

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Конструювання та дизайну

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Конструювання машин і обладнання
(назва кафедри)

_____ Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(підпис) (ПІБ)

— ” _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ТРА-
НСПОРТУВАННЯ КОРМІВ

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування
(код і назва)

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання) _____
(підпис)

Володимир БУЛГАКОВ
(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання) _____
(підпис)

Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(ПІБ)

к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання) _____
(підпис)

Анастасія ЛЯШКО
(ПІБ)

Виконав _____
(підпис)

Макарчук Максим Ігорович
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Конструювання машин і обладнання

д.т.н., професор Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

— ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Макарчука Максима Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування
(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи (дипломного проекту бакалавра)

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ КОРМІВ

затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» грудня 2024 р. №2265 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 2025, травень, 26
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи (дипломного проекту бакалавра)

Технологічна схема, продуктивність

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Провести аналіз існуючих конструкцій скребкових конвеєрів
2. Розглянути перспективи створення конструкції нового скребкового конвеєра
3. Виконати розрахунок конструкції
4. Розглянути питання охорони праці
5. Виконати розрахунок економічної ефективності

Перелік графічних документів (за потреби)

1. Загальний вигляд

Дата видачі завдання «16» грудня 2024 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Анастасія ЛЯШКО
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Максим Макарчук
(прізвище та ініціали студент)

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ЗМІСТ | 3 |
| РЕФЕРАТ | 5 |
| ВСТУП | 6 |
| РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ | 8 |
| 1.1. Огляд існуючих систем транспортування кормів..... | 8 |
| 1.1.1 Класифікація кормотранспортних систем | 8 |
| 1.1.2 Переваги і недоліки різних типів конвеєрів | 11 |
| 1.1.3 Область застосування скребкових конвеєрів | 14 |
| 1.2. Конструктивні особливості скребкових конвеєрів..... | 16 |
| 1.2.1 Основні елементи конструкції | 16 |
| 1.2.2 Типи скребоків та їх характеристики..... | 18 |
| 1.2.3 Варіанти приводних механізмів..... | 21 |
| 1.3. Фізико-механічні властивості кормів | 24 |
| 1.3.1 Характеристики різних типів кормів..... | 24 |
| 1.3.2 Вплив властивостей кормів на конструкцію конвеєра..... | 25 |
| 1.3.3 Абразивність та вологість кормових матеріалів | 26 |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА | 28 |
| 2.1. Розрахунок основних параметрів конвеєра..... | 28 |
| 2.1.1 Визначення продуктивності | 28 |
| 2.1.2 Розрахунок швидкості руху ланцюга | 29 |
| 2.1.3 Геометричні параметри жолоба | 29 |
| 2.2. Обґрунтування конструктивної схеми..... | 32 |
| 2.2.1 Вибір типу ланцюга..... | 32 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|---|--|--|---------------|------|---------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ЗМІСТ | | | | | |
| Розроб. | | Макарчук М.І. | | | | | | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | | Ляшко А.П. | | | | | | 3 | 53 | |
| Н. Контр. | | Матухно Н.В. | | | | | | НУБіП України | | |
| Затверд. | | Ловейкін В.С. | | | | | | | | |

| | | |
|---|--|----|
| 2.2.2 | 2.2.2 Конструкція скребків | 33 |
| РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА | | |
| | ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ | 36 |
| 3.1. | Аналіз небезпечних та шкідливих факторів..... | 36 |
| 3.2. | Заходи безпеки при експлуатації..... | 38 |
| 3.3. | Пожежна безпека..... | 41 |
| РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ | | |
| 4.1. | Загальні передумови економічного аналізу | 46 |
| 4.2. | Інвестиційні витрати на виготовлення та впровадження | 47 |
| 4.3. | 4.3. Поточні експлуатаційні витрати..... | 47 |
| 4.4. | Розрахунок річного економічного ефекту..... | 48 |
| 4.5. | Економія людських ресурсів..... | 48 |
| 4.6. | Додаткові економічні вигоди..... | 48 |
| 4.7. | Аналіз ризиків та варіанти окупності | 48 |
| | ВИСНОВКИ..... | 50 |
| | СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 52 |
| | ДОДАТКИ..... | 55 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 4 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки на 55 аркушах тексту, містить 4 розділи, висновки, список використаних джерел із 26 найменувань і додатки.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан систем транспортування кормів на тваринницьких підприємствах. Проведено огляд існуючих типів конвеєрного обладнання, зокрема стрічкових, гвинтових, пневматичних і скребкових конвеєрів, визначено їх переваги, недоліки та сфери застосування.

У другому розділі розроблено конструкцію скребкового конвеєра для транспортування подрібнених кормів. Проведено розрахунок основних параметрів, зокрема ширини та висоти жолоба, площі поперечного перерізу матеріалу, тягового зусилля, вибору тягового ланцюга, потужності приводу тощо. Обґрунтовано вибір конструктивних матеріалів з урахуванням агресивних умов експлуатації.

У третьому розділі розглянуто питання охорони праці. Визначено основні фактори ризику при експлуатації скребкових конвеєрів та запропоновано комплекс заходів щодо їх усунення або зниження, зокрема технічні, електробезпечні, організаційні та ергономічні.

У четвертому розділі виконано розрахунок економічної ефективності впровадження скребкового конвеєра. Наведено порівняння з традиційними методами транспортування, обчислено поточні витрати та термін окупності, визначено економічний ефект та соціальні переваги механізації процесу.

Ключові слова: скребковий конвеєр, транспортування кормів, кормороздавання, механізація, енергоефективність, розрахунок, охорона праці, економічна ефективність.

| | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|---|------|--------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Макарчук М.І. | | | Літ. | Арк. | Аркуші |
| Перевір. | | Ляшко А.П. | | | | 5 | 55 |
| Н. Контр. | | Матухно Н.В. | | | РЕФЕРАТ НУБіП України | | |
| Затверд. | | Ляшко А.П. | | | | | |

ВСТУП

Сучасне тваринництво характеризується інтенсивним розвитком та постійним підвищенням вимог до ефективності виробничих процесів. Одним з найважливіших технологічних процесів у тваринництві є транспортування та роздавання кормів, що становить значну частку трудових та енергетичних витрат. За даними досліджень, витрати на транспортування кормів можуть досягати 15-20% від загальних витрат на утримання тварин.

В умовах сучасних тваринницьких комплексів, де утримуються сотні та тисячі голів худоби, механізація процесів кормороздавання стає критично важливою для забезпечення економічної ефективності виробництва. Традиційні методи ручного транспортування кормів не можуть забезпечити необхідну продуктивність та якість процесу, що призводить до підвищення собівартості продукції та зниження конкурентоспроможності підприємств.

Скребкові конвеєри займають особливе місце серед обладнання для транспортування кормів завдяки своїй універсальності, надійності та можливості транспортування різноманітних за фізико-механічними властивостями кормових матеріалів. Вони здатні ефективно працювати з сипучими, в'язкими та волокнистими кормами, забезпечуючи безперервний технологічний процес.

Однак існуючі конструкції скребкових конвеєрів не повністю відповідають сучасним вимогам тваринництва щодо енергоефективності, надійності та автоматизації. Багато з них характеризуються підвищеним енергоспоживанням, складністю обслуговування та недостатньою довговічністю роботи в агресивних умовах тваринницьких приміщень.

У зв'язку з цим актуальною є задача розробки удосконаленої конструкції скребкового конвеєра, яка би забезпечувала високу ефективність транспортування кормів при зниженні експлуатаційних витрат та підвищенні надійності роботи.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---|----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Макарчук М.І. | | | ВСТУП | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Акрушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Ляшко А.П. | | | | | 6 | 55 |
| <i>Н. Контр.</i> | | Матухно Н.В. | | | | <i>НУБіП України</i> | | |
| <i>Затверд.</i> | | Ловейкін В.С. | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Метою даної бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка удосконаленої конструкції скребкового конвеєра для транспортування кормів з підвищеними експлуатаційними характеристиками та зниженими енергетичними витратами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні *завдання*:

1. Проаналізувати сучасний стан техніки в галузі кормотранспортного обладнання та виявити основні недоліки існуючих конструкцій скребкових конвеєрів.
2. Дослідити фізико-механічні властивості різних типів кормів та їх вплив на конструктивні параметри транспортного обладнання.
3. Виконати теоретичні дослідження кінематичних та силових параметрів конвеєра, розрахувати основні конструктивні елементи на міцність.
4. Запропонувати удосконалену конструктивну схему скребкового конвеєра з обґрунтуванням вибору основних вузлів та механізмів.
5. Провести техніко-економічний аналіз ефективності запропонованих рішень.
6. Розробити рекомендації щодо безпечної експлуатації та обслуговування конвеєра.

Об'єктом дослідження є процес транспортування кормових матеріалів скребковими конвеєрами в умовах тваринницьких підприємств.

Предметом дослідження є конструктивні параметри та режими роботи скребкового конвеєра, що забезпечують ефективне транспортування кормів з мінімальними енергетичними витратами.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 7 |

РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

1.1. Огляд існуючих систем транспортування кормів

1.1.1 Класифікація кормотранспортних систем

Сучасні кормотранспортні системи у тваринництві представляють складний комплекс механізмів і обладнання, призначених для механізації процесів переміщення, дозування та роздавання кормів. За принципом дії та конструктивними особливостями кормотранспортні системи можна класифікувати за декількома основними ознаками.

Класифікація за способом переміщення вантажу

1. **Стрічкові конвеєри** (рис. 1.1) найпоширеніший тип транспортного обладнання, де переміщення матеріалу відбувається за рахунок руху нескінченної стрічки, що огинає приводний і натяжний барабани. Стрічкові конвеєри забезпечують безперервне транспортування великих об'ємів кормів на значні відстані з відносно невисокими енергетичними витратами.

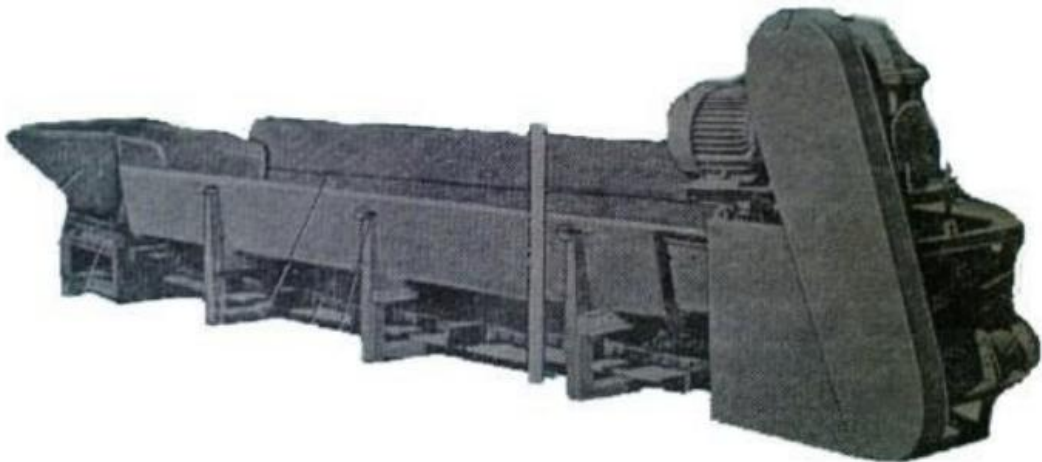


Рис. 1.1. Транспортер-роздавач кормів стаціонарний ТВК-80Б

| | | | | | | | | |
|-----------|---------------|----------|--------|------|--|------|------|---------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | Макарчук М. | | | | РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ РОЗ- РОБКИ | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Ляшко А.П. | | | | | | 8 | 55 |
| Н. Контр. | Матухно Н.П. | | | | НУБіП України | | | |
| Затверд. | Ловейкін В.С. | | | | | | | |

2. **Гвинтові конвеєри (шнекові)** (рис. 1.2.). Принцип роботи базується на переміщенні матеріалу за допомогою обертового гвинта, розміщеного в циліндричному кожусі. Гвинтові конвеєри особливо ефективні для транспортування сипучих кормів на невеликі відстані з можливістю подачі в різних напрямках.

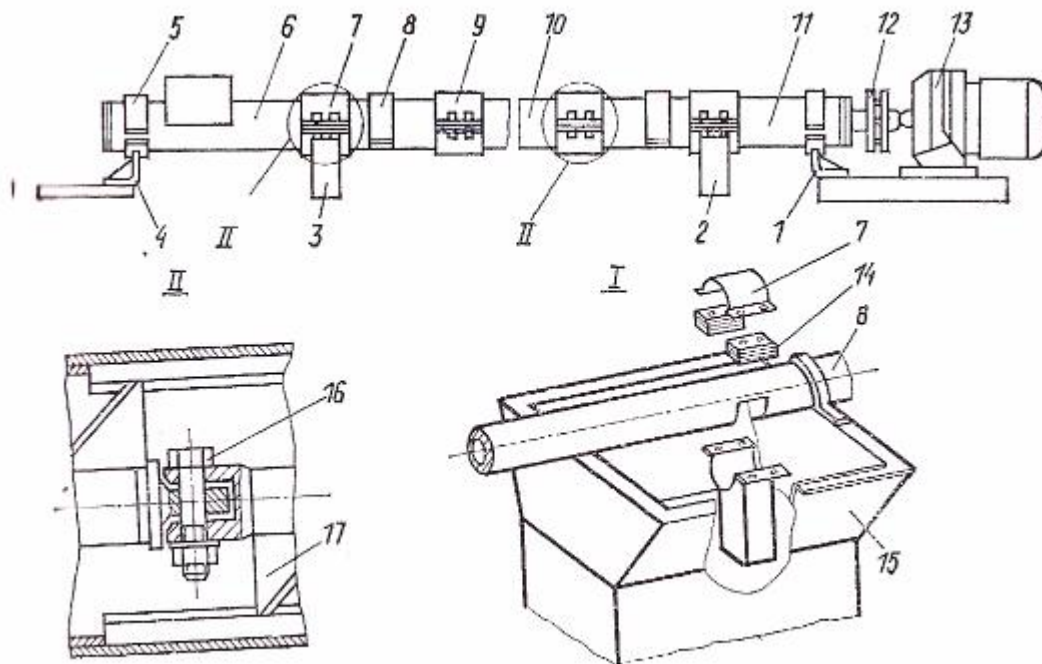


Рис. 1.2. Гвинтовий кормороздавач ТУУ-2А

3. **Скребкові конвеєри** (рис. 1.3). Транспортування здійснюється за рахунок переміщення матеріалу скребками, прикріпленими до нескінченного ланцюга. Скребки рухаються по дну жолоба, захоплюючи і переміщуючи корм у заданому напрямку. *Ланцюгово-скребкові транспортери* розповсюджені на фермах для роздавання сухих концентрованих, грубих та соковитих кормів, вологих мішанок.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 9 |

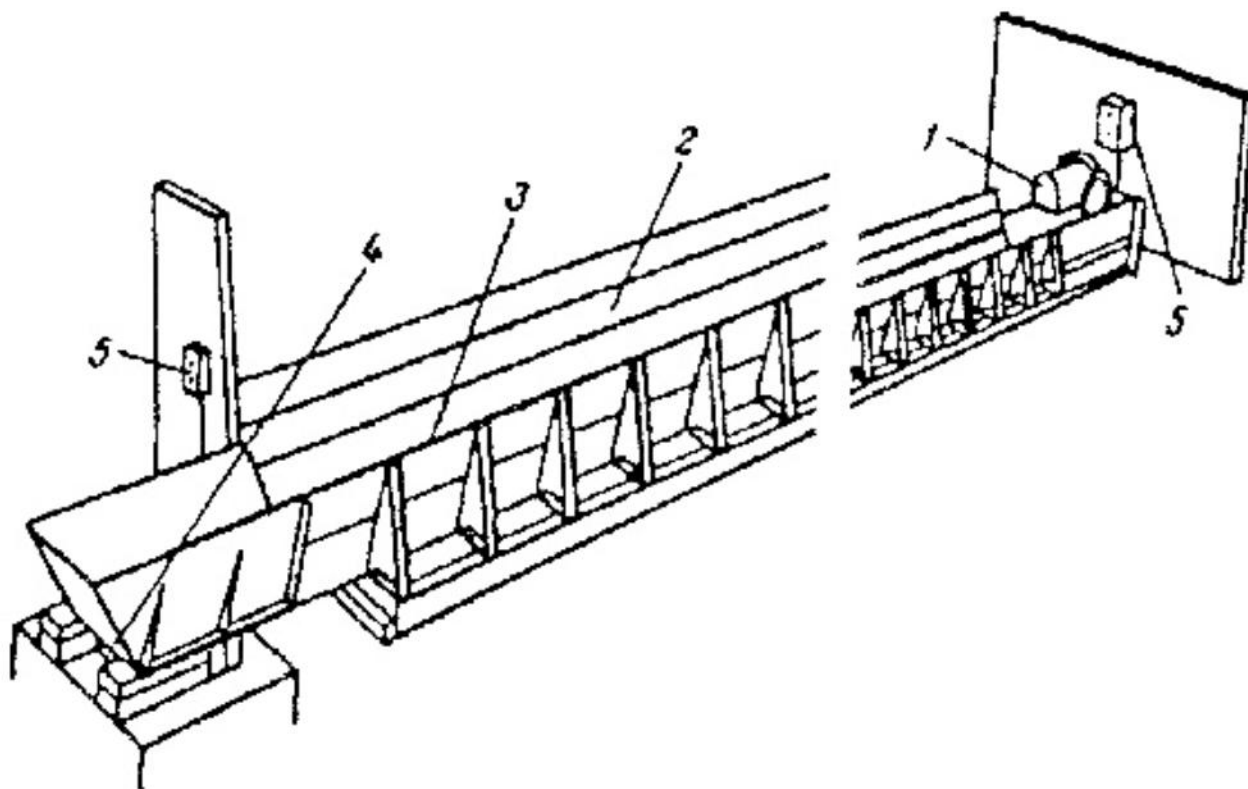


Рис. 1.3. Скребковий конвеєр

4. Пневматичні системи Використовують енергію стисненого повітря або створення вакууму для переміщення кормів по трубопроводах. Забезпечують герметичне транспортування без забруднення кормів. *Пневматичні системи* використовують, головним чином, для транспортування напіврідких кормів закритими трубопроводами за допомогою стиснутого повітря, створюваного компресором. В окремих випадках такі системи застосовують і для переміщення сухих сипких кормів потоком повітря за допомогою відцентрового вентилятора (ексгаустера).

5. Трубчасті шайбові конвеєри. Варіантом для приміщень, що вимагають складнішого, в декілька рівнів, розташування кормопровода (передбачається безліч вигинів) є універсальні контурні системи ланцюгово-шайбових і шайбово-тросових транспортерів. Вони можуть транспортувати гранульовані і сипкі матеріали складними за конфігурацією трасами з горизонтальними, похилими та вертикальними ділянками в приміщеннях для утримання як свинюматок, так і поросят на різних стадіях вирощування.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Класифікація за призначенням

Системи загального призначення - універсальні транспортні засоби, що можуть використовуватися для переміщення різноманітних кормових матеріалів.

Спеціалізовані системи - розроблені для транспортування конкретних видів кормів з урахуванням їх специфічних властивостей (концентровані корми, грубі корми, рідкі кормові суміші).

Комбіковані системи - поєднують декілька типів транспортного обладнання для забезпечення повного циклу кормороздавання.

Класифікація за напрямком транспортування

Горизонтальні - для транспортування в горизонтальній площині

Похилі - для подолання невеликих перепадів висот

Вертикальні - для підйому кормів на значну висоту

Просторові - забезпечують транспортування в різних площинах

1.1.2 Переваги і недоліки різних типів конвеєрів

Стрічкові конвеєри

Переваги:

- Висока продуктивність (до 500-1000 т/год);
- Можливість транспортування на великі відстані (до 1-2 км);
- Плавність роботи та низький рівень шуму;
- Відносно низькі енергетичні витрати;
- Можливість транспортування різноманітних кормових матеріалів;
- Простота автоматизації процесу.

Недоліки:

- Висока вартість стрічки та необхідність її періодичної заміни;
- Складність герметизації при транспортуванні пилоподібних кормів;
- Необхідність очищення стрічки від налиплих залишків;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –€” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 11 |

- Обмеження по куту нахилу транспортування (до 18-20°);
- Чутливість до температурних впливів та агресивних середовищ.

Гвинтові конвеєри

Переваги:

- Компактність конструкції;
- Можливість транспортування в герметичному кожусі;
- Простота конструкції та обслуговування;
- Можливість роботи під кутом до 45°;
- Відносно низька вартість обладнання;
- Можливість змішування матеріалів під час транспортування.

Недоліки:

- Обмежена довжина транспортування (до 40-60 м);
- Підвищене енергоспоживання через тертя;
- Можливість подрібнення та пошкодження кормових частинок;
- Швидкий знос гвинта при роботі з абразивними матеріалами;
- Складність транспортування волокнистих кормів;
- Необхідність точного дозування подачі матеріалу.

Скребкові конвеєри

Переваги:

- Універсальність - можливість транспортування різноманітних кормів;
- Простота конструкції та надійність;
- Можливість роботи в важких умовах експлуатації;
- Герметичність транспортування;
- Можливість транспортування липких та в'язких матеріалів;
- Відносно низька вартість виготовлення та експлуатації;
- Можливість створення складних трас транспортування.

Недоліки:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –€” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

- Підвищений знос скребків та ланцюга;
- Можливість пошкодження кормових частинок;
- Нерівномірність подачі матеріалу;
- Необхідність регулярного обслуговування ланцюгової передачі;
- Підвищений рівень шуму під час роботи;
- Обмеження по швидкості транспортування;
- Пневматичні системи.

Переваги:

- Повна герметичність транспортування;
- Можливість транспортування по складних трасах;
- Відсутність рухомих частин у транспортних трубопроводах;
- Висока швидкість транспортування;
- Мінімальне забруднення кормів;
- Можливість автоматизації процесу дозування.

Недоліки:

- Високі енергетичні витрати;
- Складність системи та висока вартість обладнання;
- Обмеження по типах кормів (переважно сипучі);
- Можливість подрібнення кормових частинок;
- Необхідність постійного обслуговування компресорного обладнання;
- Чутливість до засмічення трубопроводів;
- Елеватори.

Переваги:

- Ефективність вертикального транспортування;
- Компактність при великій висоті підйому;
- Можливість транспортування різних видів кормів;
- Відносно низькі енергетичні витрати.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –€” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 13 |

Недоліки:

- Складність конструкції та висока вартість;
- Необхідність точного налаштування та обслуговування;
- Можливість пошкодження кормів при завантаженні в ковші;
- Обмеження по продуктивності.

1.1.3 Область застосування скребкових конвеєрів

Скребкові конвеєри знайшли широке застосування в системах кормороздавання завдяки своїй універсальності та надійності роботи в складних умовах тваринницьких приміщень.

Основні сфери застосування

1. Молочні ферми та комплекси На молочних фермах скребкові конвеєри використовуються для транспортування концентрованих кормів від кормосховищ до кормових столів. Особливо ефективні при роздаванні кормосумішей, силосу та сінажу. Забезпечують безперервну подачу кормів згідно з технологічним регламентом годівлі.

2. М'ясне скотарство У м'ясному скотарстві скребкові конвеєри застосовуються для транспортування грубих кормів, концентратів та кормосумішей на відгодівельних майданчиках. Особливо важливі в зимовий період, коли необхідно забезпечити регулярну подачу кормів у великих кількостях.

3. Свинарські комплекси На свинарських фермах ці конвеєри використовуються для роздавання рідких та напіврідких кормів, а також сухих кормосумішей. Забезпечують точне дозування кормів відповідно до фізіологічних потреб тварин різних вікових груп.

4. Птахівницькі підприємства У птахівництві скребкові конвеєри застосовуються для транспортування комбікормів у пташниках, забезпечуючи безперервну подачу корму до годівниць. Особливо ефективні на великих птахофабриках з утриманням десятків тисяч голів птиці.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –€” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 14 |

5. Кормоцехи та змішувальні відділення Скребкові конвеєри є невід'ємною частиною технологічних ліній приготування кормів, забезпечуючи транспортування сировини до змішувачів та готових кормосумішей до місць зберігання або безпосередньо до тварин.

Особливості застосування залежно від типу кормів

Концентровані корми (комбікорми, зерно). Скребкові конвеєри ефективно транспортують сипучі концентрати завдяки можливості роботи в закритому жолобі, що запобігає розсипанню та забрудненню кормів. Оптимальна швидкість руху ланцюга 0,4-0,8 м/с.

Грубі корми (сіно, солома, сінаж). Для транспортування грубих кормів використовуються конвеєри з посиленими скребками та збільшеною висотою жолоба. Волокниста структура цих кормів потребує спеціальної конструкції скребків для запобігання заплетенню.

Соковиті корми (силос, коренеплоди). При транспортуванні соковитих кормів особлива увага приділяється герметичності жолоба та корозійній стійкості металоконструкцій. Використовуються спеціальні покриття для захисту від агресивного впливу кормових кислот.

Кормосуміші. Скребкові конвеєри ідеально підходять для транспортування готових кормосумішей різної консистенції, забезпечуючи збереження однорідності суміші під час транспортування.

Технічні вимоги до скребкових конвеєрів у тваринництві

- Продуктивність: від 10 до 300 т/год залежно від розміру ферми та типу кормів.
- Довжина транспортування: до 100-150 м для горизонтального транспортування.
- Кут нахилу: до 30° для більшості типів кормів.
- Швидкість руху ланцюга: 0,2-1,0 м/с залежно від характеристик корму.
- Габарити жолоба: ширина 200-800 мм, висота 150-500 мм.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –€” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

- Матеріали виготовлення: корозійностійкі сталі, оцинковане покриття, полімерні матеріали.

Скребкові конвеєри завдяки своїй універсальності, надійності та відносно низькій вартості залишаються одним з найпопулярніших видів кормотранспортного обладнання в сучасному тваринництві, забезпечуючи ефективну механізацію процесів кормороздавання на підприємствах різного масштабу.

1.2. Конструктивні особливості скребкових конвеєрів

1.2.1 Основні елементи конструкції

Скребковий конвеєр (рис. 1.3) являє собою складну механічну систему, що складається з ряду взаємопов'язаних елементів, кожен з яких виконує специфічні функції у процесі транспортування кормових матеріалів.

Несучий каркас та опорні конструкції

Рама конвеєра є основою всієї конструкції і забезпечує просторову жорсткість системи. Виготовляється з профільних сталевих елементів - швелерів, двотаврів або зварних профілів прямокутного перерізу. Рама повинна витримувати статичні навантаження від власної ваги конвеєра, динамічні навантаження від транспортованого матеріалу та зусилля від натягу ланцюга.

Опорні стійки розміщуються через кожні 3-6 метрів довжини конвеєра і забезпечують передачу навантажень на фундамент або несучі конструкції будівлі. Конструкція стійок передбачає можливість регулювання висоти для забезпечення точного горизонтального положення конвеєра.

Жолоб конвеєра

Робочий жолоб є основним елементом, по якому здійснюється транспортування кормових матеріалів. Конструктивно жолоб складається з:

Днище - плоска або з невеликим прогином поверхня, по якій ковзають скребки

Борти - вертикальні стінки, що запобігають розсипанню матеріалу

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 16 |

Кришки - знімні або відкидні елементи для герметизації та доступу до внутрішньої частини

Типові розміри жолобів:

- Ширина: 200-800 мм
- Висота бортів: 150-500 мм
- Товщина стінок: 3-8 мм залежно від інтенсивності експлуатації
- Матеріал виготовлення жолоба - листова сталь з антикорозійним покриттям або нержавіюча сталь для агресивних середовищ.

Тяговий ланцюг

Ланцюг є основним елементом, що забезпечує переміщення скребків і передачу тягового зусилля від приводу. У скребкових конвеєрах застосовуються спеціальні втулково-роликові ланцюги підвищеної міцності.

Основні типи ланцюгів:

- Стандартні роликові ланцюги серії ПР (ГОСТ 13568-97):
 - ПР-19,05 (3/4") - для легких конвеєрів;
 - ПР-25,4 (1") - для середніх навантажень;
 - ПР-31,75 (1 1/4") - для важких умов роботи.
- Спеціальні конвеєрні ланцюги з посиленими пластинами:
 - Підвищена міцність на розрив;
 - Стійкість до ударних навантажень;
 - Корозійностійкі покриття.
- Ланцюги з подовженим кроком для зменшення кількості скребків:
- Крок 100-200 мм замість стандартних 50-100 мм;
- Економія матеріалу скребків;
- Зменшення маси рухомих частин.

Натяжний пристрій

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 17 |

Натяжна станція забезпечує необхідний натяг ланцюга та компенсує його видовження в процесі експлуатації. Конструктивно може виконуватися у вигляді:

- Гвинтового механізму - для ручного регулювання натягу;
- Вантажного натяжного пристрою - для автоматичного підтримання постійного натягу;
- Пружинного механізму - для компенсації динамічних навантажень.

Приводна станція

Привод конвеєра складається з електродвигуна, редуктора та приводної зірочки. Розміщується на одному з кінців конвеєра і забезпечує передачу крутного моменту ланцюгу через приводну зірочку.

Система направляючих та підтримуючих елементів

Направляючі забезпечують правильну траєкторію руху ланцюга і включають:

- Підтримуючі ролики в нижній гілці;
- Направляючі планки в зонах повороту;
- Захисні кожухи в місцях можливого сходження ланцюга;

1.2.2 Типи скребків та їх характеристики.

Скребки є робочими органами конвеєра, що безпосередньо взаємодіють з транспортованим матеріалом. Їх конструкція та характеристики значною мірою визначають ефективність роботи всього конвеєра.

Класифікація скребків за конструкцією

1. Суцільні скребки. Виготовляються з листової сталі товщиною 4-10 мм у вигляді прямокутних пластин. Характеризуються:

- Простотою виготовлення;
- Високою міцністю;
- Можливістю транспортування важких матеріалів;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 18 |

- Підвищеним опором руху.
2. Решітчасті скребки Мають отвори або прорізи для зменшення опору руху та маси. Особливості:
- Зменшена маса на 20-30%;
 - Краще перемішування матеріалу;
 - Можливість проходження дрібних включень;
 - Складніша технологія виготовлення.
3. Профільні скребки Мають спеціальну форму профілю для оптимального захоплення матеріалу:
- Криволінійна форма для кращого захоплення;
 - Ребра жорсткості для підвищення міцності;
 - Спеціальні канавки для направлення потоку матеріалу;

Класифікація за матеріалом виготовлення

1. Сталеві скребки

- Вуглецева сталь Ст3, Ст5 - для стандартних умов;
- Легована сталь - для підвищених навантажень;
- Нержавіюча сталь - для агресивних середовищ.

2. Чавунні скребки

- Висока зносостійкість;
- Економічність виготовлення;
- Підвищена крихкість при ударних навантаженнях.

3. Композитні скребки

- Пластики, армовані скловолокном;
- Низька вага;
- Корозійна стійкість;
- Нижча міцність порівняно зі сталевими.

Способи кріплення скребок до ланцюга

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –€” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 19 |

1. Болтове з'єднання. Найпоширеніший спосіб кріплення через отвори в скребку болтами або гвинтами:

- Надійність з'єднання;
- Можливість заміни окремих скребоків;
- Підвищена трудомісткість складання.

2. Зварне з'єднання. Скребок приварюється до спеціальних кронштейнів на ланцюгу:

- Висока міцність з'єднання;
- Неможливість заміни окремих скребоків;
- Менша трудомісткість виготовлення.

3. Клинове з'єднання. Скребок закріплюється за допомогою клинових з'єднань:

- Швидкість заміни скребоків;
- Можливість регулювання положення;
- Складність забезпечення надійності;
- Геометричні параметри скребоків

Висота скребка визначається висотою транспортованого шару матеріалу:

- Для сипучих кормів: 80-150 мм
- Для грубих кормів: 150-300 мм
- Для кормосумішей: 100-200 мм

Ширина скребка відповідає внутрішній ширині жолоба з зазором 3-5 мм з кожного боку для запобігання заклинюванню.

Товщина скребка залежить від інтенсивності роботи:

- Легкі умови: 4-6 мм
- Середні умови: 6-8 мм
- Важкі умови: 8-12 мм

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –€” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 20 |

Спеціальні типи скребків

1. Скребки з гумовими накладками. Застосовуються для транспортування делікатних кормів:

- Зменшення пошкодження кормових частинок;
- Підвищена герметичність;
- Знижений рівень шуму.

2. Скребки з отворами. Використовуються для сепарації матеріалів:

- Проходження дрібних фракцій;
- Сортування кормів за розміром;
- Зменшення опору руху.

3. Скребки змінної висоти. Мають регульовану висоту для різних типів кормів:

- Універсальність застосування;
- Оптимізація процесу транспортування;
- Складність конструкції;

1.2.3 Варіанти приводних механізмів.

Приводний механізм скребкового конвеєра забезпечує передачу крутного моменту від електродвигуна до тягового ланцюга і є одним з найважливіших вузлів, що визначає надійність та ефективність роботи всієї системи.

Класифікація приводів за розташуванням

1. Головний привод. Розміщується на розвантажувальному кінці конвеєра:

Найпоширеніший варіант компонування;

Простота обслуговування;

Мінімальна довжина ланцюга під навантаженням.

2. Хвостовий привод. Встановлюється на завантажувальному кінці:

Застосовується при реверсивному руху;

Ускладнене обслуговування;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 21 |

Весь ланцюг працює під навантаженням.

3. Проміжний привод. Розміщується в середній частині конвеєра:

Для дуже довгих конвеєрів;

Зменшення навантаження на ланцюг;

Складність конструкції.

Схеми приводів за кількістю ланцюгів

1. Одноланцюговий привод. Використовується один тяговий ланцюг:

- Простота конструкції
- Економічність
- Обмеження по потужності та довжині

2. Дволанцюговий привід. Застосовуються два паралельні ланцюги:

- Підвищена надійність
- Більша тягова здатність
- Необхідність синхронізації ланцюгів

Типи редукторів

1. Циліндричні редуктори

- Передавальне число: 10-50
- ККД: 0,96-0,98
- Компактність конструкції
- Широкий діапазон потужностей

2. Черв'ячні редуктори

- Передавальне число: 10-100
- ККД: 0,70-0,85
- Самогальмівність
- Плавність роботи

3. Планетарні редуктори

- Високе передавальне число при компактності
- ККД: 0,95-0,97

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –€” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

- Висока вартість
- Складність обслуговування

4. Мотор-редуктори

- Компактність конструкції
- Зменшення габаритів приводної станції
- Простота монтажу
- Обмеження по потужності
- Системи регулювання швидкості

1. Ступінчасте регулювання

- Зміна передавального числа редуктора
- Використання коробки передач
- Обмежена кількість ступенів швидкості

2. Безступінчасте регулювання

- Частотні перетворювачі
- Гідравлічні передачі
- Плавність регулювання
- Висока вартість обладнання

Системи гальмування

1. Електродинамічне гальмування

- Використання генераторного режиму двигуна;
- Рекуперація енергії;
- Плавність гальмування.

2. Механічне гальмування

- Колодкові гальма;
- Дискові гальма;
- Надійність спрацьовування;
- Необхідність регулювання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –€” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 23 |

1.3. Фізико-механічні властивості кормів

1.3.1 Характеристики різних типів кормів

Фізико-механічні властивості кормових матеріалів є визначальними факторами при проектуванні та експлуатації транспортного обладнання. Різноманітність кормів у сільськогосподарському виробництві вимагає детального аналізу їх властивостей для забезпечення ефективного транспортування.

Зернові корми характеризуються відносно високою насипною густиною (600-800 кг/м³) та низькою вологістю (12-14%). Пшениця має насипну густину 750-780 кг/м³, кукурудза – 700-750 кг/м³, ячмінь – 600-650 кг/м³. Ці матеріали мають добру текучість, що спрощує їх транспортування конвеєрними системами. Кут природного укосу для більшості зернових становить 25-35°, що забезпечує стабільне формування вантажного потоку на стрічці конвеєра.

Подрібнені корми (борошно, висівки, шрот) відрізняються меншою насипною густиною (300-500 кг/м³) та схильністю до пилоутворення. Комбікорм має насипну густину 400-550 кг/м³ залежно від складу та ступеня подрібнення. Ці матеріали характеризуються підвищеною здатністю до злипання при збільшенні вологості, що може призводити до утворення зводів у бункерах та налипання на транспортувальні поверхні.

Грубі корми (сіно, солома, силос) мають найнижчу насипну густину (80-200 кг/м³ для сіна, 100-150 кг/м³ для соломи). Силос характеризується високою вологістю (65-75%) та насипною густиною 400-600 кг/м³. Ці матеріали мають велику об'ємність та нерівномірну структуру, що ускладнює їх транспортування стандартними конвеєрними системами.

Соковиті корми (коренеплоди, бульбоплоди) мають високу вологість (75-90%) та значну насипну густину (600-900 кг/м³). Картопля характеризується насипною густиною 650-700 кг/м³, цукрові буряки – 750-800 кг/м³. Ці корми схи-

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 24 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

льні до механічних пошкоджень під час транспортування, що вимагає особливого підходу до конструювання транспортного обладнання.

1.3.2 Вплив властивостей кормів на конструкцію конвеєра

Фізико-механічні властивості кормових матеріалів безпосередньо впливають на вибір типу конвеєра, його конструктивні параметри та режими експлуатації. Насипна густина матеріалу визначає необхідну міцність несучих елементів конвеєра та потужність приводу. Для транспортування важких матеріалів (зерно, коренеплоди) застосовуються стрічки підвищеної міцності з армуванням металевим кордом або тканинними прокладками.

Розмір та форма частинок кормів впливають на вибір профілю стрічки та конструкцію бортів. Для дрібнодисперсних матеріалів (борошно, комбікорм) необхідні герметичні кожухи для запобігання розсипанню та пилоутворенню. Крупнокускові матеріали (коренеплоди) потребують стрічок з гладкою поверхнею та збільшеною висотою бортів.

Кут природного укосу матеріалу визначає максимально допустимий кут нахилу конвеєра. Для зернових кормів з кутом укосу 30-35° максимальний кут нахилу стрічкового конвеєра становить 18-20°. При необхідності транспортування під більшими кутами застосовуються спеціальні конструкції стрічок з поперечними перегородками або гофрованою поверхнею.

Абразивні властивості кормів впливають на вибір матеріалу стрічки та конструкцію роликів. Для абразивних матеріалів (зерно з домішками піску) застосовуються гумові стрічки з підвищеною зносостійкістю або стрічки з поліуретановим покриттям. Ролики обладнуються захисними кільцями для запобігання попаданню абразивних частинок у підшипники.

Вологість кормів визначає вимоги до антикорозійного захисту металевих елементів конвеєра. Для транспортування вологих кормів (силос, коренеплоди) застосовуються оцинковані або нержавіючі сталі, а також спеціальні покриття, стійкі до впливу кислот та лугів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –€” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

1.3.3 Абразивність та вологість кормових матеріалів

Абразивність кормових матеріалів є критичним фактором, що визначає довговічність транспортного обладнання. Зернові корми, особливо з домішками мінеральних частинок, характеризуються значною абразивністю. Коефіцієнт абразивності пшениці становить 2,5-3,0, кукурудзи – 2,0-2,5, що потребує застосування зносостійких матеріалів для виготовлення робочих поверхонь конвеєра.

Подрібнені корми мають підвищену абразивність через збільшену питому поверхню частинок. Борошно та комбікорм характеризуються коефіцієнтом абразивності 1,5-2,0, але їх пилоподібна структура сприяє проникненню абразивних частинок у рухомі з'єднання, що прискорює зношування підшипників та ущільнень.

Грубі корми (сіно, солома) мають відносно низьку абразивність (коефіцієнт 0,5-1,0), але можуть містити мінеральні домішки, що підвищують їх абразивні властивості. Силос характеризується змінною абразивністю залежно від якості сировини та умов заготівлі.

Вологість кормових матеріалів коливається в широких межах та має суттєвий вплив на їх транспортні властивості. Зернові корми з вологістю понад 16% схильні до самонагрівання та пліснявіння, що вимагає особливих умов зберігання та транспортування. При вологості понад 20% різко зростає коефіцієнт тертя зерна по металевих поверхнях (з 0,3-0,4 до 0,6-0,8), що збільшує енергозатрати на транспортування.

Подрібнені корми при підвищеній вологості (понад 15%) схильні до злипання та утворення конгломератів, що може призводити до забивання розвантажувальних пристроїв. Критична вологість для комбікорму становить 14-15%, при якій матеріал зберігає добру текучість.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 26 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Силос з високою вологістю (понад 75%) створює корозійно-агресивне середовище через виділення органічних кислот. Це вимагає застосування спеціальних матеріалів для виготовлення контактуючих поверхонь конвеєра та посиленого антикорозійного захисту.

Коренеплоди з природною вологістю 80-90% не створюють агресивного середовища, але їх висока вологість може призводити до налипання землі та рослинних решток на транспортувальні поверхні. Це потребує застосування самоочисних стрічок або додаткових очисних пристроїв.

Контроль вологості кормових матеріалів здійснюється за допомогою автоматичних вологомірів, встановлених на конвеєрних лініях. При перевищенні критичних значень вологості застосовуються системи підсушування або коригування режимів транспортування для забезпечення надійної роботи обладнання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 27 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА

2.1. Розрахунок основних параметрів конвеєра

Для проектування скребкового конвеєра для транспортування кормів приймаємо наступні вихідні дані:

Тип матеріалу: подрібнені корми (зерносуміш, комбікорм);

Об'ємна маса матеріалу: $\gamma = 0,65 \text{ т/м}^3$;

Кут природного укосу: $\varphi = 35^\circ$;

Коефіцієнт тертя матеріалу по стали: $f = 0,45$;

Довжина конвеєра: $L = 24 \text{ м}$;

Кут нахилу конвеєра: $\beta = 15^\circ$;

Необхідна продуктивність: $Q = 8 \text{ т/год}$;

Режим роботи: періодичний (8 год/добу).

2.1.1 Визначення продуктивності

Продуктивність скребкового конвеєра визначається за формулою:

$$Q = 3600 \cdot S \cdot v \cdot \gamma \cdot \psi \cdot k_1 \cdot k_2, \text{ т/ГОД} \quad (2.1)$$

де:

S – площа поперечного перерізу матеріалу в жолобі, м^2 ;

v – швидкість руху ланцюга, м/с ;

γ – об'ємна маса матеріалу, т/м^3 ;

ψ – коефіцієнт заповнення жолоба ($\psi = 0,8-0,9$);

k_1 – коефіцієнт, що враховує кут нахилу конвеєра;

k_2 – коефіцієнт нерівномірності завантаження ($k_2 = 0,85-0,95$);

Для кута нахилу $\beta = 15^\circ$:

$$k_1 = 1 - \beta/100 = 1 - 15/100 = 0,85$$

| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|--|---------------|------|---------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Макарчук М. | | | РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СКРЕБ- КОВОГО КОНВЕЄРА | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | | Ляшко А.П. | | | | | 28 | 55 |
| Н. Контр. | | Матухно Н.В. | | | | НУБіП України | | |
| Затверд. | | Ловейкін В.С. | | | | | | |

Приймаємо:

$$\psi = 0,85;$$

$$k_2 = 0,9.$$

Необхідна площа поперечного перерізу матеріалу:

$$S = Q / (3600 \cdot v \cdot \gamma \cdot \psi \cdot k_1 \cdot k_2) \quad (2.2)$$

При швидкості $v = 0,25$ м/с:

$$S = 8 / (3600 \cdot 0,25 \cdot 0,65 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 0,9) = 0,0268 \text{ м}^2$$

2.1.2 Розрахунок швидкості руху ланцюга

Швидкість руху ланцюга скребкового конвеєра для транспортування кормів приймається в межах $v = 0,16-0,63$ м/с.

Оптимальна швидкість визначається з умови:

мінімального подрібнення матеріалу

зменшення зносу скребоків та жолоба

забезпечення необхідної продуктивності

Для кормів рекомендується швидкість $v = 0,2-0,32$ м/с.

Приймаємо швидкість руху ланцюга: $v = 0,25$ м/с.

Перевірка прийнятої швидкості:

- для горизонтального транспортування: $v \leq 0,4$ м/с
- для похилого транспортування під кутом 15° : $v \leq 0,32$ м/с

2.1.3 Геометричні параметри жолоба

Визначення ширини жолоба

Ширина жолоба визначається з умови забезпечення необхідної площі перерізу матеріалу:

При прямокутному перерізі жолоба:

$$S = B \cdot h \quad (2.3)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

де:

B – ширина жолоба, м;

h – висота шару матеріалу, м.

Висота шару матеріалу приймається:

$$h = (0,5-0,8) \cdot H \quad (2.4)$$

де H – висота жолоба.

Для забезпечення площі $S = 0,0268 \text{ м}^2$ при $h/B = 0,4$:

$$h = 0,4B \quad (2.5)$$

$$S = B \cdot 0,4B = 0,4B^2 \quad (2.6)$$

$$B = \sqrt{(S/0,4)} = \sqrt{(0,0268/0,4)} = 0,259 \text{ м}$$

Приймаємо ширину жолоба $B = 300 \text{ мм} = 0,3 \text{ м}$.

Висота жолоба

Висота жолоба визначається з умови:

$$H = h/\psi_1 \quad (2.7)$$

де ψ_1 – коефіцієнт заповнення по висоті ($\psi_1 = 0,6-0,8$).

При $\psi_1 = 0,7$:

$$h = S/B = 0,0268/0,3 = 0,089 \text{ м}$$

$$H = 0,089/0,7 = 0,127 \text{ м}$$

Приймаємо висоту жолоба $H = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м}$

Товщина стінок жолоба визначається з умов:

- міцності при дії бокового тиску матеріалу
- зносостійкості

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Боковий тиск матеріалу на стінку жолоба:

$$p = \gamma \cdot h \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2) \quad (2.8)$$

де $\varphi = 35^\circ$ – кут внутрішнього тертя матеріалу

$$p = 0,65 \cdot 0,089 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - 35^\circ/2) = 0,65 \cdot 0,089 \cdot \operatorname{tg}^2(27,5^\circ) = 0,65 \cdot 0,089 \cdot 0,27 = 0,0156 \text{ т/м}^2$$

Товщина стінки жолоба:

$$\delta = p \cdot H / (2 \cdot [\sigma]) \quad (2.9)$$

де $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ – допустиме напруження для сталі Ст3

$$\delta = 0,0156 \cdot 0,15 / (2 \cdot 160) = 0,0000073 \text{ м}$$

Конструктивно приймаємо товщину стінок жолоба $\delta = 4 \text{ мм}$.

Основні геометричні параметри жолоба

За результатами розрахунків приймаємо:

Ширина жолоба: $B = 300 \text{ мм}$

Висота жолоба: $H = 150 \text{ мм}$

Товщина стінок: $\delta = 4 \text{ мм}$

Площа поперечного перерізу матеріалу: $S = 0,027 \text{ м}^2$

Коефіцієнт заповнення: $\psi = 0,85$

Перевірка продуктивності

Фактична продуктивність конвеєра:

$$Q_{\text{факт}} = 3600 \cdot S \cdot v \cdot \gamma \cdot \psi \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (2.10)$$

$$Q_{\text{факт}} = 3600 \cdot 0,027 \cdot 0,25 \cdot 0,65 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 0,9 = 8,1 \text{ т/год}$$

Умова виконується: $Q_{\text{факт}} \geq Q_{\text{потр}}$ ($8,1 \geq 8,0 \text{ т/год}$)

Запас продуктивності складає: $(8,1 - 8,0) / 8,0 \cdot 100\% = 1,25\%$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 31 |

2.2. Обґрунтування конструктивної схеми

2.2.1 Вибір типу ланцюга

Для скребкових конвеєрів використовуються спеціальні тягові ланцюги, що повинні забезпечувати надійне переміщення скребоків та витримувати значні динамічні навантаження.

Круглоланкові зварні ланцюги:

- Переваги: простота виготовлення, низька вартість.
- Недоліки: великі динамічні навантаження, схильність до розриву при перевантаженнях.
- Застосування: для легких умов експлуатації.

Ланцюги з фігурними ланками:

- Переваги: підвищена міцність, кращі експлуатаційні характеристики
- Недоліки: складність виготовлення, підвищена вартість
- Застосування: для важких умов експлуатації

Роликові ланцюги:

- Переваги: плавність ходу, зменшений знос зірочок
- Недоліки: складність конструкції, чутливість до забруднення
- Застосування: для високошвидкісних конвеєрів

Обґрунтування вибору

Для транспортування кормів приймаємо круглоланковий зварний ланцюг за наступними причинами:

Технологічні фактори:

- Корми не створюють критичних абразивних навантажень;
- Швидкість руху невелика ($v = 0,25$ м/с);
- Періодичний режим роботи знижує вимоги до довговічності.

Економічні фактори:

- Нижча вартість виготовлення та обслуговування;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 32 |

- Простота ремонту в умовах сільськогосподарського підприємства;
- Доступність запасних частин.

Параметри ланцюга

Попередньо приймаємо круглоланковий ланцюг:

Діаметр дроту: $d = 8$ мм

Довжина ланки: $l = 64$ мм ($8d$)

Ширина ланки: $b = 24$ мм ($3d$)

Розривне навантаження: $P_{\text{розр}} \geq 32$ кН

Маса 1 м ланцюга: $q = 2,8$ кг/м

2.2.2 2.2.2 Конструкція скребків

Скребки є основним робочим органом конвеєра, що забезпечує переміщення матеріалу по жолобу.

Вимоги до конструкції скребків

Функціональні вимоги:

- Ефективне переміщення кормів без пересипання;;
- Мінімальне подрібнення матеріалу
- Можливість проходження поворотних секцій.

Експлуатаційні вимоги:

- Зносостійкість робочих поверхонь;
- Простота заміни при ремонті;
- Мінімальні габарити для зменшення опору.

Обґрунтування вибору конструкції

Приймаємо фасонний скребок з наступними характеристиками:

Геометричні параметри:

- Ширина скребка: $B_c = 290$ мм (на 10 мм менше ширини жолоба)
- Висота скребка: $H_c = 140$ мм (на 10 мм менше висоти жолоба)
- Товщина: $\delta_c = 6$ мм

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 33 |

Конструктивні особливості:

- Робоча частина - пластина зі сталі Ст45 з загнутими краями для кращого захоплення матеріалу
- Кріпильна частина - два отвори діаметром 10 мм для кріплення до ланцюга
- Ребра жорсткості - для підвищення міцності при згині

Крок встановлення скребків:

$t = 1000$ мм (обґрунтовується достатністю для переміщення кормів при швидкості 0,25 м/с)

3.1 Інноваційні рішення в конструкції скребків

Сучасні тенденції розвитку конвеєрного обладнання спрямовані на підвищення ефективності, зниження енергоспоживання та покращення експлуатаційних характеристик. Одним з найперспективніших напрямків є розробка інноваційних конструкцій скребків з використанням передових матеріалів та технологій.

Скребки з композитних матеріалів

Обґрунтування застосування композитів

Традиційні сталеві скребки мають значну вагу, що збільшує навантаження на привод та прискорює знос ланцюга. Використання композитних матеріалів дозволяє вирішити ці проблеми при збереженні необхідних міцнісних характеристик.

Переваги композитних скребків:

- Зменшення ваги на 30-40% порівняно зі сталевими аналогами;
- Корозійна стійкість - особливо важливо при роботі з вологими кормами;
- Зменшення інерційних навантажень при пуску та зупинці конвеєра;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- Поліпшені триботехнічні властивості - зменшення коефіцієнта тертя з жолобом.

Вибір композитного матеріалу

Для виготовлення скребків рекомендується використовувати склопластик на основі поліестерної смоли, армований скляними волокнами:

Характеристики матеріалу:

- Густина: $\rho = 1,8-2,1 \text{ г/см}^3$ (проти $7,85 \text{ г/см}^3$ для сталі)
- Границя міцності при згині: $\sigma_{\text{згин}} = 200-300 \text{ МПа}$
- Модуль пружності: $E = 15-25 \text{ ГПа}$
- Водопоглинання: не більше 0,5%
- Робоча температура: від -40°C до $+80^\circ\text{C}$

Конструктивне виконання

Багатошарова структура скребка:

Зовнішній шар - склотканина з поліестерною смолою (товщина 2 мм).

Армуючий шар - однонаправлені скляні волокна для підвищення жорсткості.

Заповнювач - пінопласт або сотова структура для зменшення ваги.

Кріпильні вставки - металеві втулки в місцях кріплення до ланцюга.

Порівняльний аналіз ваги:

Сталевий скребок ($290 \times 140 \times 6 \text{ мм}$): $m_1 = 1,9 \text{ кг}$

Композитний скребок: $m_2 = 1,2 \text{ кг}$

Зменшення ваги: $\Delta m = (1,9-1,2)/1,9 \times 100\% = 37\%$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 35 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | | | | |

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

3.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів

Забезпечення безпечних умов праці є пріоритетним завданням будь-якого виробничого процесу. У рамках експлуатації промислового обладнання необхідно проводити комплексний аналіз усіх потенційних ризиків, що можуть негативно впливати на здоров'я та життя працівників.

Механічні небезпеки

Механічні небезпеки є одними з найпоширеніших факторів ризику на промислових підприємствах. До основних видів механічних небезпек відносяться:

Рухомі частини обладнання становлять значну загрозу для персоналу. Незахищені ремінні передачі, шестерні, вали та інші обертові елементи можуть спричинити серйозні травми - від порізів та синців до переломів кісток та ампутації кінцівок. Особливо небезпечними є місця защемлення між рухомими частинами, де працівник може потрапити одягом або частинами тіла.

Падіння предметів з висоти або їх відлітання внаслідок руйнування обладнання створює ризик отримання травм голови, тулуба та кінцівок. Це особливо актуально при роботі з високооборотними механізмами, де центробіжна сила може викидати частинки матеріалу або елементи конструкції на значні відстані.

Гострі кромки та виступаючі елементи конструкцій та обладнання можуть спричинити порізи та проколи шкірних покривів. Неправильно оброблені поверхні, задирки металу, некваліфіковано виконані зварні шви створюють додаткові ризики травмування.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---|---------------|-------------|----------------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –€” 2024.12.16. 002 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Макарчук М. | | | РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Акрушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Ляшко А.П. | | | | | 36 | 55 |
| <i>Н. Контр.</i> | | Матухно Н.В. | | | | НУБіП України | | |
| <i>Затверд.</i> | | Ловейкін В.С. | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Небезпека раптового руху механізмів при їх запуску або зміні режиму роботи може призвести до травмування працівників, які знаходяться в зоні дії обладнання. Це особливо критично для крупногабаритних механізмів з великою інерційністю.

Електробезпека

Електричний струм є одним з найнебезпечніших факторів виробничого середовища, здатним спричинити тяжкі травми та смертельні випадки. Основні електричні небезпеки включають:

Ураження електричним струмом може відбуватися при прямому або непрямому контакті з струмоведучими частинами. Прямий контакт виникає при доторканні до неізольованих провідників під напругою, непрямий - при доторканні до металевих частин обладнання, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції.

Електричні опіки утворюються внаслідок перетворення електричної енергії на теплову в тканинах організму. Особливо небезпечними є опіки внутрішніх органів, які можуть не мати зовнішніх проявів, але призводити до серйозних порушень функцій організму.

Електричний удар характеризується збудженням живих тканин під дією електричного струму, що може призвести до судом м'язів, порушення дихання та серцевої діяльності. При важких формах електричного удару можлива клінічна смерть.

Вторинні травми виникають внаслідок мимовільних рухів людини при ураженні струмом, що може призвести до падінь з висоти, ударів об обладнання тощо.

Рівень небезпеки ураження електричним струмом залежить від багатьох факторів: сили струму, напруги, частоти, тривалості дії, шляху проходження через організм, індивідуальних особливостей людини та умов навколишнього середовища.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 37 |

Шум та вібрація

Акустичні та вібраційні впливи є поширеними шкідливими факторами виробничого середовища, що можуть негативно впливати на здоров'я працівників при тривалій експозиції.

Виробничий шум характеризується широким спектром частот та інтенсивністю звукового тиску. Тривалий вплив шуму рівнем понад 85 дБА може призвести до професійної приглухуватості - необоротного зниження слуху. Крім прямого впливу на орган слуху, шум негативно впливає на нервову систему, викликаючи підвищену втомлюваність, роздратливість, зниження концентрації уваги та працездатності.

Інфразвукові коливання частотою нижче 20 Гц особливо небезпечні, оскільки можуть викликати резонансні явища в органах людини, призводячи до порушення вестибулярного апарату, серцево-судинної системи та психічного стану.

Ультразвукові коливання частотою понад 20 кГц при контактній передачі через тверді середовища можуть спричинити місцеві ушкодження тканин, а при повітряній передачі - головний біль, запаморочення, нудоту.

Загальна вібрація передається на тіло людини через опорні поверхні та може призвести до вібраційної хвороби, що характеризується порушеннями в кістково-суглобовому апараті, нервовій та серцево-судинній системах.

Локальна вібрація діє на окремі частини тіла, найчастіше на руки при роботі з ручним віброінструментом. Тривалий вплив локальної вібрації може призвести до розвитку синдрому Рейно, артрозів, остеохондрозу.

3.2. Заходи безпеки при експлуатації

Комплексний підхід до забезпечення безпеки праці передбачає реалізацію технічних, організаційних та індивідуальних заходів захисту працівників від впливу небезпечних та шкідливих факторів.

Огородження рухомих частин

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 38 |

Огородження є одним з найефективніших способів захисту від механічних травм. Правильно спроектовані та встановлені огороження повинні відповідати вимогам національних стандартів безпеки.

Знімні огороження використовуються для захисту частин обладнання, до яких необхідний періодичний доступ для технічного обслуговування. Такі огороження повинні бути блокованими з системою управління обладнанням, щоб унеможливити його запуск при знятому огороженні.

Нерухомі огороження встановлюються для постійного захисту небезпечних зон, доступ до яких не потрібен під час нормальної експлуатації. Вони повинні мати достатню міцність та надійність кріплення, щоб витримувати можливі механічні навантаження.

Регульовані огороження дозволяють змінювати розмір захищеної зони залежно від оброблюваного виробу або налаштувань обладнання. Такі огороження особливо актуальні для універсального обладнання.

Самозакриваючі огороження автоматично повертаються в захисне положення після проходження через них оброблюваного матеріалу або виробу. Це забезпечує постійний захист без необхідності втручання оператора.

Огороження повинні мати достатню висоту та конструкцію, що унеможлиблює обхід або подолання працівником. Матеріали огороження мають бути стійкими до корозії, механічних пошкоджень та впливу технологічних середовищ.

Аварійні вимикачі

Системи аварійного відключення є критично важливими елементами безпеки, що дозволяють швидко зупинити обладнання в небезпечних ситуаціях.

Кнопки аварійного зупину повинні розташовуватися в легкодоступних місцях біля кожного робочого місця. Вони мають характерне червоне забарвлення та грибоподібну форму, що дозволяє легко натиснути їх навіть в умовах стресу або при обмеженій видимості.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 39 |

Тросові вимикачі встановлюються вздовж конвеєрних ліній та іншого протяжного обладнання. Натягнення троса в будь-якій точці його довжини призводить до негайного відключення приводів.

Бамперні вимикачі реагують на механічний натиск та встановлюються по периметру небезпечного обладнання. Вони спрацьовують при випадковому контакті працівника з обладнанням.

Світлові завіси створюють невидимий бар'єр за допомогою інфрачервоних променів. Перетин такого бар'єру людиною або предметом призводить до негайної зупинки обладнання.

Усі системи аварійного відключення повинні мати принцип позитивного розмикання, тобто сигнал на відключення формується при фізичному розриві електричного кола, а не при подачі керуючого сигналу.

Засоби індивідуального захисту

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) є останнім рубежем захисту працівника від впливу небезпечних факторів і повинні використовуватися в комплексі з колективними засобами захисту.

Захисний одяг повинен відповідати характеру виконуваних робіт та наявним небезпекам. Спецодяг для роботи біля рухомого обладнання не повинен мати довгих рукавів, що висять, кишень на передній частині, незакріплених елементів. Матеріали одягу мають бути стійкими до механічних пошкоджень, хімічних впливів та не повинні накопичувати статичну електрику.

Засоби захисту голови включають каски, шоломи, берети та інші головні убори, що захищають від ударів падаючих предметів, контакту з рухомими частинами обладнання, впливу хімічних речовин. Каски повинні мати амортизуючу підвіску та регулюватися за розміром голови.

Засоби захисту органів зору та обличчя представлені окулярами, щитками, масками різної конструкції. Вони повинні забезпечувати необхідний кут огляду, мати протиударні властивості, не обмежувати рухи голови. При роботі з хімічними речовинами застосовуються герметичні окуляри.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

Засоби захисту органів слуху включають протишумні навушники, вкладиші, шоломи. Вибір конкретного засобу залежить від спектру та інтенсивності шуму, тривалості експозиції, необхідності спілкування з колегами.

Засоби захисту рук представлені рукавичками різних типів: механічно-захисними, хімічностійкими, діелектричними, терmostійкими. Вибір рукавичок повинен враховувати не лише характер небезпеки, але й необхідність точних маніпуляцій пальцями.

Засоби захисту ніг включають спецвзуття з захисними носками, антипрокольною підошвою, маслобензостійкими властивостями. Для роботи в умовах підвищеної вологості застосовується гумове взуття, для електробезпеки - діелектричне.

3.3. Пожежна безпека

Забезпечення пожежної безпеки є комплексною задачею, що включає попередження виникнення пожеж, обмеження їх поширення та ефективне гасіння на початковій стадії.

Причини виникнення пожежі

Пожежа може виникнути лише за наявності трьох обов'язкових компонентів: горючої речовини, окислювача (зазвичай кисню повітря) та джерела запалювання з достатньою енергією.

Електричні причини є найпоширенішими на промислових підприємствах. Короткі замикання в електричних мережах супроводжуються виділенням великої кількості теплової енергії, здатної запалити ізоляцію проводів та навколишні горючі матеріали. Перевантаження електричних мереж призводить до перегріву провідників понад допустимі температури.

Іскріння в електричних контактах виникає при поганому контакті в з'єднаннях, що призводить до підвищення перехідного опору та локального нагрівання. Особливо небезпечними є іскри в атмосфері з підвищеним вмістом горючих газів або пилу.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 41 |

Несправності електрообладнання, такі як пробій ізоляції, перегрів обмоток електродвигунів, несправності пускозахисної апаратури, можуть стати причиною займання.

Теплові джерела включають нагріті поверхні обладнання, відкритий вогонь при зварювальних роботах, тертя в механічних передачах. Температура поверхонь може підвищуватися через порушення системи охолодження, забруднення теплообмінних поверхонь, перевантаження обладнання.

Статична електрика накопичується при русі діелектричних рідин по трубопроводах, пересипанні сипучих матеріалів, обертанні ременів передач. Розряд статичної електрики може мати енергію, достатню для запалювання парів легкозаймистих рідин.

Людський фактор включає порушення правил пожежної безпеки, недбалість при поводженні з вогнем, куріння в заборонених місцях, самовільне проведення вогневих робіт без відповідних дозволів.

Засоби пожежогасіння

Ефективність гасіння пожежі залежить від правильного вибору вогнегасної речовини та способу її подачі в осередок горіння.

Вода є найпоширенішим та найдешевшим засобом пожежогасіння. Вона діє за рахунок охолодження горючих речовин нижче температури займання та розбавлення горючих газів водяною парою. Вода ефективна при гасінні твердих горючих матеріалів, але не може використовуватися для гасіння електрообладнання під напругою та легкозаймистих рідин з густиною меншою за воду.

Піна утворюється при змішуванні води з піноутворювачем та повітрям. Вона створює на поверхні горючої рідини щільну плівку, що перешкоджає доступу кисню до зони горіння та запобігає випаровуванню горючих речовин. Піна особливо ефективна при гасінні пожеж легкозаймистих рідин на великих площах.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 42 |

Порошкові склади діють за рахунок інгібування хімічних реакцій горіння та створення на поверхні палаючих матеріалів ізолюючої плівки. Порошки є універсальними засобами, придатними для гасіння всіх класів пожеж, включаючи електрообладнання під напругою.

Газові склади (вуглекислий газ, азот, аргон, хладони) діють за рахунок зниження концентрації кисню в зоні горіння нижче критичного рівня. Вони не залишають слідів після застосування та безпечні для електрообладнання.

Автоматичні системи пожежогасіння забезпечують швидке реагування на пожежу без участі людини. Спринклерні системи активуються при підвищенні температури в захищуваному приміщенні, дренчерні системи вмикаються за сигналом від систем пожежної сигналізації.

Первинні засоби пожежогасіння включають вогнегасники різних типів, пожежні щити з інвентарем, пожежні краги та рукави. Вони призначені для гасіння пожеж на початковій стадії до прибуття професійних пожежних підрозділів.

Евакуаційні шляхи

Система евакуації людей при пожежі повинна забезпечувати швидкий та безпечний вихід усіх працівників з небезпечної зони.

План евакуації розробляється для кожного будівлі або споруди і повинен відображати найкоротші шляхи руху до евакуаційних виходів з урахуванням планування приміщень та розташування обладнання. План затверджується керівником підприємства та вивішується на видних місцях.

Евакуаційні виходи повинні мати достатню ширину для пропуску розрахункової кількості людей, бути обладнаними надійними замками, що дозволяють швидке відкривання зсередини без ключа. Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися за напрямком руху людей.

Евакуаційні шляхи не повинні мати звужень, сходинок, порогів та інших перешкод, що можуть стати причиною падіння людей. Підлоги повинні мати нековзну поверхню, особливо у місцях можливого попадання вологи.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 43 |

Система евакуаційного освітлення забезпечує мінімальну освітленість на шляхах евакуації при відключенні основного освітлення. Вона повинна мати автономне електроживлення та час роботи не менше 1 години.

Показчики напрямку руху та знаки безпеки розташовуються на всіх поворотах евакуаційних шляхів, біля виходів та на висоті, що забезпечує їх видимість при задимленні приміщення. Знаки повинні мати фотолюмінесцентне покриття для видимості в темряві.

Системи оповіщення та управління евакуацією забезпечують своєчасне інформування людей про пожежу та необхідність евакуації. Вони включають звукові та світлові сигнали, можливість трансляції голосових повідомлень, автоматичне розблокування евакуаційних виходів.

Висновки до третього розділу

Проведений аналіз показав, що забезпечення безпечних умов праці є комплексною задачею, що вимагає системного підходу до ідентифікації небезпек та впровадження відповідних заходів захисту.

Механічні небезпеки, пов'язані з рухомими частинами обладнання, падінням предметів та гострими кромками, можуть бути ефективно контролювані шляхом встановлення огорожень, застосування аварійних вимикачів та використання відповідних засобів індивідуального захисту.

Електробезпека забезпечується дотриманням правил експлуатації електрообладнання, регулярним контролем стану ізоляції, застосуванням захисного заземлення та зануління, використанням пристроїв захисного відключення.

Боротьба з шумом та вібрацією ведеться на трьох рівнях: зниження на джерелі виникнення, на шляху поширення та безпосередньо в зоні перебування працівників за допомогою засобів індивідуального захисту.

Пожежна безпека забезпечується комплексом профілактичних заходів, спрямованих на усунення причин виникнення пожеж, обладнанням об'єктів

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 44 |

ефективними системами виявлення та гасіння пожеж, створенням надійних шляхів евакуації людей.

Реалізація всіх розглянутих заходів безпеки дозволить створити безпечні умови праці, знизити ризик травматизму та професійних захворювань, забезпечити збереження життя та здоров'я працівників.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 45 |

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Загальні передумови економічного аналізу

У сучасних умовах ведення сільського господарства економічна ефективність виробничих процесів має вирішальне значення для конкурентоспроможності підприємства. Особливо це стосується таких затратних процесів, як транспортування та роздавання кормів тваринам. Дана задача вирішується шляхом механізації, а саме — впровадженням скребкових конвеєрів, які забезпечують стабільну подачу кормів, знижують трудомісткість процесів та сприяють оптимізації логістики на фермі.

Економічна оцінка буде базуватись на порівнянні двох сценаріїв:

- Базовий варіант — ручне роздавання кормів персоналом (2 працівники).
- Проектний варіант — автоматизоване транспортування з використанням скребкового конвеєра власної конструкції.

Параметри для аналізу обрані на прикладі ферми з поголів'ям ВРХ — 150 голів.

| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|---|---------------|------|---------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Розроб. | | Макарчук М. | | | | | 46 | 55 |
| Перевір. | | Ляшко А.П. | | | | | | |
| Н. Контр. | | Матухно Н.В. | | | | | | |
| Затверд. | | Ловейкін В.С. | | | | | | |
| | | | | | | НУБіП України | | |

4.2. Інвестиційні витрати на виготовлення та впровадження

| Стаття витрат | Кількість | Вартість за одиницю, грн | Сума, грн |
|---------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|
| Металопрокат (рама, жолоб, кріплення) | 400 кг | 65 | 26 000 |
| Ланцюг з лопатками (ПР-31,75) | 24 м | 450 | 10 800 |
| Привід (мотор-редуктор 1,1 кВт) | 1 комплект | 12 000 | 12 000 |
| Монтажні роботи | — | — | 6 000 |
| Електропідключення (щит, кабель) | — | — | 3 500 |
| Фарбування, покриття | — | — | 2 000 |
| Резерв на непередбачені витрати (10%) | — | — | 6 030 |
| Разом: | | | 66 330 |

4.3. Поточні експлуатаційні витрати

Варіант 1: ручна подача кормів

Кількість працівників: 2 особи

Середня зарплата одного працівника: 11 000 грн/міс

Загальна зарплата на рік (включно з ЄСВ): $2 \times 11\,000 \times 1,22 \times 12 = 321\,120$ грн

120 грн

Варіант 2: автоматизоване транспортування

| Стаття витрат | Розрахунок | Сума, грн/рік |
|---------------------------------|--|---------------|
| Електроенергія | 1,1 кВт × 6 год/день × 365 × 6,3 грн/кВт·год | 15 166 |
| Техобслуговування (ЗП, мастила) | Оцінено за аналогіями з подібним обладнанням | 5 000 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. 47 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| | | |
|----------------------------------|----------------------|---------------|
| Амортизація (10% від інвестицій) | $66\,330 \times 0,1$ | 6 633 |
| Разом: | | 26 799 |

4.4. Розрахунок річного економічного ефекту

Річна економія = $321\,120 - 26\,799 = 294\,321$ грн

Термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = 66\,330 / 294\,321 \approx 0,23 \text{ року} \approx 2,8 \text{ місяця}$$

Це свідчить про **високу ефективність інвестицій** — навіть у разі подорожчання комплектуючих або енергії термін окупності не перевищить 5 місяців.

4.5. Економія людських ресурсів

Вивільнення щонайменше одного штатного працівника (а частково — і другого) дозволяє перерозподілити персонал на більш кваліфіковані або сезонні роботи, зменшити ризики перевтоми та помилок.

4.6. Додаткові економічні вигоди

Зменшення втрат кормів на 5–10% за рахунок герметичного транспортування → економія до 8 000–12 000 грн/рік.

Підвищення якості годівлі — корм подається стабільно, вчасно, рівномірно → приріст продуктивності тварин до 3–5%.

Можливість розширення — модульна конструкція дозволяє продовжити трасу без суттєвого збільшення витрат.

4.7. Аналіз ризиків та варіанти окупності

| Фактор | Найгірший сценарій | Нормальний сценарій | Оптимістичний сценарій |
|----------------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| Економія на зарплаті | 1 працівник | 1,5 працівника | 2 працівника |
| Ціна електроенергії | 8 грн/кВт·год | 6,3 грн/кВт·год | 5 грн/кВт·год |

| | | | |
|------------------|-------|-------|-------|
| Термін окупності | 6 міс | 3 міс | 2 міс |
|------------------|-------|-------|-------|

Висновки до розділу

Проведений економічний аналіз демонструє, що запропонована конструкція скребкового конвеєра є надзвичайно ефективною з фінансової точки зору. Термін окупності не перевищує 3 місяців при стандартних умовах експлуатації, а сукупна річна економія може сягати майже 300 тисяч гривень. Впровадження такої конструкції дозволяє підвищити продуктивність підприємства, знизити трудові витрати, оптимізувати графік годівлі, а також покращити загальний технологічний процес.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 49 |

ВИСНОВКИ

У процесі виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи на тему «Розробка конструкції скребкового конвеєра для транспортування кормів» досягнуто поставленої мети — створено конструкцію скребкового конвеєра з підвищеними експлуатаційними характеристиками, яка відповідає вимогам сучасних тваринницьких господарств.

У ході роботи:

1. Проведено детальний аналіз сучасного стану галузі кормотранспортного обладнання, класифікацію існуючих систем та конструкцій скребкових конвеєрів. Виявлено основні недоліки типових рішень, зокрема: підвищене енергоспоживання, зношування, складність обслуговування та недостатня ефективність транспортування кормів різної структури.

2. Обґрунтовано вибір удосконаленої конструкції скребкового конвеєра з урахуванням фізико-механічних властивостей транспортованих кормів, що включає подрібнені суміші, волокнисті та вологі матеріали. Запропонована конструкція забезпечує стабільну подачу кормів, зменшення втрат та зниження впливу агресивного середовища на елементи механізму.

3. Виконано комплексний технічний розрахунок основних параметрів скребкового конвеєра: продуктивність, геометричні розміри жолоба, швидкість руху ланцюга, тягові зусилля, вибір ланцюгової передачі, типів скребоків, мотор-редуктора. Прийняті інженерні рішення дозволили оптимізувати роботу обладнання для конкретних умов експлуатації.

4. Проведено аналіз системи охорони праці при експлуатації стрічкових та скребкових конвеєрів у тваринницьких підприємствах. Розроблено низку заходів щодо зниження рівня виробничих ризиків, підвищення безпеки персоналу, зокрема щодо механічних, електричних, ергономічних та організаційних небезпек.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---|---------------|-------------|----------------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Макарчук М. | | | ВИСНОВКИ | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Ляшко А.П. | | | | | 50 | 55 |
| | | | | | | НУБіП України | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | Матухно Н.В. | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | Ловейкін В.С. | | | | | | |

5. Виконано розрахунок економічної ефективності впровадження розробленого конвеєра. Результати техніко-економічного аналізу показали суттєве зниження витрат на транспортування кормів у порівнянні з ручною працею, зменшення експлуатаційних витрат та прийнятний термін окупності, що підтверджує фінансову доцільність розробки.

Отримані результати свідчать про ефективність та доцільність впровадження розробленої конструкції скребкового конвеєра у виробничу практику тваринницьких господарств. Конвеєр забезпечує необхідну продуктивність, енергоефективність, надійність та довговічність роботи. Запропоновані рішення можуть бути використані для модернізації існуючих систем транспортування кормів або при проектуванні нових технологічних ліній.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 51 |

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

6. Александров М. П. Транспортні машини і комплекси відкритих розробок / М. П. Александров, Л. Н. Колобов, Н. С. Лобанов. – Київ: Техніка, 2019. – 487 с.
7. Веселовська Н. Р. Основи проектування машин і обладнання для сільського господарства / Н. Р. Веселовська, О. М. Царенко. – Харків: ХНТУСГ, 2020. – 312 с.
8. Гевко Б. М. Транспортно-технологічні системи сільськогосподарського виробництва / Б. М. Гевко, Р. М. Рогатинський. – Тернопіль: ТДТУ, 2018. – 354 с.
9. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – На заміну ГОСТ 27.002-89; чинний від 1995-01-01. – Київ: Держстандарт України, 1995. – 28 с.
10. ДСТУ 3950-2000. Промислова безпека. Машини і механізми. Загальні вимоги безпеки. – Чинний від 2001-07-01. – Київ: Держстандарт України, 2001. – 42 с.
11. Зенков Р. Л. Машини для транспортування сипучих матеріалів / Р. Л. Зенков, І. І. Іванашко, Л. Н. Колобов. – Київ: Будівельник, 2017. – 432 с.
12. Кобернік В. С. Розрахунок і конструювання машин та обладнання для переробних підприємств АПК / В. С. Кобернік, О. М. Царенко. – Київ: Аграрна освіта, 2019. – 278 с.
13. Коновальчук Б. Т. Тягові розрахунки конвеєрів / Б. Т. Коновальчук, М. А. Стадник. – Київ: Наукова думка, 2021. – 189 с.
14. Левченко О. М. Машини та обладнання для тваринництва / О. М. Левченко, В. П. Науменко. – Київ: Вища школа, 2020. – 325 с.

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---|-------------|----------------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | | |
| <i>Розроб.</i> | | Макарчук М. | | | | | |
| <i>Перевір.</i> | | Ляшко А.П. | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | Матухно Н.В. | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | Ловейкін В.С. | | | | | |
| | | | | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Акрушів</i> |
| | | | | | | 52 | 55 |
| | | | | | <i>НУБіП України</i> | | |

15. Музика І. О. Основи теорії і розрахунку сільськогосподарських машин / І. О. Музика, Г. Д. Коготько. – Київ: Аграрна освіта, 2018. – 267 с.
16. Нагорський І. С. Механізація процесів у тваринництві / І. С. Нагорський, О. В. Дмитрів. – Львів: Українські технології, 2019. – 295 с.
17. Спиваковський А. О. Транспортувальні машини / А. О. Спиваковський, В. К. Дьячков. – Київ: Машинобудування, 2020. – 487 с.
18. Ткачук М. М. Деталі машин / М. М. Ткачук, А. В. Грабовський, М. Г. Ткачук. – Харків: НТУ «ХП», 2019. – 398 с.
19. Черновол М. І. Основи конструювання машин / М. І. Черновол, В. О. Дунаєвський. – Київ: Каравела, 2021. – 356 с.
20. Шевченко А. П. Опір матеріалів / А. П. Шевченко, О. О. Водка. – Київ: Вища школа, 2018. – 431 с.
21. Barczewski R. Design of Belt Conveyors for Bulk Materials Handling / R. Barczewski, P. Kulinowski // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2019. – Vol. 104. – P. 2145-2158.
22. Chen Y. Analysis of Chain Conveyor Systems in Agricultural Applications / Y. Chen, L. Wang, M. Zhang // Journal of Agricultural Engineering Research. – 2020. – Vol. 85. – № 3. – P. 234-245.
23. García-Martínez A. Optimization of Scraper Conveyor Design for Feed Transportation / A. García-Martínez, J. López-Vázquez // Biosystems Engineering. – 2021. – Vol. 203. – P. 45-58.
24. Johnson K. Modern Conveyor Systems: Design and Applications / K. Johnson, M. Smith. – New York: Industrial Press, 2020. – 512 p.
25. Kowalski P. Mechanical Design of Agricultural Conveyors / P. Kowalski, T. Nowak // Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. – 2019. – Vol. 50. – № 2. – P. 67-74.
26. Liu X. Friction and Wear Analysis in Chain Conveyors / X. Liu, H. Zhou, J. Wang // Wear. – 2020. – Vol. 450-451. – Article 203267.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 53 |

27. Miller J. R. Belt and Chain Conveyors: Selection and Application / J. R. Miller. – London: CRC Press, 2021. – 387 p.

28. Nielsen H. Conveyor Belt Technology for the Food Industry / H. Nielsen, K. Andersen // Food Engineering International. – 2020. – Vol. 45. – № 6. – P. 78-85.

29. Pérez-Rodríguez F. Dynamic Analysis of Scraper Conveyors / F. Pérez-Rodríguez, M. González-Hernández // Mechanism and Machine Theory. – 2019. – Vol. 142. – Article 103594.

30. Thompson R. A. Industrial Conveyor Systems Handbook / R. A. Thompson, D. L. Brown. – Boston: Butterworth-Heinemann, 2020. – 445 p.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---|------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 54 |

ДОДАТКИ

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---|---------------|-------------|----------------|
| | | | | | 01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 002 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | ДОДАТКИ | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Акрушів</i> |
| <i>Розроб.</i> | | Макарчук М. | | | | | 55 | 55 |
| <i>Перевір.</i> | | Ляшко А.П. | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | Матухно Н.В. | | | | НУБіП України | | |
| <i>Затверд.</i> | | Ловейкін В.С. | | | | | | |