;  $R_3$  - радіальне навантаження, Н;  $l_0$  - відстань між опорами осі, м.

За умови  $l_0 = 0,12$  м:

$$M_3 = \frac{11862 \cdot 0,12}{4} = 356 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.34)$$

Необхідний діаметр осі визначається з умови міцності при згині:

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{32M_3 \cdot 10^3}{\pi[\sigma]_0}} \quad (3.35)$$

де  $d_0$  - розрахунковий діаметр осі, мм;  $M_3$  - згинальний момент, Н·м;  $[\sigma]_0$  - допустиме напруження згину для матеріалу осі, МПа;  $10^3$  - коефіцієнт переведення Н·м у Н·мм.

Для сталі 45 при помірному режимі навантаження приймаємо  $[\sigma]_0 = 80$  МПа [13, 14].

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 356 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 80}} = 35,6 \text{ мм} \quad (3.36)$$

З конструктивних міркувань приймаємо діаметр осі  $d_0 = 40$  мм. Фактичне напруження згину для прийнятого діаметра становить:

$$\sigma_0 = \frac{32M_3 \cdot 10^3}{\pi d_0^3} \quad (3.37)$$

де  $\sigma_0$  - фактичне напруження згину в осі, МПа;  $M_3$  - згинальний момент, Н·м;  $d_0$  - прийнятий діаметр осі, мм.

$$\sigma_0 = \frac{32 \cdot 356 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 40^3} = 56,7 \text{ МПа} \quad (3.38)$$

Оскільки  $\sigma_0 = 56,7$  МПа менше за допустиме значення  $[\sigma]_0 = 80$  МПа, прийнята вісь поворотної зірочки діаметром 40 мм задовольняє умову міцності на згин.

Таблиця 3.3 - Результати силового розрахунку удосконаленого транспортера

| Показник                                               | Позначення   | Значення |
|--------------------------------------------------------|--------------|----------|
| Маса гною на 1 м після відведення рідкої фракції, кг/м | $m_{п.уд}$   | 13,39    |
| Тягове зусилля удосконаленого транспортера, кН         | $F_{уд}$     | 10,08    |
| Розрахункова потужність привода, кВт                   | $P_{уд}$     | 2,42     |
| Прийнята потужність електродвигуна, кВт                | $P_{ел}$     | 4,0      |
| Натяг однієї гілки ланцюга, кН                         | $T_{л}$      | 5,93     |
| Напруження розтягу у ланцюгу, МПа                      | $\sigma_{л}$ | 38,5     |
| Радіальне навантаження на вісь зірочки, кН             | $R_z$        | 11,86    |
| Максимальний згинальний момент осі, Н·м                | $M_z$        | 356      |
| Розрахунковий діаметр осі, мм                          | $d_{о,роз}$  | 35,6     |
| Прийнятий діаметр осі, мм                              | $d_o$        | 40       |
| Фактичне напруження згину осі, МПа                     | $\sigma_o$   | 56,7     |

За результатами розрахунку встановлено, що відведення рідкої фракції зменшує тягове зусилля з 12,6 до 10,1 кН. Розрахункова потужність привода знижується з 3,02 до 2,42 кВт, однак для забезпечення запасу на пускові режими та можливе ущільнення гнойової маси приймається електродвигун потужністю 4,0 кВт. Перевірка ланцюга на розтяг і осі поворотної зірочки на згин показала, що прийняті параметри забезпечують достатню міцність елементів.

### 3.7 Висновки

У розділі виконано обґрунтування варіанту удосконалення скребкового транспортера для видалення гною з корівників ТОВ «Фаворит». Встановлено, що

основними недоліками базових транспортерів типу ТСН або КСГ є підвищене навантаження на тяговий орган, неповне очищення бокових зон гнойового каналу, накопичення рідкої фракції та потреба у ручному доочищенні.

Запропоновано конструкцію транспортера з боковою щілиною у нижній частині стінки гнойового каналу та додатковим каналом для рідкої фракції. Тверда підстилкова частина гною переміщується основним скребком, а рідка фракція частково відводиться самопливом. Таке рішення може бути реалізоване на базі наявного транспортера без повної реконструкції корівників.

Визначено основні геометричні та кінематичні параметри удосконаленого транспортера. Прийнято ширину гнойового каналу 0,50 м, ширину скребка 0,44 м, висоту скребка 0,12 м, швидкість руху скребків 0,18 м/с, крок скребків 1,6 м і кількість скребків на контурі 100 шт. Розраховано, що тривалість повного обходу контуру становить 14,8 хв, що менше за прийняту тривалість циклу очищення.

Проведено перевірку бокового каналу для рідкої фракції. За прийнятої частки відведення рідкої фракції  $\beta_r = 0,25$  об'єм рідини за один цикл однієї лінії становить 0,76 м<sup>3</sup>, а питомий об'єм на 1 м каналу - 0,0095 м<sup>3</sup>/м. Прийнятий боковий канал перерізом 0,0144 м<sup>2</sup> забезпечує необхідну місткість.

Силовим розрахунком встановлено, що тягове зусилля удосконаленого транспортера становить 10,08 кН, що приблизно на 20 % менше порівняно з базовим варіантом. Розрахункова потужність привода становить 2,42 кВт, але для забезпечення експлуатаційного запасу прийнято електродвигун потужністю 4,0 кВт.

Перевірка тягового ланцюга на розтяг показала, що фактичне напруження становить 38,5 МПа і не перевищує допустимого значення. Для осі поворотної зірочки розрахунковий діаметр становить 35,6 мм, тому прийнято стандартний діаметр 40 мм. Фактичне напруження згину осі дорівнює 56,7 МПа, що підтверджує її міцність.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **4.1 Загальні вимоги охорони праці при видаленні гною**

Видалення гною на молочній фермі ТОВ «Фаворит» належить до технологічних операцій з підвищеним рівнем небезпеки, оскільки виконується у вологому середовищі, поблизу тварин, електроприводів, ланцюгових передач і рухомих скребків. Умови роботи оператора ускладнюються наявністю підстилкового матеріалу, слизьких проходів, можливим виділенням аміаку, сірководню та інших газів, а також потребою періодичного контролю за станом гнойових каналів. Тому організація робіт повинна поєднувати технічну справність транспортера, правильну поведінку персоналу і постійне підтримання санітарного стану приміщення.

Вимоги охорони праці під час експлуатації системи гноєвидалення мають відповідати загальним положенням законодавства України про охорону праці, галузевим правилам безпеки у сільськогосподарському виробництві та вимогам до проєктування тваринницьких будівель і систем видалення гною [20, 21, 22, 23]. Для удосконаленого скребкового транспортера додатково враховуються вимоги безпечності машин, оцінювання ризиків, огороження небезпечних зон і безпечного виконання робіт з електрообладнанням [25, 26].

До самостійної роботи з транспортером гною допускаються працівники не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний і первинний інструктаж з охорони праці, навчання безпечним методам роботи, перевірку знань, інструктаж з електробезпеки та стажування на робочому місці. Працівник повинен знати будову транспортера, місця розташування пускової апаратури, аварійної зупинки, захисних огорожень, напрям руху скребків і порядок дій у разі заклинювання гнойової маси.

Основними небезпечними зонами скребкового транспортера є приводна станція, натяжний пристрій, поворотні зірочки, ланцюговий контур, місця входу скребків у гнойовий канал, зона вивантаження гною та електрична шафа керування. Ці ділянки повинні мати справні огороження, попереджувальні знаки і

вільний доступ лише для обслуговування після повного знеструмлення обладнання.

Передбачене у розділі 3 удосконалення транспортера з відведенням частини рідкої фракції через бокову щілину поліпшує санітарний стан каналу, однак не усуває повністю небезпеку ковзання і біологічного забруднення. Тому підлога у проходах має своєчасно очищуватися, небезпечні ділянки повинні посипатися абсорбувальними матеріалами, а працівники мають використовувати гумове водонепроникне взуття з неслизькою підошвою.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні та шкідливі чинники під час видалення гною

| Чинник                           | Можливі наслідки                                         | Заходи запобігання                                                               |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Рухомий ланцюг, скребки, зірочки | захоплення одягу, травмування рук або ніг                | суцільні огороження, заборона очищення під час руху, аварійна зупинка            |
| Електропривід і шафа керування   | ураження електричним струмом, коротке замикання          | заземлення, справна ізоляція, закрита шафа, ремонт тільки після знеструмлення    |
| Слизька підлога і вологі проходи | падіння, забої, розтягнення                              | регулярне очищення, неслизьке взуття, достатнє освітлення                        |
| Гази гнойової маси               | подразнення органів дихання, отруєння, втрата свідомості | вентиляція, заборона роботи у примках без перевірки повітря, робота не поодиноці |
| Біологічне забруднення           | інфекційні ризики, подразнення шкіри                     | рукавиці, спецодяг, миття рук, дезінфекція інструменту                           |
| Контакт із ВРХ                   | удари, притискання, травми від тварин                    | спокійне поводження, фіксація тварин, заборона різких дій і шуму                 |

Під час експлуатації транспортера забороняється перебувати у гнойовому каналі, ставати на ланцюг або скребки, переступати через рухомий тяговий орган, знімати огороження під час роботи, проштовхувати гній ногами чи руками, виконувати регулювання натягу ланцюга без відключення електроживлення. Усі

роботи з очищення заклинених ділянок виконують тільки після зупинки транспортера, вивішування попереджувальної таблички на пусковому пристрої та перевірки відсутності самовільного пуску.

Для роботи оператор забезпечується спецодягом, гумовим взуттям, захисними рукавицями, головним убором, а за потреби – захисними окулярами і засобами захисту органів дихання. Спецодяг не повинен мати вільно звисаючих частин, які можуть потрапити у рухомі елементи привода або тягового органа.

Виробниче приміщення має бути освітлене так, щоб оператор чітко бачив приводну станцію, гнойовий канал, зону вивантаження і проходи. Природна та примусова вентиляція повинні забезпечувати видалення надлишкової вологи і шкідливих газів. Особливу увагу необхідно приділяти місцям накопичення гною, прямкам і гноєсховищам, де можливе підвищення концентрації газів.

Санітарна безпека робіт забезпечується регулярним очищенням проходів, миттям інструменту, дезінфекцією забруднених поверхонь і дотриманням правил особистої гігієни. Після закінчення зміни працівник повинен зняти спецодяг у відведеному місці, вимити руки з милом, а за наявності подряпин або пошкоджень шкіри обробити їх антисептиком.

## **4.2 Інструкція з охорони праці для оператора транспортера гною**

Ця інструкція призначена для оператора, який обслуговує скребковий транспортер гною у корівниках прив'язного утримання ТОВ «Фаворит». Інструкція враховує роботу транспортера з електроприводом, ланцюговим тяговим органом, скребками, гнойовим каналом і боковим каналом для відведення рідкої фракції. Працівник зобов'язаний виконувати вимоги інструкції протягом усієї зміни та негайно повідомляти відповідальну особу про будь-які несправності, які можуть створити загрозу для людей або тварин.

### **Вимоги перед початком роботи**

Перед початком роботи оператор повинен одягнути справний спецодяг, гумове взуття з неслизькою підошвою, захисні рукавиці та перевірити, щоб одяг

був застебнутий і не мав звисаючих кінців. Після цього необхідно оглянути робочу зону, переконатися у відсутності сторонніх предметів у проходах, біля приводу, натяжного пристрою, поворотних зірочок і місця вивантаження гною.

Оператор перевіряє справність захисних огорожень, наявність попереджувальних написів, цілісність електричного кабелю, надійність заземлення, доступність кнопки аварійної зупинки та справність пускової апаратури. Особливу увагу слід звернути на стан ланцюга, скребків, кріплень, натяжного пристрою і бокової щілини для відведення рідкої фракції.

Перед запуском потрібно переконатися, що у гнойовому каналі, біля приводної станції і в зоні вивантаження немає людей, тварин, інструменту або предметів, які можуть потрапити у рухомі елементи. Якщо перед запуском виявлено заклинювання скребка, надмірне провисання ланцюга, пошкодження огороження, запах горілої ізоляції або підвищене загазування, транспортер запускати заборонено.

### **Вимоги під час роботи**

Пуск транспортера дозволяється виконувати тільки після подання попереджувального сигналу і візуальної перевірки небезпечних зон. Під час запуску оператор повинен перебувати біля пульта керування, контролювати плавність руху ланцюга, відсутність ривків, стороннього шуму, ударів скребків об елементи каналу та перевантаження електродвигуна.

У процесі роботи необхідно стежити за рівномірним переміщенням гнойової маси, своєчасним відведенням рідкої фракції, відсутністю накопичення соломки у боковій щілині та нормальним вивантаженням гною у накопичувач або транспортний засіб. Якщо скребок не захоплює гній повністю, допускається очищення залишків лише після повної зупинки і знеструмлення транспортера.

Забороняється очищати гнойовий канал руками або ногами під час руху транспортера, торкатися ланцюга, скребків, зірочок і муфт, стояти над відкритим каналом, заходити у канал без потреби, відкривати електричну шафу неуповноваженим працівникам, залишати ввімкнений транспортер без нагляду та допускати до робочої зони сторонніх осіб.

Під час роботи з тваринами оператор повинен уникати різких рухів, шуму і ударів по огородженнях. Якщо тварина поводить себе неспокійно, роботу біля її стійла виконують після заспокоєння або додаткової фіксації. Роботи у зоні задніх кінцівок корови проводять обережно, з урахуванням можливого удару або притискання.

У разі появи сильного запаху сірководню, різкого погіршення самопочуття, запаморочення, подразнення очей або утрудненого дихання оператор повинен негайно припинити роботу, вийти із небезпечної зони, повідомити відповідальну особу та організувати провітрювання приміщення. Робота у приямках або біля гноєсховища без контролю повітря і страхування іншим працівником не допускається.

### **Вимоги під час обслуговування і усунення несправностей**

Технічне обслуговування транспортера проводять за затвердженим графіком. До таких робіт належать перевірка натягу ланцюга, огляд скребків, підтягування кріплень, змащування підшипникових вузлів, очищення зони привода, контроль стану електрообладнання і перевірка бокового каналу для рідкої фракції.

Перед ремонтом або очищенням заклиненої ділянки транспортер необхідно зупинити, вимкнути живлення, унеможливити випадкове повторне ввімкнення та перевірити повну зупинку рухомих частин. На пусковому пристрої слід вивісити попереджувальний напис про виконання робіт. Повторний запуск дозволяється лише після прибирання інструменту, встановлення огорожень і виходу людей із небезпечної зони.

Натяг ланцюга регулюють поступово, без перекосів і надмірного зусилля. Після регулювання необхідно перевірити співвісність зірочок, відсутність контакту скребків зі стінками каналу і плавність руху транспортера на холостому ході. Зношені скребки, деформовані кронштейни, тріснуті ланки та пошкоджені накладки підлягають заміні.

### **Вимоги після закінчення роботи**

Після завершення циклу видалення гною оператор повинен зупинити транспортер, переконатися у відсутності залишків гною у зоні вивантаження, очистити проходи від забруднення, прибрати інструмент і перевірити, чи не залишилися відкритими огороження або кришки каналів. Електрообладнання після роботи має бути вимкнене відповідно до встановленого порядку.

Після очищення обладнання оператор оглядає транспортер, звертаючи увагу на натяг ланцюга, кріплення скребків, стан бокової щілини, привода, натяжного пристрою та місць можливого налипання гною. Про виявлені несправності робиться запис у журналі або повідомляється відповідальна особа.

Наприкінці зміни працівник повинен очистити спецвзуття і рукавиці, зняти спецодяг у спеціально відведеному місці, вимити руки та обличчя теплою водою з милом. Забороняється залишати забруднений інструмент у проходах, на огороженнях або поблизу пускової апаратури.

### **Вимоги в аварійних ситуаціях**

У разі заклинювання скребка, обриву або сходження ланцюга, появи диму, іскор, різкого шуму, вібрації, запаху горілої ізоляції чи удару електричним струмом транспортер необхідно негайно зупинити аварійною кнопкою або вимикачем. Повторний запуск до з'ясування причини і усунення несправності забороняється.

Якщо працівник отримав травму, ураження електричним струмом або ознаки отруєння газами, необхідно припинити роботу обладнання, вивести потерпілого із небезпечної зони, надати першу домедичну допомогу та викликати медичних працівників. У разі підозри на отруєння газами рятувальні дії у примках проводять лише за наявності страхування та засобів захисту органів дихання.

У разі пожежі або загоряння електрообладнання слід вимкнути електроживлення, повідомити відповідальну особу, викликати пожежно-рятувальну службу та застосувати наявні вогнегасники, придатні для електроустановок. Гасити електрообладнання водою до повного знеструмлення заборонено.

### 4.3 Висновки

У розділі розглянуто основні вимоги охорони праці при видаленні гною на молочній фермі ВРХ із прив'язним утриманням корів. Встановлено, що найбільш небезпечними чинниками є рухомі елементи скребкового транспортера, електропривід, слизькі проходи, загазованість гнойових каналів, біологічне забруднення та контакт із тваринами.

Для зменшення виробничих ризиків передбачено застосування захисних огорожень, справної пускової і аварійної апаратури, заземлення електрообладнання, регулярної вентиляції приміщення, підтримання чистоти проходів, використання спецодягу та заборону будь-якого очищення або ремонту транспортера під час його руху.

Розроблена інструкція для оператора транспортера гною визначає порядок безпечної роботи перед запуском, під час видалення гною, при технічному обслуговуванні, після завершення зміни та в аварійних ситуаціях. Дотримання цих вимог дозволить підвищити безпеку праці, зменшити кількість небезпечних ситуацій і забезпечити стабільну роботу удосконаленої системи гноєвидалення у корівниках ТОВ «Фаворит».

## 5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ

### 5.1 Вихідні дані

Економічну оцінку розробленого удосконалення виконано для молочної ферми ТОВ «Фаворит», де утримується 398 корів у двох корівниках прив'язного типу. Порівняння проведено між базовим варіантом видалення гною із використанням зношеного скребкового транспортера та удосконаленим варіантом, який передбачає застосування модернізованого скребкового транспортера з поліпшеною формою робочих органів, надійнішим тяговим елементом і зменшеним опором переміщенню гнойової маси.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані для економічної оцінки

| Показник                                                    | Базовий варіант | Удосконалений варіант |
|-------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| Поголів'я дійних корів, гол.                                | 398             | 398                   |
| Кількість корівників, шт.                                   | 2               | 2                     |
| Спосіб утримання корів                                      | прив'язний      | прив'язний            |
| Кратність видалення гною, разів за добу                     | 2               | 2                     |
| Тривалість роботи лінії з урахуванням доочищення, год/добу  | 2,10            | 1,20                  |
| Річна витрата електроенергії, кВт·год                       | 4380            | 3285                  |
| Тариф на електроенергію, грн/кВт·год                        | 6,50            | 6,50                  |
| Годинна ставка оператора, грн/год                           | 85,00           | 85,00                 |
| Коефіцієнт нарахувань на оплату праці                       | 1,22            | 1,22                  |
| Річні витрати на технічне обслуговування і ремонт, тис. грн | 34,0            | 19,5                  |
| Амортизаційні відрахування, тис. грн/рік                    | 8,0             | 11,2                  |
| Додаткові капітальні вкладення, тис. грн                    | -               | 112,0                 |

Розрахунок виконано за експлуатаційними витратами. У розділі не наведено формул і проміжних математичних перетворень, а подано вихідні дані, підсумкові результати та їх короткий аналіз. До складу витрат включено оплату праці з нарахуваннями, витрати на електроенергію, технічне обслуговування і ремонт, а також амортизаційні відрахування. Капітальні вкладення враховано для визначення строку окупності удосконалення.

У базовому варіанті частина робочого часу витрачається не лише на контроль роботи транспортера, а й на ручне доочищення гнойових каналів, ліквідацію зависань гнойової маси та зупинки через нерівномірне навантаження. В удосконаленому варіанті ці втрати зменшуються завдяки стабільнішому переміщенню гною, кращому прилягання скребка до дна каналу та меншій потребі у допоміжних ручних операціях.

## 5.2 Результати економічної оцінки

Основна економічна перевага запропонованого удосконалення полягає у зменшенні трудомісткості обслуговування, скороченні простоїв і зниженні витрат на технічне обслуговування. Крім того, більш рівномірна робота транспортера знижує пікові навантаження на привід, що позитивно впливає на витрати електроенергії та довговічність вузлів.

Таблиця 5.2 - Порівняння річних експлуатаційних витрат

| Стаття витрат                    | Базовий варіант, тис. грн | Удосконалений варіант, тис. грн | Економія, тис. грн |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Оплата праці з нарахуваннями     | 79,5                      | 45,4                            | 34,1               |
| Електроенергія                   | 28,5                      | 21,4                            | 7,1                |
| Технічне обслуговування і ремонт | 34,0                      | 19,5                            | 14,5               |
| Амортизаційні відрахування       | 8,0                       | 11,2                            | -3,2               |
| Разом експлуатаційні витрати     | 150,0                     | 97,5                            | 52,5               |

З таблиці 5.2 видно, що найбільша частка економії формується за рахунок скорочення витрат на оплату праці. Це пояснюється зменшенням часу на ручне доочищення гнойових каналів і обслуговування аварійних зупинок. Другим важливим джерелом економії є зниження витрат на ремонт, оскільки удосконалений транспортер працює з меншими ударними навантаженнями і має раціональнішу форму робочих органів.

Витрати на амортизацію в удосконаленому варіанті дещо збільшуються, оскільки враховано додаткові капітальні вкладення на виготовлення та монтаж модернізованих вузлів. Проте це зростання перекривається економією за іншими статтями витрат. Загальне зменшення експлуатаційних витрат становить 52,5 тис. грн на рік.

Таблиця 5.3 - Узагальнені показники ефективності удосконалення

| Показник                                | Значення                                                                                      |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Додаткові капітальні вкладення          | 112,0 тис. грн                                                                                |
| Річна економія експлуатаційних витрат   | 52,5 тис. грн/рік                                                                             |
| Зменшення річних експлуатаційних витрат | 35,0 %                                                                                        |
| Орієнтовний строк окупності             | 2,1 року                                                                                      |
| Очікуваний виробничий результат         | зменшення ручної праці, стабільніше очищення каналів, поліпшення санітарного стану корівників |

Отримані результати показують, що впровадження удосконаленого скребкового транспортера є економічно доцільним для умов ТОВ «Фаворит». Строк окупності близько 2,1 року є прийнятним для обладнання, яке працює щоденно і безпосередньо впливає на санітарний стан тваринницьких приміщень. Додатковою перевагою є те, що модернізація може бути виконана без повної реконструкції корівників, тобто з використанням існуючих гнойових каналів і частини наявної інфраструктури.

### 5.3 Висновки

У розділі виконано економічну оцінку впровадження удосконаленого скребкового транспортера для видалення гною на молочній фермі ТОВ «Фаворит». Порівняння проведено за базовим та удосконаленим варіантами з урахуванням основних експлуатаційних витрат.

Встановлено, що застосування удосконаленого транспортера дозволяє зменшити річні експлуатаційні витрати з 150,0 до 97,5 тис. грн. Річна економія становить 52,5 тис. грн, або близько 35,0 % порівняно з базовим варіантом.

За додаткових капітальних вкладень 112,0 тис. грн орієнтовний строк окупності становить 2,1 року. Крім прямого економічного ефекту, удосконалення забезпечує підвищення надійності процесу гноєвидалення, зменшення обсягу ручної праці та поліпшення умов утримання корів у приміщеннях прив'язного типу.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У дипломному проєкті розглянуто питання удосконалення процесу видалення гною на молочній фермі великої рогатої худоби ТОВ «Фаворит», розташованого в с. Дмитрівка Синельниківського району Дніпропетровської області. Встановлено, що підприємство має молочно-тваринницький напрям спеціалізації та утримує 398 корів у двох корівниках прив'язного типу.

Аналіз виробничих умов показав, що процес видалення гною є однією з важливих технологічних операцій на фермі, оскільки він безпосередньо впливає на санітарний стан приміщень, умови праці персоналу, мікроклімат у корівниках і продуктивність тварин. Наявна система гноєвидалення має ряд недоліків, пов'язаних зі зношуванням робочих органів, неповним очищенням гнойових каналів і підвищеною потребою в ручній праці.

У розрахунково-технологічній частині обґрунтовано добовий вихід гною, продуктивність технологічної лінії, потребу в засобах механізації та місткість гноєсховища. Встановлено, що для умов ферми доцільним є використання скребкового транспортера, який забезпечує регулярне видалення гною з корівників і подавання його до місця подальшого транспортування.

У конструктивній частині запропоновано удосконалення скребкового транспортера, спрямоване на підвищення якості очищення гнойового каналу, зменшення навантаження на робочі органи та підвищення надійності роботи обладнання. Виконані розрахунки підтвердили працездатність прийнятих конструктивних рішень і можливість їх використання в умовах існуючої ферми без суттєвої перебудови приміщень.

У розділі з охорони праці розглянуто основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час експлуатації транспортера гною. Запропоновано вимоги безпечної роботи оператора, порядок підготовки обладнання до пуску, правила обслуговування та заходи щодо запобігання травмуванню персоналу.

Економічна оцінка показала доцільність впровадження удосконаленого транспортера. Основний ефект досягається за рахунок зменшення витрат ручної

праці, скорочення простоїв обладнання, зниження витрат на ремонт і покращення організації процесу гноєвидалення. Запропоноване удосконалення має прийнятний строк окупності та може бути рекомендоване для впровадження на молочній фермі ТОВ «Фаворит».

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. ВНТП-АПК-01.05. Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). Відомчі норми технологічного проектування. Київ: Мінагрополітики України, 2005.
2. ВНТП-АПК-09.06. Системи видалення, обробки, підготовки та використання гною. Відомчі норми технологічного проектування. Київ: Мінагрополітики України, 2006.
3. ДБН В.2.2-1-95. Будівлі і споруди для тваринництва. Київ: Держкоммістобудування України, 1995.
4. Транспортер скребковий гноєприбиральний ТСН-160А. Технічний опис та інструкція з експлуатації.
5. Транспортери скребкові гноєзбиральні типу КСГ-7, КСГ-8. Технічні характеристики виробника.
6. Ревенко, І. І., Брагінець, М. В., & Заболотько, О. О. Машини та обладнання для тваринництва. Київ: Кондор.
7. Мельник, В. І., & Гвоздев, О. В. Механізація виробничих процесів у тваринництві. Харків: ХНТУСГ.
8. Ясенецький, В. А., & Мельник, В. І. Проектування механізованих технологічних процесів у тваринництві. Київ: Урожай.
9. ДСТУ ISO 5707:2018. Установки доїльні. Конструкція та технічні характеристики.
10. ДСТУ ISO 4254-1:2017. Сільськогосподарські машини. Вимоги щодо безпеки. Частина 1. Загальні вимоги.
11. Нова сільськогосподарська техніка/ В.А. Ясенецький, В.С. Куліш, М.П. Мечта та ін.; За ред. В.А. Ясенецького. – К.: Урожай, 1991. – 320 с.
12. Повод М.Г, Дудін, В.Ю., Шпетний М.Б.Розробка основних засад щодо обґрунтованого визначення розмірів санітарно-захисних зон свиноферм: монографія, Суми, «Сумський національний аграрний університет» 2019. – 96 с., ISBN 978-617-593-059-5

13. Гранично допустимі концентрації \ГДК\ та орієнтовні безпечні рівні діяння \ОБРД\ забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць/Міністерство екології та природних ресурсів України.
14. Дудін В.Ю., Павленко С.І., Акименко Р.М. Моніторинг ринку та технічних засобів виробництва твердих органічних добрив Технічні системи і технології тваринництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2016. – Вип. 170. – С. 34-45.
15. Дудін В.Ю. Огляд практик поводження з рідким гноєм в країнах ЄС. Materiały XIV Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, «Wykształcenie i nauka bez granicy - 2018», Volume 20 Przemysł: Nauka i studia -12-16 s.
16. Дудін В.Ю. Огляд технологій переробки рідкого гною свиней /Materiály XVI Mezinárodní vědecko - praktická konference «Moderní vymoženosti vědy», 22 - 30 ledna 2020 r., Volume 10 : Praha. Publishing House «Education and Science» - s. 30-34
17. Дудін В.Ю. Огляд технологій переробки твердого гною Materiały XV Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, «Wykształcenie i nauka bez granic - 2019», 07 - 15 grudnia 2019 roku, Volume 8 Przemysł: Nauka i studia – s. 49-51.

## **ДОДАТКИ**

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

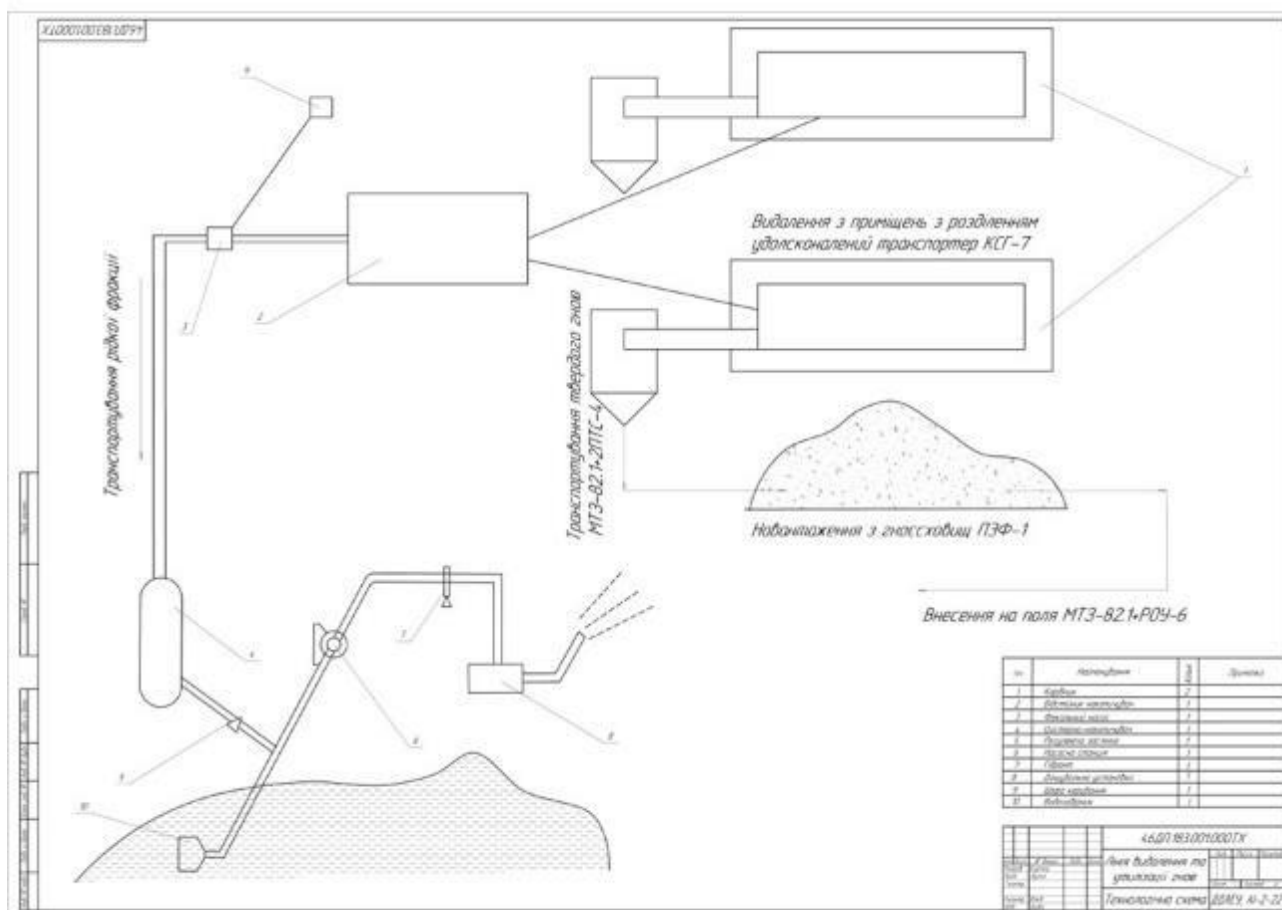
**Удосконалення процесу видалення гною на  
молочній фермі великої рогатої худоби з  
розробкою скребкового транспортера**

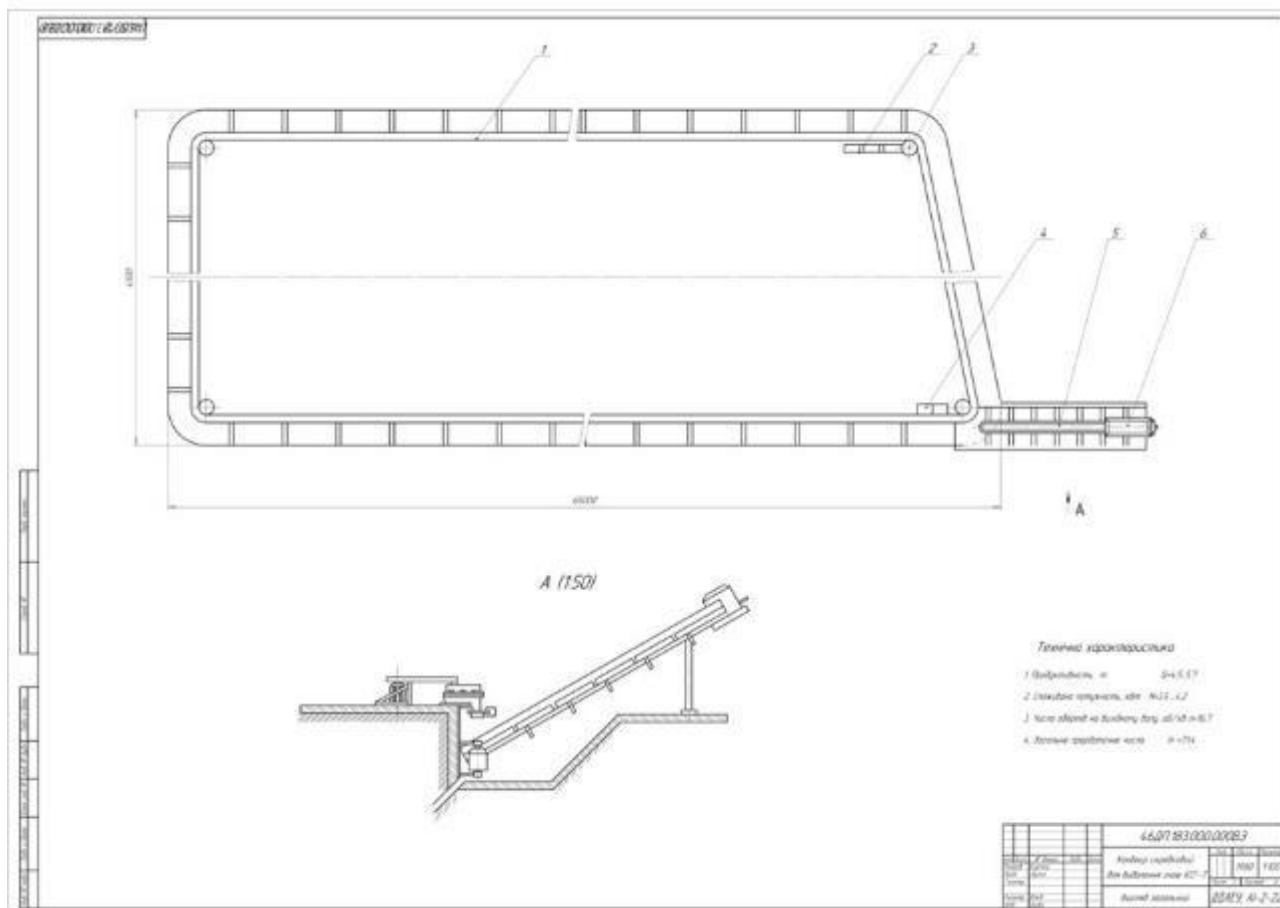
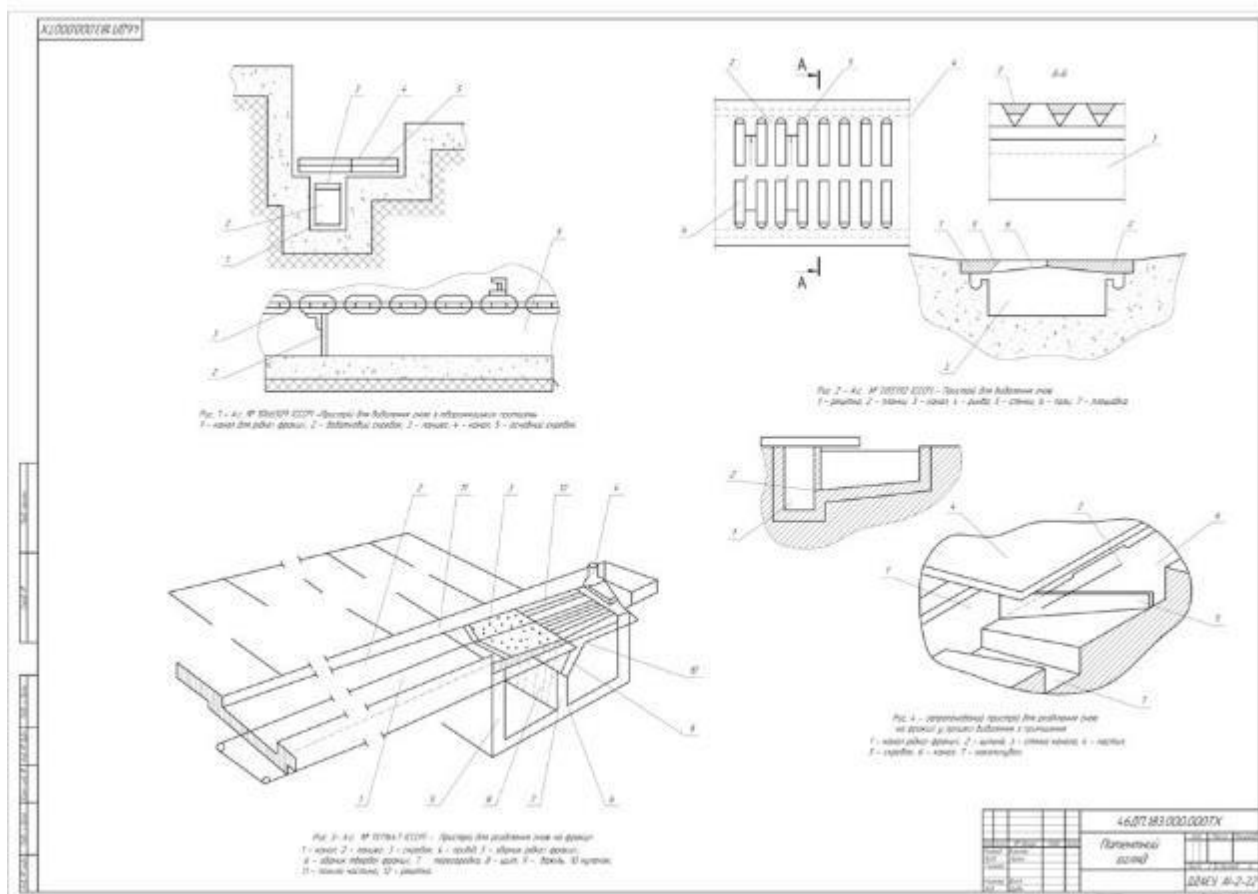
демонстраційний матеріал до дипломного проєкту рівня вищої освіти «Бакалавр»

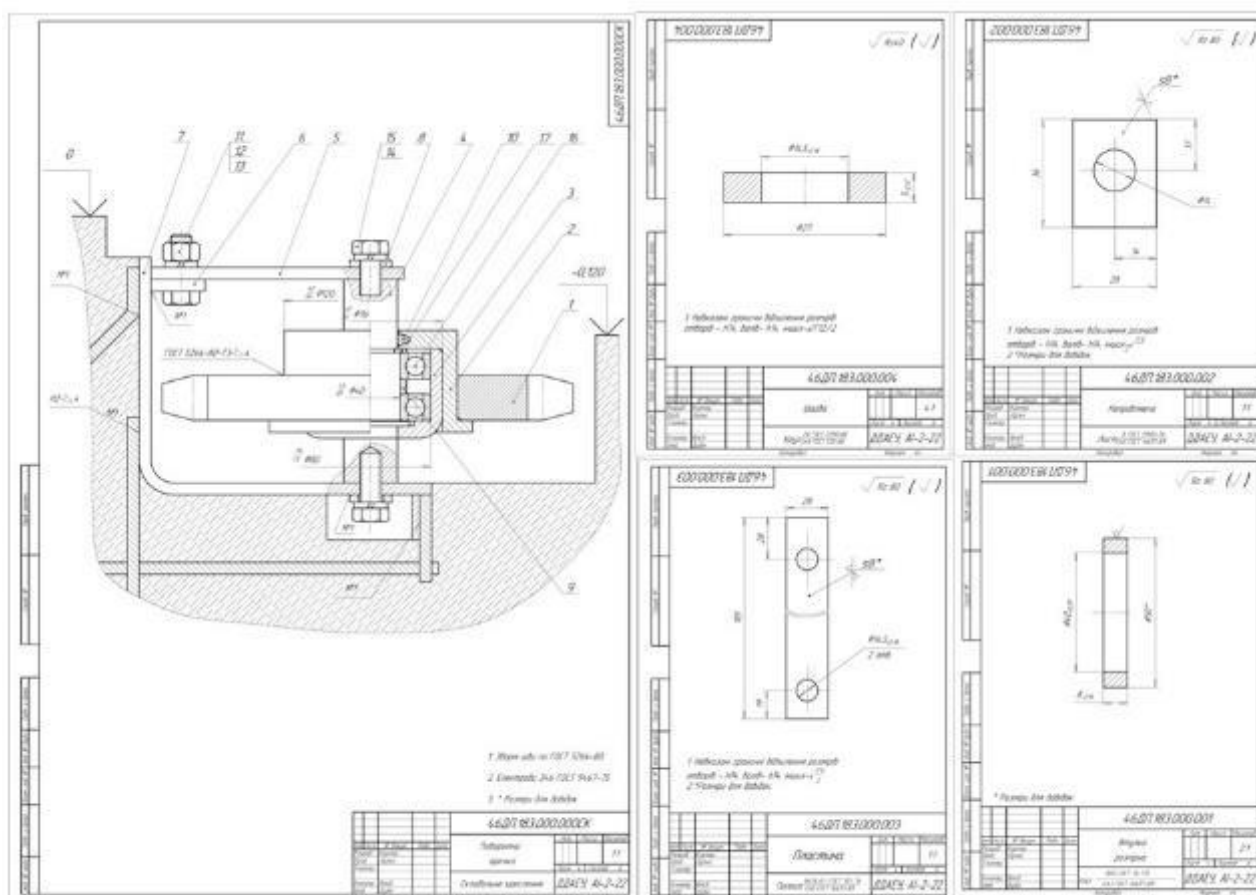
Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-2-22  
Кирлаш Олег Андрійович

Керівник: докторка філософії, старший викладач  
Лупко Кристина Олегівна

Дніпро-2026







### Основні небезпечні та шкідливі чинники під час видалення гною

| Чинник                           | Можливі наслідки                                         | Заходи запобігання                                                                  |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Рухомий ланцюг, скребки, зірочки | захоплення одягу, травмування рук або ніг                | суцільні огороження, заборона очищення під час руху, аварійна зупинка               |
| Електропривід і шафа керування   | ураження електричним струмом, коротке замикання          | заземлення, справна ізоляція, закрита шафа, ремонт тільки після знеструмлення       |
| Слизька підлога і вологі проходи | падіння, забої, розтягнення                              | регулярне очищення, неслизьке взуття, достатнє освітлення                           |
| Гази гнойової маси               | підразнення органів дихання, отруєння, втрата свідомості | вентиляція, заборона роботи у напрямках без перевірки повітря, робота не поодиночці |
| Біологічне забруднення           | інфекційні ризики, подразнення шкіри                     | рукавиці, спецодяг, миття рук, дезінфекція інструменту                              |
| Контакт із ВРХ                   | удари, притискання, травми від тварин                    | спокійне поводження, фіксація тварин, заборона різких дій і шуму                    |

|                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| 46.07.83.000.000.000 | Охорона праці        | 46.07.83.000.000.000 |
| 46.07.83.000.000.000 | 46.07.83.000.000.000 | 46.07.83.000.000.000 |

### Узагальнені показники ефективності удосконалення

| Показник                                | Значення                                                                                      |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Додаткові капітальні вкладення          | 112,0 тис. грн                                                                                |
| Річна економія експлуатаційних витрат   | 52,5 тис. грн/рік                                                                             |
| Зменшення річних експлуатаційних витрат | 35,0 %                                                                                        |
| Орієнтовний строк окупності             | 2,1 року                                                                                      |
| Очікуваний виробничий результат         | зменшення ручної праці, стабільніше очищення каналів, поліпшення санітарного стану корівників |

|                                                                            |  |                          |                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                                                                            |  | 46071 183 000 000 ETT    |                                                                            |
| 1. <i>Итого:</i><br>2. <i>Сумма:</i><br>3. <i>Сред:</i><br>4. <i>Сред:</i> |  | Экспертное<br>заключение | 1. <i>Итого:</i><br>2. <i>Сумма:</i><br>3. <i>Сред:</i><br>4. <i>Сред:</i> |
| Средняя цена                                                               |  |                          | 46071 183 000 000 ETT                                                      |

| Формат        |        | Зона     | Поз.               | Обозначение                         | Наименование                | Кол. | Примечание |
|---------------|--------|----------|--------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------|------------|
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
| Перв. примен. |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     | Документація                |      |            |
|               |        |          |                    | 46ДП.183.000.000СК                  | Вигляд загальний            |      |            |
|               |        |          |                    |                                     | Складальні одиниці          |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
| Справ. №      |        | 1        | 46ДП.183.000.100СК | Горизонтальний транспортер          | 1                           |      |            |
|               |        | 2        | 46ДП.183.000.200СК | Натяжний пристрій                   | 1                           |      |            |
|               |        | 3        | 46ДП.183.000.300СК | Поворотна зірочка                   | 3                           |      |            |
|               |        | 4        | 46ДП.183.000.400СК | Привід горизонтального транспортера | 1                           |      |            |
|               |        | 5        | 46ДП.183.000.500СК | Похилий транспортер                 | 1                           |      |            |
|               |        | 6        | 46ДП.183.000.600СК | Привід похилого транспортера        | 1                           |      |            |
| Подп. и дата  |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
| Взам. инв. №  |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
| Подп. и дата  |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
| Инд. № подл.  |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    | 46ДП.183.000.000ВЗ                  |                             |      |            |
| Изм.          | Лист   | № докум. | Подп.              | Дата                                |                             |      |            |
| Разраб.       | Курлаш |          |                    |                                     | Конвеєр скредковий<br>КСГ-7 |      |            |
| Пров.         | Луцко  |          |                    |                                     |                             |      |            |
| Н.контр.      | Івлєв  |          |                    |                                     | Лит. Лист Листов            |      |            |
| Утв.          | Дудін  |          |                    |                                     |                             |      |            |
|               |        |          |                    |                                     | ДДАЕУ, АІ-2-22              |      |            |

| Перв. примен. |          | Формат           | Зона                         | Поз.             | Обозначение          | Наименование         | Кол. | Примечание |
|---------------|----------|------------------|------------------------------|------------------|----------------------|----------------------|------|------------|
| Справ. №      |          |                  |                              |                  |                      | Документація         |      |            |
|               |          |                  |                              |                  | 46ДП.183.000.300СК   | Складальне креслення |      |            |
|               |          |                  |                              |                  |                      | Деталі               |      |            |
|               |          |                  | 1                            | 46ДП.183.000.001 | Зірочка              | 1                    |      |            |
|               |          |                  | 2                            | 46ДП.183.000.002 | Кришка підшипника    | 1                    |      |            |
|               |          |                  | 3                            | 46ДП.183.000.003 | Корпус підшипника    | 1                    |      |            |
|               |          |                  | 4                            | 46ДП.183.000.004 | Вісь                 | 1                    |      |            |
|               |          |                  | 5                            | 46ДП.183.000.005 | Пластина             | 1                    |      |            |
|               |          |                  | 6                            | 46ДП.183.000.006 | Направляюча          | 1                    |      |            |
|               |          |                  | 7                            | 46ДП.183.000.004 | Скоба                | 1                    |      |            |
|               | 8        | 46ДП.183.000.008 | Шайба                        | 2                |                      |                      |      |            |
|               | 9        | 46ДП.183.000.009 | Розпірна втулка              | 1                |                      |                      |      |            |
|               | 10       | 46ДП.183.000.010 | Ущільнююче кільце            | 1                |                      |                      |      |            |
|               |          |                  |                              |                  | Стандартні вироби    |                      |      |            |
|               | 11       |                  | Болт ГОСТ 7805-70            | 1                |                      |                      |      |            |
|               | 12       |                  | Шайба ГОСТ 6407-70           | 1                |                      |                      |      |            |
|               | 13       |                  | Гайка ГОСТ 5915-70           | 1                |                      |                      |      |            |
|               | 14       |                  | Шайба ГОСТ 6407-70           | 2                |                      |                      |      |            |
|               | 15       |                  | Болт ГОСТ 7805-70            | 2                |                      |                      |      |            |
|               | 16       |                  | Підшипник ГОСТ 520-752       | 2                |                      |                      |      |            |
|               | 17       |                  | Стопорне кільце ГОСТ 9389-75 | 1                |                      |                      |      |            |
| Подп. и дата  |          |                  |                              |                  |                      | 46ДП.183.000.000СК   |      |            |
|               |          | Изм./лист        | № докум.                     | Подп.            | Дата                 |                      |      |            |
| Инв. № подл.  | Разраб.  | Курлаш           |                              |                  | Зірочка<br>поворотна | Лит.                 | Лист | Листов     |
|               | Пров.    | Луцко            |                              |                  |                      |                      |      |            |
|               | Н.контр. | Івльб            |                              |                  |                      | ДДАЕУ, АІ-2-22       |      |            |
|               | Утв.     | Дудін            |                              |                  |                      |                      |      |            |