

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

УДК 631.3:636

ПОГОДЖЕНО
Декан механіко-технологічного
факультету

_____ Братішко В.В.

“ _____ ” _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
охорони праці та біотехнічних систем
в тваринництві

_____ Хмельовський В.С.

“ _____ ” _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему **“ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ З
ОБГРУНТУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ СКРЕПЕРНОГО ТРАНСПОРТЕРА”**

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, проф.
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Братішко Вячеслав Вячеславович
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н. проф.
науковий ступінь та вчене звання

_____ (підпис)

Хмельовський В.С.
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

Кучма Ю.В.
(ПІБ студента)

Київ – 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

д.т.н., проф. _____ Хмельовський В.С.
(підпис) (ІПБ)

“ ___ ” _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання магістерської роботи студенту

Кучмі Юрію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

(код і назва)

Тема магістерської роботи: «Дослідження процесу прибирання гною з обґрунтуванням параметрів скреперного транспортера»

затверджена наказом ректора НУБіП України від “07” грудня 2023р. № 2223 «С»

Термін подання завершеної роботи (проєкту) на кафедру

2024.10.28.

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи

Вихідні дані до магістерської роботи:

- Характеристика підприємства і його тваринницької галузі;
- Виробничо-економічна характеристика господарства;
- Структура поголів'я тварин та перспектива розвитку галузі;
- Довідкові дані про машини та обладнання;
- Структура поголів'я ВРХ та перспективи його розвитку;
- Спосіб утримання тварин;
- План ферми та оцінка тваринницьких приміщень;
- Норми та раціони годівлі тварин;
- Стан механізації виробничих процесів.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- Дослідити виробничо-економічну характеристику господарства;
- Обґрунтувати комплекс машин для виробничих процесів;
- Дослідження технічного процесу прибирання гною;
- Техніко-економічна оцінка запропонованого рішення.

Дата видачі завдання “ 17 ” жовтня 2023 р.

Керівник магістерської роботи

(підпис)

Хмельовський В.С.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Кучма Ю.В.

(прізвище та ініціали студента)

Перелік умовних позначень

ВРХ – велика рогата худоба.

МТФ – молочнотоварна ферма.

ПТЛ – потоково-технологічна лінія.

ЩТО – щоденне технічне обслуговування.

m — кількість тварин на фермі, голів;

– радіус кривизни;

γ - об'ємна вага гною, (т/);

- ширина гнойового каналу, м;

- середня швидкість руху скрепера за один цикл, м/с;

- крок між скреперами, м.

Зміст

Завдання на магістерську роботу	2
Перелік умовних позначень	3
Зміст	4
Реферат	6
1. Виробничо-економічна характеристика господарства	7
1.1. Загальна характеристика господарства	7
1.2. Структура поголів'я тварин та перспективи розвитку галузі	7
1.3. Способи утримання тварин	8
1.4. План ферми та оцінка тваринницьких приміщень	9
1.5. Кормова база господарства	10
1.6. Стан механізації виробничих процесів	11
1.7. Обґрунтування теми роботи	12
2. Обґрунтування технологічного процесу прибирання гною на фермі	13
2.1. Значення механізації та основні вимоги	13
2.2. Характеристика гною і підстилки	14
2.3. Механізація прибирання гною	16
3. Обґрунтування параметрів установки для прибирання гною	19
3.1. Аналіз засобів прибирання гною	19
3.2 Стан досліджень пристроїв для очищення гнойових каналів	24
3.3. Теоретичні дослідження прибирання гною	28
3.3.1 Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми скреперної установки для прибирання гною	28
3.4. Теоретичний розрахунок скреперної установки	38

	5
4. Методи експериментальних досліджень	45
4.1. Програма експериментальних досліджень	45
4.2. Методи визначення фізико-механічних властивостей гною, які впливають на роботу скрепера	46
4.3. Методи визначення ступеня забрудненості гнойового каналу	47
4.4. Опис лабораторної установки для проведення досліджень	48
4.5. Методи проведення експериментальних досліджень розробленої скреперної установки	49
4.6. Методи визначення оптимальних параметрів скреперної установки	50
5. Оцінка ефективності процесу прибирання гною	51
5.1. Загальний огляд	51
5.2. Техніко-економічні показники	51
6. Особливості охорони праці при виконанні процесу прибирання гною ...	54
6.1. Особливості експлуатації обладнання для видалення гною	54
6.2. Охорона праці при експлуатації скреперної установки	57
Висновки	61
Перелік використаної літератури	62
Додатки	65

Реферат

Подальший розвиток тваринництва, збільшення виробництва і підвищення якості продукції безпосередньо пов'язані з комплексною механізацією та автоматизацією виробничих процесів у цій галузі сільського господарства. Відомо, що комплексну механізацію більш вигідно впроваджувати на великих спеціалізованих підприємствах. У таких випадках капіталовкладення в засоби механізації окупаються швидше забезпечуючи більш високий економічний ефект.

З метою покращення роботи лінії прибирання гною, а також санітарних умов на МТФ в магістерській роботі запропоновано технологічну лінію прибирання гною з скреперною установкою.

Магістерська робота включає в себе 65 листи формату А4 розрахунково - пояснювальної записки і шість розділів, 24 рисунки та 13 таблиць, використано 51 літературне джерело.

Тема магістерської роботи “Дослідження процесу прибирання гною з обґрунтуванням параметрів скреперного транспортера”

Метою роботи є покращення утримання тварин, зменшення енергетичних і трудових ресурсів та забруднення навколишнього середовища, шляхом удосконалення процесу прибирання гною.

Об'єктом дослідження є скреперна установка для видалення гною у приміщеннях молочно-товарної ферми ВРХ.

Предметом дослідження є, підвищення якості тваринницької продукції та зменшення затрат на її отримання.

В розрахунково-пояснювальній записці викладено стан та перспективи розвитку господарства в планах до 2025 року.

У другій частині обґрунтовано виробничі процеси на фермі проведений аналіз механізації прибирання гною та технологічних схем лінії.

В технологічній третій частині проведено аналітичний огляд і аналіз існуючих ліній прибирання гною. Розроблено конструктивно-функціональну схему установки для прибирання гною та систему гноєвидалення, проведено розрахунки даних систем та потоково-технологічної лінії. Подані особливості експлуатації та техніки безпеки розробленого обладнання.

В магістерській роботі висвітлені питання з охорони праці та приведені розрахунки економічних показників розроблених рішень.

В пояснювальній записці, використовуються ключові слова: скреперна установка, гноєвидалення, конвеєр поперечний, технологія, горизонтальний транспортер, гнойовий канал.

РОЗДІЛ 1.

ВИРОБНИЧО-ЕКОНОМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА

1.1 Загальна характеристика господарства

Історія Агрономічної [9] дослідної станції бере свій початок від радгоспу "Митниця" Салив'їнківського цукрокомбінату, який був організований в 1921 році. В 1956 році радгосп "Митниця" [9] був переданий в підпорядкування Українській сільськогосподарській академії, як навчально-дослідне господарство. Наказом по Українській сільськогосподарській академії від 23.03.1956 року № 84 "Про об'єднання Митницької Агрономічної дослідної станції та Митницького учбово-дослідного господарства" створена Агрономічна дослідна станція [9]. З кінця 2008 року «Агрономічна дослідна станція» є відокремленим підрозділом Національного університету біоресурсів і природокористування України. На відстані 3 км. проходить автомобільна магістраль обласного та державного значення, яка зв'язує Агростанцію з обласним центром м. Києвом (54 км) [9].

Загальна площа землі 1148 га, площа сільськогосподарських угідь 1058 га в тому числі ріллі 935 га, сінокоси - 33,1 га, пасовища – 88,6 га, багаторічні насадження – 1,1 га [9]. Ґрунтові води залягають неглибоко, що спричиняє утворення на полях господарства численних блюдець [9]. Підприємство спеціалізується на виробництві молока, м'яса, зернових та технічних культур [9]. Основний напрямок в рослинництві – вирощування зернових (44,7 % в структурі посівних площ) і кормових культур.

1.2. Структура поголів'я тварин та перспектива розвитку галузі

При переході до ринкової економіки необхідно здійснити дійові заходи по зниженню собівартості молока, в основному за рахунок підвищення

продуктивності дійного стада. Найвища його економічна ефективність можлива при середніх надоях на корову понад 5,8 - 6,5 тисяч кг молока [9]. Наукові дослідження та досвід кращих господарств свідчать, що лише при забезпеченні високого рівня годівлі і належних умов утримання доцільно створювати чистопородне високопродуктивне стадо, яке здатне окупити понесені витрати і забезпечить одержання прибутку [9]. Біля 70% кращих, найпродуктивніших корів будуть виділені у селекційне ядро, від них вестиметься відбір теличок, їх інтенсивне вирощування з тим, щоб спаровувати не менше 30 телиць на 100 корів [9]. Структура поголів'я наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Структура поголів'я, голів (станом на 05.01.2024 р.)

Групи тварин	наявних, гол.	Перспектива на 2025 р, гол
Поголів'я ВРХ	426	540
В т.ч. корів	180	250
Нетелі	27	50
Молодняк від 6 до 12 місяців	106	120
Молодняк старше року	113	120

З метою здешевлення виробленої продукції заплановано створити для молочної худоби культурне пасовище з розрахунку 3-4 корови на кожний гектар.

1.3. Способи утримання тварин

В господарстві для утримання великої рогатої худоби (надалі у тексті ВРХ) використовується стійлово-вигульна система утримання тварин. В зимово-стійловий період тварин утримують на прив'язі з вигулом на вигульних майданчиках продовж 210 днів з обов'язковим моціоном, а влітку – частину часу тварин утримують на прив'язі (вночі), іншу частину часу проводять на пасовищах та вигульних майданчиках [9].

При цьому всі технологічні процеси, пов'язані з доглядом за тваринами й одержанням від них продукції, виконуються за місцем їх утримання і без суттєвої спеціалізації працівників [9]. Це дозволяє економніше

використовувати кормові ресурси та підстилковий матеріал, а також надає можливість індивідуального обслуговування тварин.

1.4. План ферми та оцінка тваринницьких приміщень

Ферма ВРХ господарства розміщена паралельно пануючим вітрам і паралельно селу Пшеничне. Максимальний нахил місцевості становить 3°. Відстань від дороги 3 км [9]. Ферма має надійне електрозабезпечення від централізованої електропровідної мережі. На її території всі дороги з твердим покриттям. Водопостачання приміщень забезпечується централізовано від водонапірної башти через систему водопостачання, яка міститься біля території ферми [9].

1.5. Кормова база господарства

Головною умовою успішного розвитку тваринництва і зростання його продуктивності є перш за все кормова база. Головним джерелом надходження кормів для ВРХ в господарстві є власне польове кормовиробництво. Для додаткового забезпечення кормами використовують покупні корми придбані в господарствах, що знаходяться поблизу.

Літнє утримання худоби розраховане на зелений конвеєр (145 – 155 днів). Основними культурами зеленого конвеєру є багаторічні трави і однорічні, озимі на зелений корм, кукурудзяно-бобова суміш, повторні посіви, стерня, гичка буряків. Схема зеленого конвеєра розроблена з таким розрахунком, щоб з другої декади травня худоба забезпечувалась зеленою масою озимих культур і багаторічних трав, а в літні місяці використовуватиметься зелена маса однорічних трав, кукурудзяно-бобових сумішок різних строків посіву, багаторічних трав другого укосу. Восени надходитиме зелена маса поживних

посівів, гички буряків, стерня багаторічних поточного року посіву, які можна частково підкошувати у вересні місяці на зелений корм і цим не допускати їх переростання і забезпечити кращу перезимівлю. На зимовий період в господарстві заготовлюється силос кукурудзяний, сіно, солома зернових, коренебульбоплоди. На 1 кг молока затрачають 1,37 кг кормових одиниць, річна витрата 3306 кг кормових одиниць. На 1 ц приросту живої маси затрачають 36,86 кормових одиниць.

В перспективі планується провести роботи по вдосконаленню кормової бази і раціоналізації використання кормів, вдосконалити організацію годівлі тварин.

1.6. Стан механізації виробничих процесів

До механізованих процесів відносяться такі: напування, доїння корів, первинна обробка молока, прибирання гною і кормоприготування.

Для напування тварин в корівниках і телятниках використовують автонапувалки АП-1А та їх модифікації. Вода подається до водонапірної башти, а з неї по системі водопроводів до споживачів.

Доїння в корівниках виконується модернізованою установкою УДМ-100 для доїння в молокопровід, яка розрахована на 106 голів. Доїння корів, що отелились проводиться установкою для доїнні у відра ДАС-2Б. Для перевезення молока від корів, що отелились, використовують візки для молока ТБ-1. Очищення і охолодження молока проводиться фільтром-очисником доїльної установки, а зберігається молоко в танках-охолодниках “Альфа-Лаваль”.

Прибирання гною на фермі здійснюється ланцюговим транспортером КСГ-7 із завантаженням в транспортний причіп 2ПТС-4, який транспортує гній до гноєсховища, за межами ферми. Крім того, для видалення гною на

вигульних майданчиках використовується бульдозер на базі трактора ХТЗ-171 або Т-100.

Загалом механізація на фермі ВРХ знаходиться на задовільному рівні із-за несправності або відсутності необхідного обладнання. Для подальшої роботи необхідно замінити або відремонтувати більшість обладнання, що знаходиться на тваринницькій фермі. В 2007 році господарству закупило один кормороздавач КТУ-10, а також з нового обладнання на фермі є танках-охолодниках “Альфа-Лаваль” та причіпний кормоприготувальний агрегат BVL.

1.7. Обґрунтування теми роботи

З огляду природно-економічної діяльності господарства впливає, що утриманню корів приділено велику увагу. Основною умовою переводу тварин на безприв'язне утримання є покращенні умови обслуговування тварин. В зв'язку з цим для зменшення забруднення поверхні тварин необхідно рівномірно розподілити підстилку рівним шаром по поверхні підлоги стійла. Також, потрібно прибирати стійла з мінімальним залишком гною, цю операцію може здійснити спеціальне гноєприбиральне обладнання. Крім цього надлишкові гази аміаку негативно впливають на приріст продукції тварин.

В зв'язку з цим для магістерської роботи вибираємо тему, яка передбачає удосконалення установки для прибирання гною, яка буде використовуватись у приміщенні молочнотоварної ферми ВРХ.

РОЗДІЛ 2.

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ НА ФЕРМІ

2.1. Значення механізації та основні вимоги

Роботи, пов'язані з доставкою і внесенням підстилки, прибиранням та транспортуванням гною, складають більше 50 % вантажів, що перевозять на тваринницьких фермах, а затрати праці на виконання цих робіт, залежно від рівня механізації та способів утримання тварин чи птиці складають від 10 до 50 % від всіх затрат на їх обслуговування. Таким чином прибирання та видалення гною (особливо за низького рівня механізації) – це досить трудомісткий процес [29, 30].

При вирішенні проблеми прибирання та утилізації гною необхідно забезпечувати: фізіологічний комфорт в зоні утримання тварин, екологічну безпеку навколишнього середовища [36], ефективне використання гною, в першу чергу, як органічного добрива [38].

В зв'язку з відміченим вирішення проблеми гною, підвищення продуктивності і поліпшення умов праці, а також забезпечення високої якості органічного добрива безпосередньо обумовлюється раціоналізацією та автоматизацією виробничих процесів прибирання і утилізації гною [29, 30].

Системи та технічні засоби прибирання і утилізації гною повинні забезпечувати постійну чистоту приміщень для утримання тварин та вигульних майданчиків, обмежувати утворення і проникнення в зону перебування худоби чи людей шкідливих газів.

Трудомісткість прибирання гною значною мірою залежить від конструктивних особливостей стійлового або станкового (кліткового) обладнання. Основною величиною до його вибору повинно бути максимальне скорочення зон забруднення і створення зручностей як для тварин, так і для роботи обслуговуючого персоналу [29, 30].

Основні вимоги до засобів прибирання гною регламентуються нормами технологічного проектування сільськогосподарських підприємств великої рогатої худоби. Системи видалення та транспортування гною за межі виробничих приміщень, повинні забезпечувати постійну чистоту приміщень для утримання тварин, проходів та огорожень, бути зручними у користуванні і дешевими у обслуговуванні [1, 2, 7, 10, 12, 14].

Вимоги до машин для прибирання та видалення гною.

- машина не повинна завдавати травм тваринам;
- безшумність роботи, зручність використання;
- невелика енергоємність;
- надійна у роботі, зручність ремонту та обслуговування.

Процес механізованого видалення гною не повинен: негативно впливати на тварин, створювати антисанітарні умови як у приміщенні так і на території ферми.

2.2. Характеристика гною і підстилки

Для розрахунку технічних систем і засобів механізації видалення та утилізації гною необхідно знати деякі його властивості.

Гній – це складна полідисперсна багатофазна система, яка складається із твердих, рідких і газоподібних речовин. Структура і властивості його залежать від раціону і типу годівлі тварин, їх породи, виду, статі, віку та технології утримання.

Основними фізико-механічними характеристиками гною є: склад, вологість, об'ємна маса, коефіцієнт тертя, текучість, в'язкість тощо. Більшість з цих показників залежить від вмісту в ньому води [29, 30].

Коефіцієнти тертя руху f спокою f_0 залежать від багатьох факторів, а саме: виду підстилкового матеріалу, ступеня розкладення і вологості гною, питомого тиску і т.і.

Коефіцієнт тертя ковзання соломистого гною становить (за В. Вейнла): по металевій поверхні від 0,7 до 1,3, по дереву - від 0,6; 1,2, по бетону - від 0,6 до 1,4.

При проектуванні гноєсховищ необхідно враховувати реологічні (текучі) властивості гною, нахил поверхні його руху в залежності від виду і вологості коливається до 3,5% [29, 30].

Гранична напруга зсуву η_0 в'язкість значною мірою залежать від вологості та строку зберігання гною.

Підстилковий гній умовно називають твердим, а без підстилковий – рідким (при вмісті сухих речовин менше 8 %) чи напіврідким (якщо їх більше 8%).

Важливою характеристикою гною є його щільність. Для соломистого гною великої рогатої худоби вона становить 530-890 кг/м³ (вологість 75-85%), у межах 1010-1020 кг/м³; свинячого – 1050-1070 кг/м³; курячого посліду – 700-1005 кг/м³.

Щоб створити найкращі умови для відпочинку (теплої і сухої підлоги) застосовують підстилку.

Для цього використовують солому, торф, тирсу, стружку, листя і хвою дерев тощо. Якщо підстилки недостатньо, то втрачається значна кількість вказаних речовин, а тварини і місця їх відпочинку дуже забруднюються, що призводить до втрат продуктивності. Кожен вид підстилки поглинає певну кількість вологи (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Здатність до поглинання вологи різних видів підстилкових матеріалів

Вид підстилки	Початкова вологість, %	Кількість вагових часток вологи, які поглинає одна частка підстилки
Солома озимої пшениці	14-30	2,8-3,5
Солома гороху	12-25	2,5-2,8
Солома ячменю	15-30	2,8-3,0
Торф	15-30	4,3-6,8
Тирса	14-25	4,0-4,5
Стружка дерева	12-20	3,0-3,5
Листя дерев	12-20	1,8-4,0
Хвоя дерев	15-30	1,5-2,5

Високу здатність до поглинання води мають торф і тирса, проте вони дуже забруднюють поверхню тварин і кількість їх для підстилки обмежена. Тому для підстилки використовують в основному подрібнену солому [29, 30].

2.3. Механізація прибирання гною

При безприв'язному утриманні худоби з частковим використанням підстилки у боксах, гній видаляють 2-3 рази на добу і скидають на ввімкнений скреперний транспортер (проект) при допомозі ручних скребоків [1, 8]. Останній піднімає масу ланцюгово-планчатим транспортером на висоту 2,5...3 м і скидає в транспортні засоби. Після цього гній транспортується в гноєсховище або в польові бурти. [1, 2, 8]. Довжина горизонтального транспортера 150-180 м, монтують його в корівниках довжиною до 80 м, це дає змогу обслуговувати 60...120 голів ВРХ [1, 8].

Добовий вихід гною від однієї тварини визначаємо за формулою [2, 3, 17]:

$$g_{\text{доб}} = g_m + g_c + n, \quad (2.1)$$

де g_m – добовий вихід твердої фракції, кг;

g_c – добовий вихід сечовини, кг;

n – добова норма підстилки, кг.

$$q_{\text{гн}} = 35 + 20 + 5 = 60;$$

Добовий вихід гною в приміщеннях ферми визначаємо:

$$G_{\text{доб}} = g_{\text{доб}} \cdot m, \quad (2.2)$$

де m – кількість тварин, які обслуговуються одним транспортером.

$$G_{\text{доб}} = 60 \cdot 250 + 30 \cdot 240 = 15000 + 7200 = 22200,0 \text{ кг.}$$

Річний вихід гною G_p дорівнює:

$$G_p = G_{\text{доб}} \cdot D; \quad (2.3)$$

де D - кількість днів нагромадження гною на фермі:

$$D = D_c + K_n(365 - D_c); \quad (2.4)$$

де D_c – тривалість стійлового періоду, днів;

K_n – коефіцієнт, що враховує частку виходу гною в стійловий період.

Коефіцієнт K_n залежить від тривалості перебування тварин продовж доби на фермі в пасовищний період. При відсутності літніх таборів $K_n = 0,3 - 0,5$.

Таблиця 2.2. Добовий вихід гною

Групи тварин	Поголів'я	Норма на 1 гол., кг	Загальний вихід, кг.	Спосіб прибирання	Марка машин	Кількість
Корови	250	60	15000	механічний	проект	2
з них: родильне відділення, сухостійні	50	60	3000	механічний	КСГ7-01	1
молодняк	240	30	7200	механічний	проект	4
Всього			22200,0			

$$D = 210 + 0,4(365 - 210) = 272 \text{ днів};$$

$$G_p = 22200,0 \cdot 272 = 6038400,0 \text{ кг.}$$

Транспортування гною від приміщень ферми проводимо з використанням тракторів, які використовуємо після приготування та роздачі кормів з використанням самоскидного тракторного напівпричіпу НТС-5.

Гній вивозиться в поле де кагатується і через 6-7 місяців розкидається з пріорюванням [16].

РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ

3.1. Аналіз засобів прибирання гною

Скребкові транспортери зі зворотно-поступальним рухом складаються з горизонтального і похилого конвеєрів. Залежно від типу тягового органу вони поділяються на штангові і тросові, з вертикальною або горизонтальною осями кріплення скребків.

Горизонтальний штанговий транспортер з вертикальною віссю кріплення скребків складається з ланцюга зі скребками, з'єднувального ланцюга, штанги зі скребками, поворотного пристрою і приводної станції. Під час роботи, при русі штанги уперед, скребки просувають в цьому ж напрямку гній; рухаючись назад, скребки складаються і повертаються у вихідне положення (рис. 3.1.).

При боксовому утриманні великої рогатої худоби для прибирання гною з відкритих гнойових проходів шириною 1,8-3 м призначені скреперні установки зі зворотно-поступальним рухом робочих органів, так звані „дельта-скрепери”, УС-15, УС-Ф-170, УС-Ф-250 (УСГ-1, УСГ-2, УСГ-3) та УС-80, УС-100, УС-120 [23].

Перша скреперна установка УС-15 була виготовлена в 1972 році, на заводі ДСКБ (м. Рига), державні випробування були успішно проведені в 1974 році [21].

Рис. 3.1. Схема скреперної установки УСГ-3; 1 - урухомлення;
 2 - пристрій поворотний; 3 - повзун; 4 - скребок (лівий); 5 - скребок (правий); 6 - ланцюг; 7 - ящик управління; 8 - кнопка стоп (грибок, червона)

Скреперна установка УСГ-3 (рис. 3.1) складається з станції урухомлення, тягових ланцюгів, проміжних штанг, поворотних роликів. Привід установки включає два спарені редуктори, електродвигун, механізм реверсування та ведучу зірочку.

Тяговий орган установки має два відрізки кругло ланкового ланцюга: перший з'єднує два передні скрепери і приводиться в рух ведучою зірочкою приводу, другий з'єднує два задні скрепери і охоплює ролики поворотних пристроїв. Кожна пара скреперів сполучена між собою за допомогою проміжних штанг.

Скрепер – це робочий орган, що збирає і переміщує гній каналами. Він складається (рис. 3.2) з повзуна 1, шарніра, натяжного пристрою 2 та двох скребок 3 та 4. Залежно від ширини каналу розсунві скребки виставляють на ширину очищення від 1,8 до 3 м. На кінцях скребок болтами прикріплені гумові чистики, які очищають від гною стінки каналу.

Рис. 3.2. Скрепер установки УСГ-3: 1 - повзун; 2 - натяжний пристрій; 3 - скребок (лівий); 4 - скребок (правий).

Поворотні пристрої для зміни напрямку руху ланцюга встановлені на анкерних болтах, забетонованих у гнізда.

Скреперна установка здійснює поступально-зворотний рух (рис.3.2.).

За робочого ходу скребки в одному з гнойових каналів (проходів) за рахунок тертя з підлогою розкриваються на ширину каналу, захоплюють гній і переміщують його до поперечного гнойового каналу. Скребки ж іншого проходу в цей час складаються і здійснюють холостий хід у зворотному напрямку. Установка працює в автоматичному режимі [23]. Технічні характеристики скреперних установок приведені в таблиці 3.3.

Рис. 3.3. Скреперна установка УСГ-3.

Швидкість руху скрепера приймають з дотриманням умови запобігання травматизму тварин, вона повинна бути $v \leq 0,18$ м/с.

З метою подальшого зниження затрат ручної праці влаштовують щільну підлогу, яка у поєднанні з механічними, гідравлічними чи гідропневматичними засобами дає змогу повністю механізувати всі роботи, пов'язані з очищенням приміщень від гною, видалення його з приміщень і транспортування у гноєсховища.

Скреперні установки для прибирання гною УС–80 (табл. 3.1) [41], УС–100 та УС–120 (рис. 3.4), виготовлювач – ВАТ «Брацлав» (Україна), призначені для цілодобового прибирання гною великої рогатої худоби з відкритих гнойових проходів шириною від 1500 до 3500 мм у корівниках довжиною відповідно 80 м, 100 м і 120 м при безприв'язно- боксовому і комбібоксовому утриманні корів. Установки УС аналогічні за конструкцією і відрізняються встановленою потужністю електродвигунів.

Таблиця 3.4. Технічні характеристики скреперних установок

Найменування	Одиниця виміру	Марки скреперів			
		УСГ-1	УСГ-2	УСГ-3	УСГ-4
Тип машини		Стаціонарний, зворотно-поступальної дії			
Встановлена потужність	кВт	1.1	1.5	1.1 або 1.5	1.5 або 2.2
Довжина контуру	м	170	250	170	250
Розміри гнойового каналу - ширина - глибина	мм мм	Від 1800 до 3000 200			
Швидкість робочого органу	м/хв., (м/с)	6 (0,1)		5,1	
Термін служби	років	7			
Маса	кг	1330	1710	1100	1350
Кількість худоби яка обслуговується	голів	80 ... 120	140 ... 180	80 ... 120	140 ... 180
Обслуговуючий персонал	робочий	1			

Установки УС, серійне виробництво яких розпочато у 2008 році, можуть використовуватись в усіх типах корівників – від залізобетонних до «холодних» легкозбірних – в будь-яких кліматичних зонах України.

До складу установки УС-120 входять рис. 3.4: приводна станція, скребки з повзунами, жолоби для повзунів, круглolanковий ланцюг, поворотні ролики та електронний блок керування.

Рис. 3.4. Загальний вигляд прибирання гною скреперною установкою УС-120.

Приводна станція встановлюється в кінці однієї з поздовжніх сторін контуру транспортера за поперечним каналом для видалення гною і має телескопічне з'єднання, що створює зручний та компактний привод з гвинтовим механізмом натягу ланцюга.

Установка комплектується чотирма поворотними зірочками, які закриті кожухами.

Керує роботою установки електронний блок БУДС-01, який виконує функції управління двигуном і забезпечує роботу скрепера в автоматичному та ручному режимах, захист обладнання від примерзання до підлоги, механічного та електричного перевантаження, короткого замикання, перекоосу та зникнення фаз в електричній мережі.

Таблиця 3.2. Технічна характеристика скреперної установки УС-80

Показник	Значення показника
1 Тип установки	Стационарна, зворотньо-поступальної дії
2 Встановлена потужність, кВт	0,75
3 Довжина контуру, м	180
4 Розміри гнойового каналу, мм: – ширина – глибина	1500-3500 200
5 Робочий орган	Ланцюг з скребками
6 Обслуговуючий персонал, люд.	1

Скреперна установка працює в автоматичному режимі, циклічність якого встановлюється і контролюється блоком керування.

Кожний цикл складається з двох рухів: робочий, коли здійснюється прибирання гною з гнойового каналу, і зворотній, коли скребки складаються і повертаються в початкове положення. Тривалість циклу залежить від довжини приміщення.

Гідравлічний скрепер DML компанії ДеЛаваль (Швеція) (рис. 3.5), призначений для прибирання рідкого гною і розроблений з метою забезпечення оптимального рівня безпеки для корів. Має гладку форму, невелику висоту і забезпечений гумовою стрічкою для зниження зносу на бетонній підлозі. Ширина проходу від 1,6 до 4,0 м. Система робить зупинку, двічі перевіряє, чи залишається перешкода на місці і, якщо це так, то включається аварійна зупинка.. У системі також є автоматичні пуск і зупинка, плюс вільний вибір місця для зупинки, що виконується без застосування покажчика положення в проходах.

Рис. 3.5. Гідравлічний скрепер DML компанії ДеЛаваль (Швеція)

Дельта-скрепер DW компанії Де Лаваль (Швеція) (рис. 3.6) призначений для видалення як твердого гною з неподрібненою соломкою, так і рідкого, обладнаний плаваючими лопатями і боковими крилами.



Рис. 3.6. Дельта-скрепер DW компанії Де Лаваль (Швеція)

На рис. 3.7 зображений комбіскрепер виробництва Голландської компанії JOZ.



Рис. 3.7. Комбіскрепер виробництва голландської компанії JOZ

На рис. 3.8. зображений Дельта-скрепер виробництва компанії «AgroComplex» (Польща).



Рис. 3.8. Дельта-скрепер компанії «AgroComplex» (Польща)

На рис. 3.9 зображена установка дельта-скреперна гноезбиральна, підприємства Нові Агро Технології.



Рис. 3.9. Установка дельта–скреперна гноєзбиральна, підприємства Нові Агро Технології

Заслужують на увагу високоефективні роботизовані установки для прибирання гною фірми «Lely», і «GEA» Німеччина [40, 41].

3.2. Стан досліджень пристроїв для очищення гнойових каналів

Процес прибирання гною скребком залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу який переміщується [42].

Також були науковці, які досліджували зону розвороту скребків дельта-скреперної установки, і знайшов оптимальне розподілення маси скребків по їх довжині. Також він вперше використав кривошипно-шатунний механізм, з'єднуючий скребки між собою і з тяговим елементом.

В.К. Ковалевський досліджував траєкторію руху скребка, розглядаючи його як тонку однорідну пластину, яка опирається всіма точками нижньої грані на горизонтальну поверхню і здійснює під дією рухомих сил і сил тертя складний рух. Автор пропонує, що тертя в шарнірі скребка відсутнє. На основі аналізу рівняння В. К. Ковалевський встановив, що на довжину шляху розвороту скребка в основному впливає його довжина і кут встановлення до штанги в положенні холостого ходу. Але до даного часу процес прибирання гною скреперними установками досліджений недостатньо. Недостатньо уваги приділено аналізу сил, діючих на скребок скрепера скреперної установки, не вивчений робочий процес скребка розміщеного під кутом нахилу назад до

днища гнойового каналу і працюючого як клин, розподілення і величина тиску гною на скребок.

Тому необхідно продовжити дані дослідження з метою пошуку простого, роботоздатного пристрою для очистки гнойових каналів корівника і математичного описання його процесу роботи.

3.3. Теоретичні дослідження прибирання гною

3.3.1 Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми скреперної установки для прибирання гною

Скреперна установка здійснює поступально-зворотний рух. За робочого ходу скрепки в одному з гнойових каналів (проходів) за рахунок тертя з підлогою розкриваються на ширину каналу, захоплюють гній і переміщують його до поперечного гнойового каналу. Після того як скрепер із гноем дійде до місця розвантаження у поперечний канал (це може бути в кінці або посередині приміщення), напрям руху скрепера змінюється на зворотний і робочий хід здійснює уже інший скрепер в паралельному каналі. Установка працює в автоматичному режимі.

Швидкість руху скрепера приймають з дотриманням умови запобігання травматизму тварин, вона повинна бути $v \leq 0,18$ м/с.

Для ефективної роботи скрепера необхідно забезпечити сталу величину тиску гною який рухається по робочій поверхні скребка. З цією метою були розроблені рівняння і на їх основі побудовані криві, які є траєкторіями руху частинок гною по робочій поверхні скребка.

Виходячи з цього відвал скребка повинен бути зі змінним радіусом кривизни. Завдяки цьому скрепки інтенсивно забирають ущільнений гній, внаслідок руйнування зв'язків між його шарами і при цьому скрепки краще притискаються до поверхні гноевого каналу, отже якісніше згрібають гній.

Суть удосконалення пояснюється кресленнями (рис. 3.10) де на фіг.1 зображено скреперний пристрій, на фіг.2 розріз А-А скребка. Скреперний

пристрій для прибирання гною складається з повзуна 1, пристрою поворотного 2, скребків 3, 4, ланцюга 5, гумового чистика 6, та упора 7. Робоча поверхня скребків у вигляді відвала дає змогу пласту гною частково нагромаджуватись на поверхню відвала і таким чином маса гною буде створювати додатковий тиск на скребок який буде притискати його до днища гнойового каналу. В результаті чого покращиться якість прибирання гною, а отже зменшиться число робочих проходів скреперного пристрою.

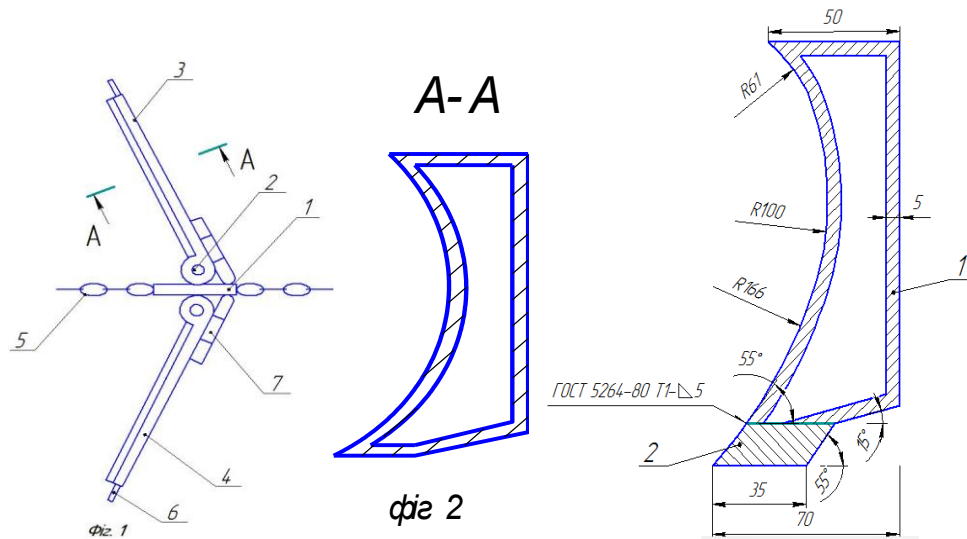


Рис. 3.10. Скреперний пристрій для прибирання гною

Для забезпечення надійності роботи скрепера тильна поверхня скребка по відношенню до фронтальної поверхні піднята на 10-15°.

Розрахунок циліндричної поверхні скребка гноєприбиральної установки

Своєчасне видалення гною з тваринницьких приміщень – одна з важливих народногосподарських проблем. Проблему прибирання гною розглядають враховуючи забезпечення фізіологічного комфорту при утриманні тварин, а отже якісне прибирання гною за мінімальну кількість проходів гноєприбиральних агрегатів.

Професор І.І. Ревенко [37] відзначав, що значний вплив на якість видалення гною має форма скребка.

Для якісного прибирання гною необхідно максимально притиснути скребки скрепера до поверхні гноєвого каналу.

Виходячи з вище сказаного найефективнішою конструкцією скребка скреперної установки буде вгнута робоча поверхня [37]. Для ефективної роботи скрепера необхідно забезпечити сталу величину тиску гною який рухається по робочій поверхні скребка. Для цього знайдемо рівняння і побудуємо криві, які є траєкторіями руху частинок гною по робочій поверхні скребка.

Рух матеріальних частинок по гравітаційних поверхнях розглянуто в монографіях [10]. Оскільки мається на увазі, що поверхні циліндричні із горизонтальним розташуванням твірних, то рух частинок можна досліджувати на плоских кривих – ортогональних перерізах цих поверхонь. В сільськогосподарських машинах можуть бути випадки, коли частинка рухається по поверхні із постійною швидкістю (наприклад, при примусовому русі частинок гною по поверхні скребка [10]). В такому випадку на частинку, крім сили ваги, діє інша активна сила $F_{ТГ}$ (сила тяги). Знайдемо такі криві, при русі по яких із постійною швидкістю частинка чинитиме сталий тиск. Очевидно, що такі криві уже не будуть гравітаційними.

Знайдемо криві, що забезпечують сталий тиск при постійній швидкості руху частинки гною по них. Робимо припущення, що швидкість руху частинки по скребку дорівнює швидкості руху самого скребка по гнойовому каналу.

Рис. 3.11. Розкладання діючих сил на головну нормаль \bar{n} і дотичну \bar{t} кривої.

Припустимо, що під дією сили підпору частинка гною рухається вгору по кривій із постійною швидкістю v (рис. 3.11). Знайдемо рівняння кривої, яка при заданій швидкості v забезпечить сталу реакцію F_{TC} поверхні, тобто постійний тиск на поверхню. В практичному плані така поверхня буде рівномірно зношуватися і менше буде схильна до залипання гною. Спроекуємо всі діючі сили на головну нормаль \bar{n} кривої:

$$mg\cos\alpha + mv^2k = F_{TC}, \quad (3.1)$$

де k - кривина кривої в даній точці,

m - маса частинки,

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2.$$

$$24,0 \cdot 9,81 \cdot \cos 22 + 24,0 \cdot 0,15^2 \cdot 1 = 218,3 + 0,54 = 218,84$$

$$r = \frac{1}{k}, \quad (3.2)$$

де r – радіус кривизни.

Перепишемо рівняння (3.1), розділивши ліву і праву частини на силу ваги mg і записавши кривину k через відоме співвідношення із диференціальної

геометрії $k = \frac{d\alpha}{ds} = 1 : \frac{ds}{d\alpha} = \frac{1}{s'}$, де s - довжина дуги кривої, $d\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$

(рис.3.12):

$$\cos\alpha + \frac{v^2}{s'g} = \frac{F_{TC}}{mg}. \quad (3.3)$$

$$0,9271 + 0,15^2/0,38 \cdot 9,81 = 218,84/(24,0 \cdot 9,81)$$

$$0,9275 = 0,9275$$

Відношення $\frac{F_{TC}}{mg}$ є сталою величиною, воно показує, яку долю від загальної сили тиску частинки становить складова ваги частинки. Позначимо його через a_{TC} і розв'яжемо рівняння (2) відносно s' :

$$\frac{ds}{d\alpha} = \frac{v^2}{g(a_{TC} - \cos\alpha)}, \text{ отже } k = \frac{g}{v^2}(a_{TC} - \cos\alpha).$$

Інтегрування виразу (3.3) можливе для двох випадків: $a_{TC} > 1$ (тобто тиск на поверхню більший від ваги частинки) і $a_{TC} < 1$ (тиск менший ваги частинки). (3.3)

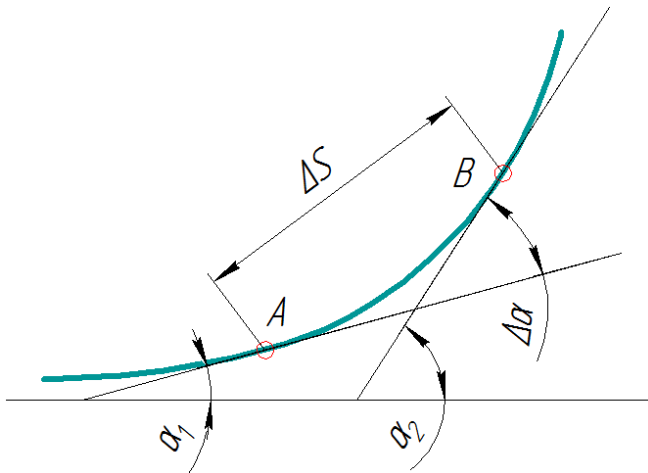


Рис. 3.12. Визначення кривизни скребка

Запишемо відповідні інтеграли (постійну інтегрування опускаємо):

$$s = \frac{v^2}{g} \int \frac{d\alpha}{a_{TC} - \cos\alpha} = \frac{2v^2}{g\sqrt{a_{TC}^2 - 1}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{a_{TC} + 1}{a_{TC} - 1}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (a_{TC} > 1)$$

$$s = \frac{v^2}{g} \int \frac{d\alpha}{a_{TC} - \cos\alpha} = \frac{v^2}{g\sqrt{1 - a_{TC}^2}} \ln \frac{(1 + a_{TC}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \sqrt{1 - a_{TC}^2}}{(1 + a_{TC}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \sqrt{1 - a_{TC}^2}}. \quad (a_{TC} < 1) \quad (3.4)$$

Рівняння (3.4) $s = s(\alpha)$ задають закономірність зміни кута α вздовж дуги кривої, отже визначають криву своїми внутрішніми властивостями незалежно від її розташування в прямокутній системі координат. В диференціальній

геометрії прийнятий інший запис кривих своїм внутрішнім рівнянням – залежністю кривини від довжини дуги $k = k(s)$.

Для нас така форма запису не є прийнятною, оскільки орієнтація кривої в площині буде залежати від векторів прикладених сил, тому перейдемо до координатної форми запису. Зв'язок натуральних рівнянь із прямокутними координатами описується відомими, в диференціальній геометрії, виразами:

$$\frac{dx}{ds} = \cos \alpha; \quad \frac{dy}{ds} = \sin \alpha. \quad (3.5)$$

Перепишемо залежності (3.5), перейшовши до незалежної змінної α :

$$\frac{dx}{d\alpha} \frac{d\alpha}{ds} = \cos \alpha, \text{ звідки } \frac{dx}{d\alpha} = \frac{ds}{d\alpha} \cos \alpha.$$

Аналогічно

$$\frac{dy}{d\alpha} = \frac{ds}{d\alpha} \sin \alpha. \quad (3.6)$$

Підставивши в (3.6) вираз $\frac{ds}{d\alpha}$ із (3.3), одержимо залежності для знаходження координат x і y кривої:

$$\begin{aligned} x &= \frac{v^2}{g} \int \frac{\cos \alpha d\alpha}{a_{TC} - \cos \alpha} = \frac{a_{TC} v^2}{g} \int \frac{d\alpha}{a_{TC} - \cos \alpha} - \frac{v^2}{g} \alpha; \\ y &= \frac{v^2}{g} \int \frac{\sin \alpha d\alpha}{a_{TC} - \cos \alpha} = \frac{v^2}{g} \ln(a_{TC} - \cos \alpha). \end{aligned} \quad (3.7)$$

Із (3.7) видно, що після інтегрування вираз $y = y(\alpha)$ має простий вигляд, а вигляд для координати $x = x(\alpha)$ зводиться до інтегралів (3.4), тому він розпадається на дві залежності для $a_{TC} > 1$ і $a_{TC} < 1$:

$$x = \frac{2a_{\text{тс}} v^2}{g \sqrt{a_{\text{тс}}^2 - 1}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{a_{\text{тс}} + 1}{a_{\text{тс}} - 1}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \frac{v^2}{g} \alpha; \quad (a > 1)$$

$$x = \frac{a_{\text{тс}} v^2}{g \sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}} \ln \frac{(1 + a_{\text{тс}}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}{(1 + a_{\text{тс}}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}} - \frac{v^2}{g} \alpha. \quad (a < 1) \quad (3.8)$$

У виразах (3.7), (3.8) постійні інтегрування опущені, оскільки вони впливають тільки на паралельний перенос кривої вздовж осей Ox і Oy .

Розрахунок похилої поверхні скребка гноєприбиральної установки

Похила площина є універсальним конструкційним елементом багатьох сільськогосподарських машин [16]. По ній в процесі обробки переміщується технологічний матеріал. Траєкторія руху частинки залежить від величини і напрямку початкової швидкості в точці попадання частинки на площину, а також коефіцієнта тертя. Можуть бути випадки, коли швидкість руху частинки по похилій площині є сталою. Саме такий випадок розглядається в даній статті.

Ця задача розв'язується із застосуванням супровідного тригранника Френе траєкторії і диференціальні рівняння руху записуються в проекціях на його орти. Такий підхід дав можливість по-новому розв'язати поставлену задачу.

Якщо скребок у вигляді похилої площини рухається по гнойовому каналу, то частинки гною, попадаючи на нього, змушені будуть під дією сили підпору рухатися по площині скребка. Тоді в момент вступу частинки на скребок напрям швидкості її руху складатиме кут γ із нижньою кромкою скребка (рис. 3.13, б). При подальшому переміщенні складова сили ваги діятиме по лінії найбільшого нахилу (тобто паралельно осі Oy) і це змусить частинку рухатися по криволінійній траєкторії.

Знайдемо траєкторію руху частинки гною із описаним вступом на площину скребка. При цьому силу тертя і опір повітря враховувати не будемо, оскільки вони долаються силами підпору. Систему диференціальних рівнянь

руху частинки гною розглянемо в проекціях на орти $\bar{\tau}$ і \bar{n} супровідного тригранника траєкторії. Його положення відносно системи Oxy визначатиметься кутом α , утвореним ортом $\bar{\tau}$ (дотичною до траєкторії) з віссю Ox та довжиною s траєкторії. Система диференціальних рівнянь руху частинки запишеться [10]:

$$m \frac{dv}{dt} = F_{\tau}; \quad mkv^2 = F_n, \quad (3.9)$$

де m – маса частинки; $v = const$ – швидкість руху частинки; k – кривина траєкторії – величина, обернена радіусу кривини: $k = 1/\rho$.

Рис. 3.13. Графічні ілюстрації до розташування площини скребка скреперної установки в просторі та руху частинки гною по ній: а) розкладання сили ваги частинки гною у вертикальній площині; б) схема дії сил на частинку гною при боковій її подачі на похилу площину скребка скреперної установки

Оскільки ми прийняли швидкість руху частинки гною сталою, то ліве рівняння системи (3.9) перетворюється у тотожність, тобто дорівнює нулю. У другому рівнянні потрібно знайти сили, що діють на частинку гною в проекції на головну нормаль \bar{n} . Якщо площина скребка встановлена під кутом ε до днища гнойового каналу, то сила ваги частинки розкладається на 2 складові. Одна буде рівною $mg \sin \varepsilon$ (рис. 3.13, а), де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння, діє в площині скребка, а друга, яка дорівнює $mg \cos \varepsilon$, діє перпендикулярно площині скребка і створює на нього тиск. Сила притискання скребка до днища гнойового каналу залежить від маси гною на ньому.

Сила $mg \sin \varepsilon$ спрямована вздовж лінії найбільшого нахилу, тобто паралельно осі Oy (рис. 3.13. б). В свою чергу, її розкладемо на орти супровідного тригранника траєкторії. Кут між ортом дотичної $\bar{\tau}$ до траєкторії і віссю Ox позначимо через α , отже складова сили в проекції на орт \bar{n} запишеться: $mg \sin \varepsilon \cos \alpha$ (рис. 3.13. б). Друга складова на орт $\bar{\tau}$ нас не цікавить. Отже, рівняння руху в проекціях на орт головної нормалі траєкторії запишеться:

Таблиця 3.3. Конструкційні параметри скреперної установки

Назва параметра	Одиниця виміру	Значення параметра	
		Базовий	Розроблений
Кількість поголів'я	гол	65	65
Ширина гнойового каналу	b (м)	3,3	3,3
Довжина гнойового каналу	L (м)	84	84
Крок скребків,	C ₂ м	38	38
Довжина тягового органу,	L ₁ м	188	188
Радіус кривизни	R _k м	-	0,58
Висота встановлення центра кривизни	h _k м	-	0,11
Кут розкриття скрепера	γ (°)	180	120
Кут нахилу скребків скрепера	ε_0 (°)	90	55
Конструкція скребків скрепера		Прямокутна	Параболічна
Швидкість руху скрепера	V _{ск} (м/с) м/хв	(0,09) 5,1	(0,15) 9
Продуктивність	W _{ск} (т/год.)	1,003	2,535
Якість очищення гнойового каналу	c ₀ (%)	88,5	94
Споживана потужність за 1 прибирання	N _{ск} (КВт)	5,83	4,91
Питомі витрати енергії	N _{ск} (КВт год./т)	0,995	0,485
Питоме навантаження,	кг/м	4,9	4,7
Кількість робочих проходів для повного прибирання гною		3	2

$$mkv^2 = mg \sin \varepsilon \cos \alpha \quad \text{звідки} \quad k = \frac{g \sin \varepsilon}{v^2} \cos \alpha . \quad (3.10)$$

Перспективи подальших досліджень полягають в знаходженні траєкторій руху частинки по циліндричних поверхнях, якими служать відбиваючі кожухи сільськогосподарських і інших машин.

$$E_{я} = 4,2385 - 0,011\gamma - 0,0913\varepsilon - 13,1719V_{ск} + 0,0007\varepsilon^2 + 43,6058V_{ск}^2 + 0,0002\gamma\varepsilon \quad (3.12)$$

Встановлено також, що питомі витрати енергії з урахуванням якості прибирання гною приймають мінімальне значення при куті розкриття скрепера $\gamma=120^{\circ}$; куті нахилу скребків скрепера $\varepsilon=55^{\circ}$, та швидкості руху скрепера $V_{ск}=0,15$ м/с.

3.4. Теоретичний розрахунок скреперної установки

Розрахунок скреперної установки зводиться до визначення продуктивності, тягового опору та вибору потужності електродвигуна.

Продуктивність Q кг/с скреперної установки визначають за формулою:

$$Q = \frac{h_c \cdot b \cdot S_1 \cdot \rho \cdot V \cdot k}{C_{1роб.х} + C_{1хол.х}}, \quad (3.13)$$

де h_c - середня товщина шару гною в гнойовому каналі, м;

b - ширина гнойового каналу, м; $b = 3,3$ м;

S_1 - робоча довжина ходу першого скрепера, м;

ρ - щільність гною, кг/м³; для підстилкового гною $\rho=600\dots900$ кг/м³; приймаємо: $\rho = 750$ кг/м³;

V - середня швидкість руху скрепера за один цикл, м/с;

k - коефіцієнт, що враховує кут нахилу скребка;

$C_{1роб.х}$ - загальна довжина переміщення першого скрепера при робочому ході, м;

$C_{1хол.х}$ - загальна довжина переміщення першого скрепера при зворотному ході, м (рис. 3.14).

$$C_{1роб.х} = C_2 + K_n, \quad (3.13)$$

де C_2 - крок між скреперами, м;

K_n - відстань перекриття ходів скрепера, щоб гній від скрепера №2 передався скреперу №1, $K_n = 4$ м.

$$S_1 = C_{1роб.х} - K_p,$$

де K_p - шлях необхідний для розкриття скребків, $K_p = 2$ м.

L_1 - робоча довжина гнойового каналу, м; де L_1 - довжина гнойового каналу, м;

$$k = 0,3 \dots 1 [3]; k = 0,8 \dots 1 [3, 5];$$

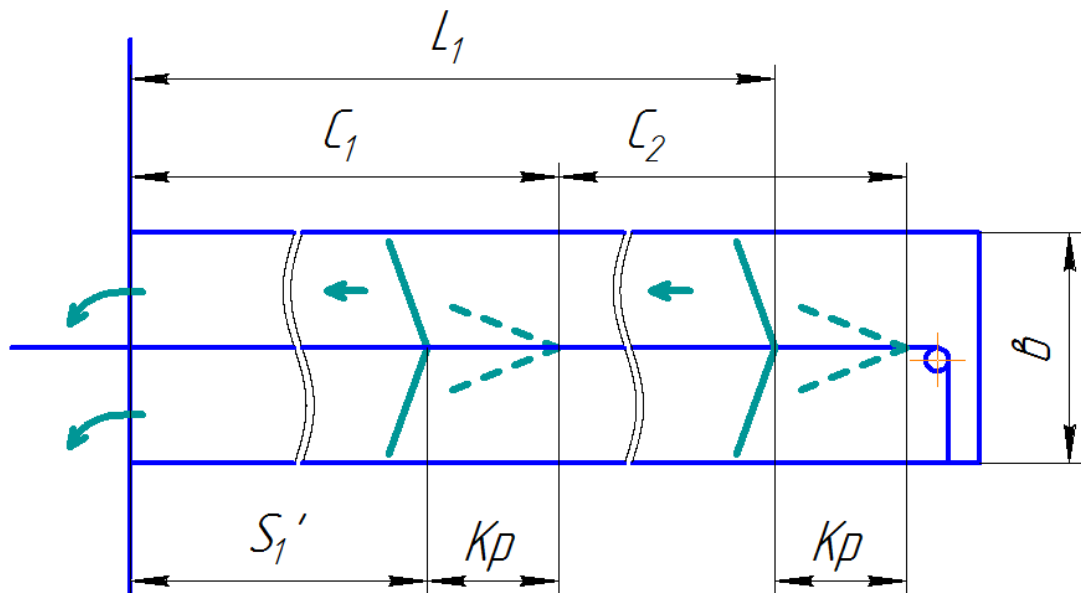


Рис. 3.14. Розрахункова схема скреперної установки

Виходячи з цих даних, ми приймаємо, що скребок буде занурюватись у гній з максимальним зусиллям ($k = 1$) при своїй оптимальній поверхні (оптимальному куті нахилу скребка), теоретично обґрунтованій в даній роботі. А мінімальне значення (приймаємо $k = 0,75$) при найменш ефективному куті нахилу скребків, а саме 90° .

Для вибору електродвигуна, необхідного для приводу скреперної установки, необхідно визначити її тяговий опір руху.

Тяговий опір $P(H)$ руху скреперної установки знаходимо за формулою [10]:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4, \quad (3.14)$$

де P - тяговий опір руху скреперної установки, Н;

P_1 – опір від тертя гною по днищі гнойового каналу, Н;

P_2 - опір тертя гною по бокових стінках гнойового каналу, Н;

P_3 - опір тертя ланцюга і скребків по днищі гнойового каналу, Н;

P_4 - опір, який виникає при заклинюванні скребків скрепера, Н.

Визначаємо опір тертя гною по днищі гнойового каналу по формулі [10]:

$$P_1 = (m_1 + m_2) \cdot f \cdot g, \quad (3.15)$$

де m_1 - маса гною яку транспортує перший скрепер, кг.;

m_2 - маса гною яку транспортує другий скрепер, кг.;

f - коефіцієнт тертя гною по днищі гнойового каналу. Для тертя гною по бетону при швидкості 0,085 м/с $f = 1,1$, а при швидкості 1,5 м/с $f = 0,9$ [10].

Визначаємо опір від тертя гною об бокові стінки гнойового каналу по формулі:

$$P_2 = \frac{h^2}{2} \cdot m_{скр} \cdot l_{сер} \cdot \rho \cdot g \cdot \xi \cdot f, \quad (3.16)$$

де h - висота скребка скрепера; $m_{скр}$ - кількість скребків; $l_{сер}$ - середнє значення довжини призми волочіння; ξ – коефіцієнт бокового тиску; $\xi = 1,2 \dots 1,4$ [10].

Визначаємо опір від переміщення ланцюга і скребків по днищі гнойового каналу по формулі [3]:

$$P_3 = M \cdot g \cdot f, \quad (3.17)$$

де M – маса рухомої частини скреперної установки (ланцюг, скрепери), кг.

Для тертя сталі по бетону при швидкості 0,085 м/с $f = 0,8$, а при швидкості 1,5 м/с $f = 0,5$ [3, 16].

Визначаємо опір, який виникає при заклинюванні скребків скрепера.

$$P_4 = m_{скр} \rho_{зак}, \quad (3.18)$$

де $\rho_{зак}$ - зусилля, необхідне на подолання заклинювання в одному скребку, $\rho_{зак} = 15 \text{ Н}$. [3, 16]: $\rho_{зак} = 15 \dots 30 \text{ Н}$. [3, 16,].

Потужність двигуна $N_{дв}$ (кВт) визначаємо за формулою:

$$N_{дв} = \frac{k \cdot P \cdot V}{1000 \eta_m}, \quad (3.119)$$

де $N_{дв}$ - потужність двигуна, кВт;

k – коефіцієнт, що враховує опір натягу на приводній зірочці; $k = 1,1$; η_m – ККД передачі і приводу;

$\eta_m = 0,75 \dots 0,85$, для нашого редуктора $\eta_m = 0,82$ [3, 29];

V – швидкість руху скрепера.

Визначення питомої енергомісткості повного ходу скрепера:

$$N_{пит} = \frac{(N_{дв.р.х} \cdot t_{ск}) + (N_{дв.зв.х} \cdot t_{ск})}{m_{гн}}, \quad (3.20)$$

де $t_{ск}$ - час руху скрепера;

$m_{гн}$ - маса гною прибраного з гнойового каналу.

$$t_{ск} = \frac{L_{гн.к}}{V_{ск}}, \quad (3.21)$$

де $L_{гн.к}$ - довжина гнойового каналу.

Проводимо теоретичні розрахунки продуктивності, тягового опору та вибору потужності електродвигуна.

Результати розрахунків заносимо до табл. 3.3.

Таблиця 3.3. Результати теоретичних розрахунків продуктивності та питомих витрат енергії скреперної установки

	Ходи скрепера	Коефіцієнт подачі	Продуктивність	Опір від тертя гною по днищу гнйового каналу	Опір тертя гною по бокових стінках каналу	Опір тертя ланцюга і скребків по днищу каналу	Опір тертя ланцюга і скребків по днищу каналу при зворотньому ході	Опір, який виникає при заклинюванні скребків	Тяговий опір руху скреперної установки	Потужність двигуна робочого ходу	Потужність зворотнього ходу	Питоми витрати енергії за повний хід
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Позначення		k	Q	P_1	P_2	P_3	P_{3xx}	P_4	P	$N_{\text{дв}}$	$N_{\text{дв}}$	$N_{\text{пит}}$
Розмірність			кг/с	H	H	H	H	H	H	кВт год./т	кВт год./т	кВт год./т
Скреперна установка УСГ-3	1 хід	0,75	0,3	6734	459	5651	5651	120	12964	1,48	0,64	0,95
	2 хід	0,75	0,3	4532	357	5651	5651	120	10660	1,22	0,64	0,84
	3 хід	0,75	0,21	2331	128	5651	5651	120	8230	0,94	0,64	1,03
	Сер. знач.		0,27									0,94
Розроблена скреперна установка	1 хід	1	0,71	7416	471	3630	3630	120	11637	2,34	0,73	0,59
	2 хід	1	0,71	3708	234	3630	3630	120	7692	1,55	0,73	0,44
	Сер. знач.		0,71									0,52

На рис. 3.15, рис. 3.16 та рис. 3.17 зображено графіки зміни продуктивності, питомих витрат енергії та сумарних витрат енергії відповідно за результатами теоретичних розрахунків.

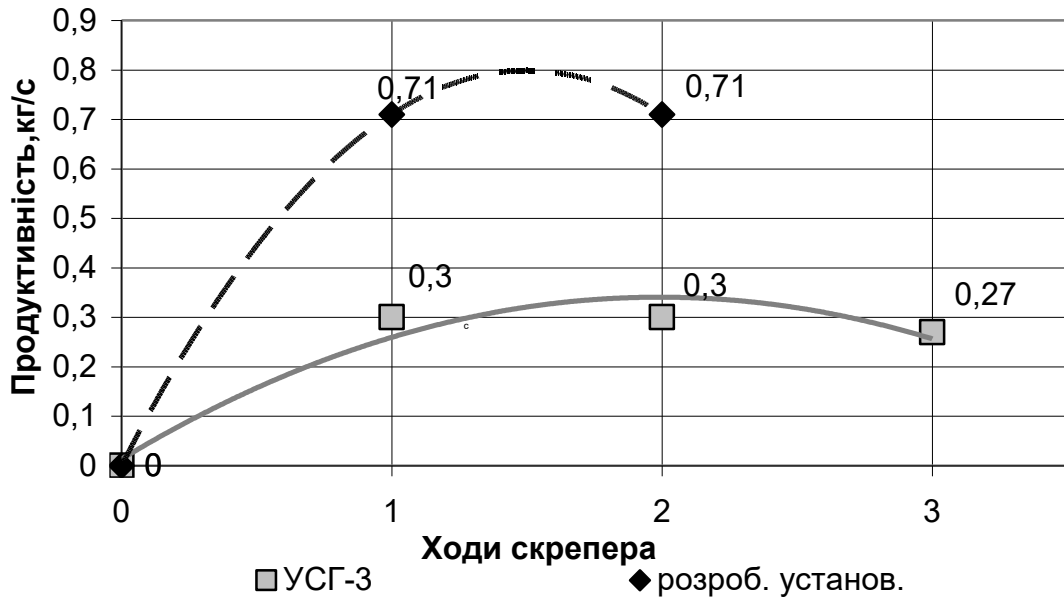


Рис. 3.15. Графік зміни продуктивності скреперної установки за результатами теоретичних розрахунків

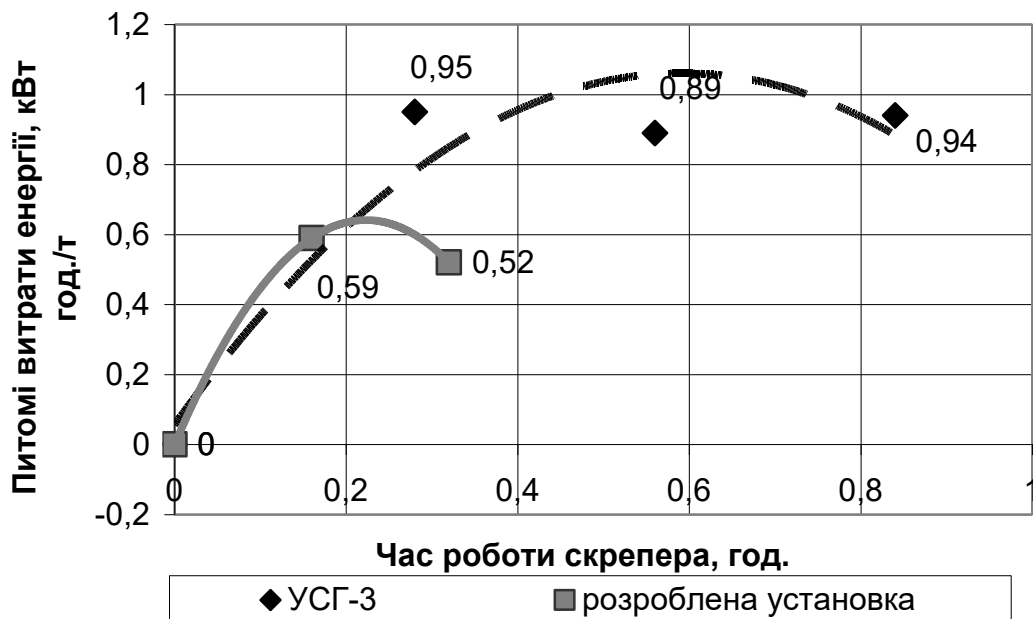


Рис. 3.16. Графік зміни питомих витрат енергії скреперної установки за результатами теоретичних розрахунків (середні значення)

РОЗДІЛ 4. МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Програма експериментальних досліджень

Мета проведення експериментальних досліджень – підтвердження або спростування визначених у роботі теоретичних положень, раціональних параметрів і режимів роботи скреперної установки, а також визначення деяких залежностей, не вирішених за допомогою математичних методів.

Вихідними даними для розробки програми експериментальних досліджень являються: завдання загальних досліджень; теоретичні розрахунки, поставлених для вирішення, питань; загальна програма досліджень з урахуванням рекомендацій [51].

Передбачається виявлення впливу кута розкриття скрепера, кута нахилу скребків скрепера та швидкості руху скрепера на потужність, продуктивність та якісні показники удосконаленої скреперної установки.

В програму експериментальних досліджень входило

1. визначення фізико-механічних властивостей гною:

- фракційного складу гнойової маси;
- вологості гною;
- щільності гною;
- липкості гною;

2. експериментальне визначення ступеня забрудненості гнойового каналу;

3. проведення попередніх дослідів. Експериментальне дослідження впливу кута розкриття скрепера, кута нахилу скребків скрепера та швидкості руху скрепера на споживану потужність, продуктивність, якість очищення гнойового каналу, енергоємність прибирання гною, питому енергоємність удосконаленої скреперної установки з урахуванням якості роботи. Синхронний безперервний запис реалізацій процесів:

4. проведення порівняльних дослідів роботи скреперної установки заводського виготовлення УСГ-3, та розробленої скреперної установки.

Для проведення експериментальних досліджень використовуються натурні об'єкти дослідження та їх моделі [51]. В натурному експерименті засоби експериментального дослідження взаємодіють безпосередньо з об'єктом дослідження, що дає суттєву перевагу перед модельним експериментом. Тому експериментальні дослідження проведені на натурній скреперній установці марки УСГ-3 (рис. 4.1).



Рис. 4.11. Дослідна скреперна установка марки

4.2 Методи визначення фізико-механічних властивостей гною, які впливають на роботу скрепера

При розрахунку основних параметрів установки необхідно знати фізико-механічні властивості гнойової маси, які характеризують фракційним складом, вологістю, щільністю, липкістю, коефіцієнтом тертя, гігроскопічністю частинок і іншими властивостями. Визначивши фракційний склад гнойової маси та її вологість, виявляють основні фізико - механічні властивості.

Фракційний склад гнойової маси визначають на класифікаторі з діаметром отворів в сітках: 30, 25, 20; 15; 10; 5 мм, згідно ДСТУ 31344-2007 [32].

Масову частку складу частин i -ї фракції X_i %, рахують з заокругленням до цілого числа по формулі:

$$X_i = \frac{m_{\phi i}}{m_n} \cdot 100, \quad (4.1)$$

де $m_{\phi i}$ - маса і-ї фракції, г.

m_n - маса наважки, г.

На ряду з визначенням гранулометричного складу гнойової маси паралельно визначають вологість.

Метод визначення масової частки вологи і сухого остатку заснований на визначенні втрати маси проби гною при висушуванні до постійної маси, згідно ДСТУ 26713-95 [32].

Визначають липкість на приладі (рис. 4.4.2). Схему приладу для визначення липкості гною під час відривання наведено на диск 3 нагвинчений на нижній кінець стрижня 1, який дотикається до роликів 2. Стрижень може переміщуватися лише у вертикальному напрямку, забезпечуючи при цьому одночасне відривання від гною всіх точок, які стикаються з диском. Відривання диска від гною здійснюється за допомогою нитки 5, один кінець якої прикріплений до верхнього кінця стрижня, інший - до чаші 4, в яку подають гній. Застосування дисків, виготовлених з різних металів, дає змогу оцінювати їх здатність до залипання.

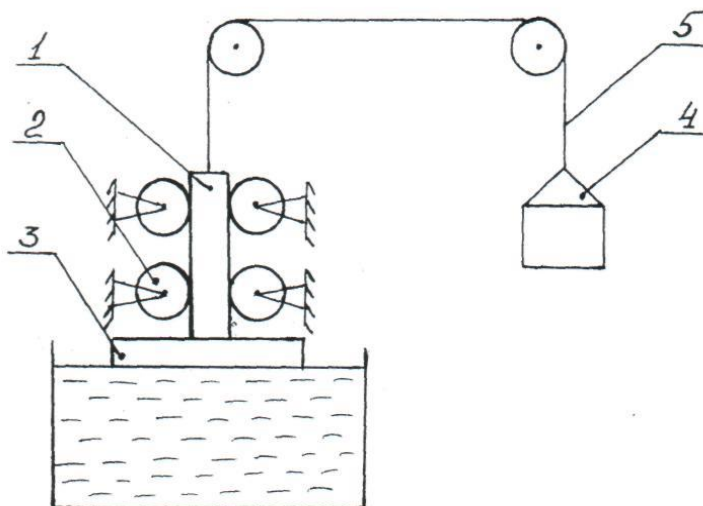


Рис. 4.2. Схема приладу для визначення липкості гною: 1 - стрижень; 2 - ролик; 3 - диск, 4 - чаша; 5 - нитка.

Липкість ґрунту визначають за формулою:

$$\sigma_{л} = \frac{F}{S}, \quad (4.2)$$

де F - сила відривання, Н;

S - площа перерізу диска, м².

Величину сили відривання диска від поверхні гною за допомогою приладу визначають наповненням чаші піском, по вазі якого визначають силу прилипання. Дослід проводять з п'ятикратним повторенням.

4.3. Методи визначення ступеня забрудненості гнойового каналу

Для дослідження обрано ферму, на якій утримується 65 дійних корів безприв'язним боксовим способом. Для видалення гною з корівника за даного способу утримання використовуються: скреперна установка, поперечний і похилий конвеєри [27] (рис. 4.4).

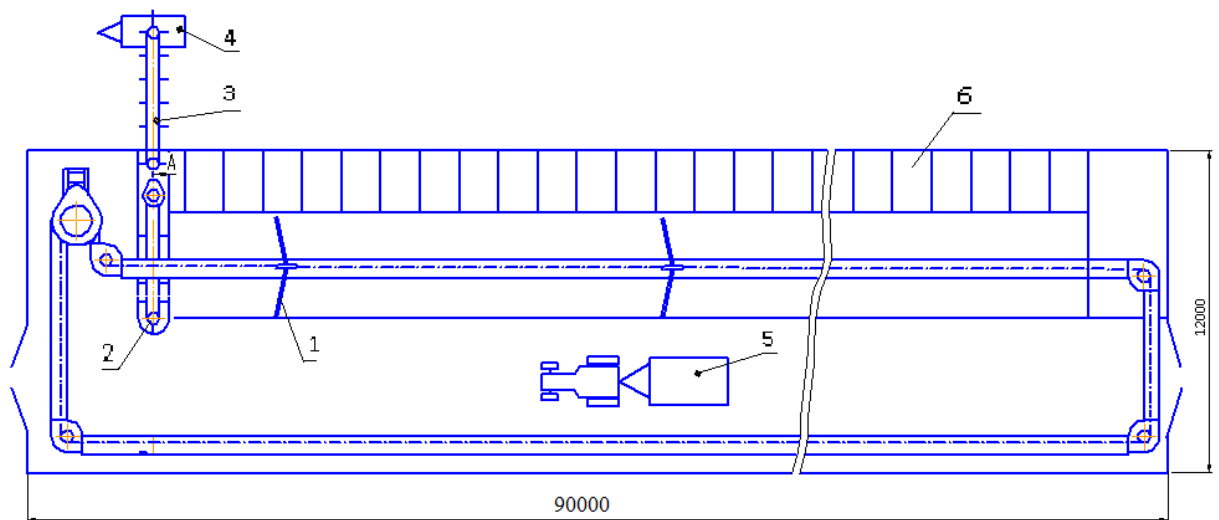


Рис. 4.3. Схема технологічної лінії прибирання гною при безприв'язному однорядному утриманні: 1 - скреперна установка; 2 - поперечний конвеєр; 3 - похилий конвеєр; 4 - причіп; 5 - кормороздавач; 6 - стійло.

На дослідницькій фермі був поставлений практичний дослід по визначенню погодинного накопичення гною упродовж доби. Для цієї мети був взятий виготовлений з дерев'яних брусків квадрат розміром 1x1 метр. У п'яти

точках корівника, через кожну годину, продовж п'яти днів на площинках обмежених цим квадратом згрібався і зважувався гній.

4.4. Опис лабораторної установки для проведення досліджень

Недоліком існуючих скреперних установок є неякісне прибирання гною, оскільки скребки не повністю забирають ущільнений гній. Для повного прибирання гною необхідно декілька раз повторювати процес його прибирання.

Ми ставимо задачу розробити скрепер для повного прибирання гною з каналу і зменшити кількість проходів скрепера.

Скреперна установка складається з приводу, тягових ланцюгів, проміжних штанг, скреперів, поворотних роликів [19]. Урухомлення установки включає два спарені редуктори, електродвигун, механізм реверсування та ведучу зірочку.

Тяговий орган установки має два відрізки кругло ланкового ланцюга: перший з'єднує два передні скрепери і приводиться в рух ведучою зірочкою приводу, другий з'єднує два задні скрепери і охоплює ролики поворотних пристроїв. Кожна пара скреперів сполучена між собою за допомогою проміжних штанг.

Скрепер – це робочий орган, що збирає і переміщує гній каналами. Він складається з повзуна, шарніра, натяжного пристрою та двох скребків. Залежно від ширини каналу розсувні скребки виставляють на ширину очищення від 1,8 до 3 м. На кінцях скребків болтами прикріплені гумові чистики, які очищають від гною стінки каналу.

Взявши за основу криву (рис. 4.5) отриману за результатами розробки математичної моделі розрахунку вгнутої робочої поверхні скребка скреперної установки для прибирання гною, розробляємо креслення скребка (рис. 4.5).

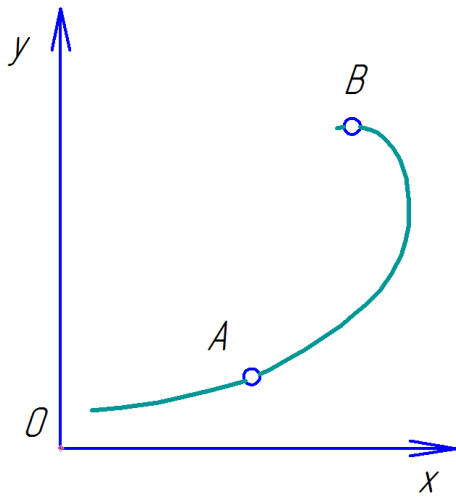


Рис. 4.5. Оптимальна робоча поверхня скребка

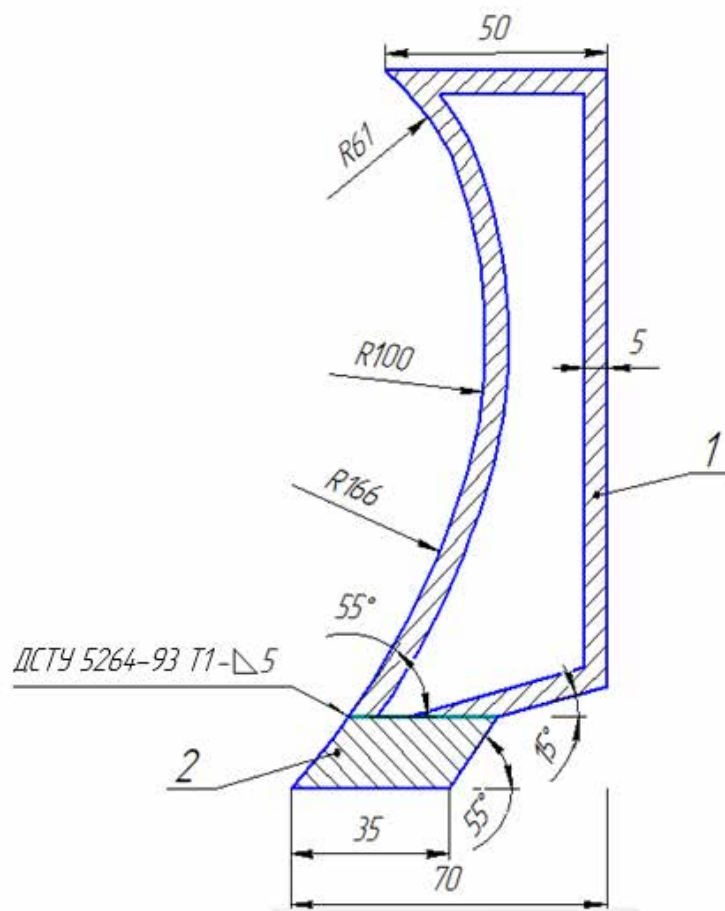


Рис. 4.6. Креслення розробленого скрепера: 1 - скребок, 2 – п'ята

На основі цих креслень був виготовлений скрепер (рис. 4.7) який буде використаний для проведення досліджень.



Рис. 4.7. Розроблена скреперна установка з скребками у вигляді відвала

4.5. Методи проведення експериментальних досліджень розробленої скреперної установки

На основі проведених теоретичних досліджень та аналізу літературних джерел для проведення експериментальних досліджень скреперної установки було відібрано три фактори, які суттєво впливають на робочий процес і обрано їх натуральні значення на нульовому рівні та на рівнях їх варіювання.

Схема проведення експериментальних досліджень приведена на рис. 4..

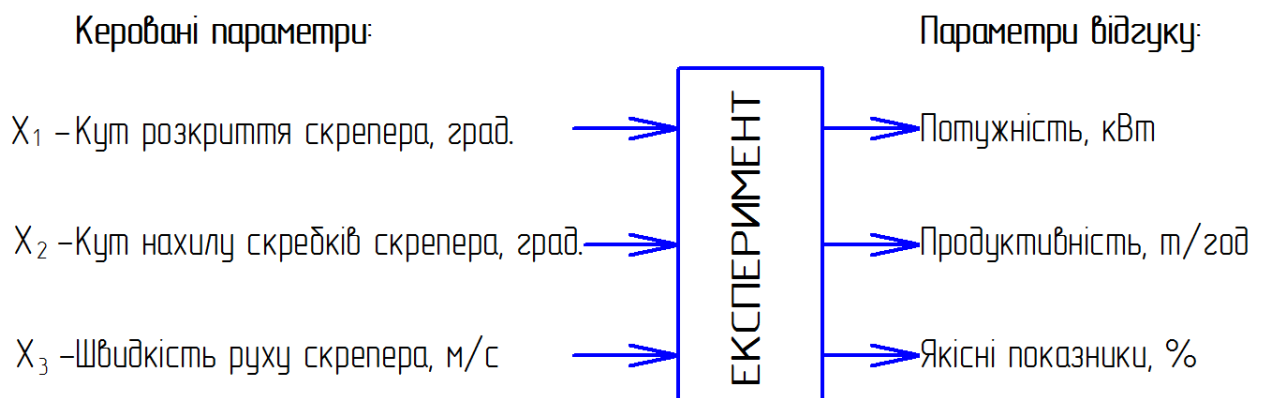


Рис. 4.8. Схема проведення експериментальних досліджень

Для визначення впливу факторів x_1 - x_3 на критерії оптимізації проводили експеримент за трирівневою матрицею оптимального плану Бокса-Бенкіна (B_3) для трьох досліджуваних факторів [22].

Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів

Найменування фактору та його позначення	Рівні факторів			Інтервали варіювання
	-1	0	+1	
Кут розкриття скрепера, X_1 , град.	70	120	170	50
Кут нахилу скребків скрепера, X_2 , град.	30	60	90	30
Швидкість руху скрепера, X_3 , м/с.	0,04	0,11	0,18	0,07

Матриця планування трифакторного експерименту за планом Бокса-Бенкіна наведена в табл. 4.2.

Таблиця 4.2. Матриця планування трифакторного експерименту за планом Бокса-Бенкіна

№ п/п дослід у	Назва досліджуваних факторів та їх позначення					
	Кут розкриття скрепера, X_1 , град		Кут нахилу скребків скрепера, X_2 , град		Швидкість руху скрепера, X_3 , м/с	
	Код	Значення	Код	Значення	Код	Значення
1	+1	170	+1	90	0	0,11
2	-1	70	-1	30	0	0,11
3	+1	170	-1	30	0	0,11
4	-1	70	+1	90	0	0,11
5	+1	170	0	60	+1	0,18
6	-1	70	0	60	-1	0,04
7	+1	170	0	60	-1	0,04
8	-1	70	0	60	+1	0,18
9	0	120	+1	90	+1	0,18
10	0	120	-1	30	-1	0,04
11	0	120	+1	90	-1	0,04
12	0	120	-1	30	+1	0,18
13	0	120	0	60	0	0,11
14	0	120	0	60	0	0,11
15	0	120	0	60	0	0,11

4.6 Методика визначення оптимальних параметрів скреперної установки

Методика визначення швидкості переміщення гною

Визначення швидкості переміщення гною визначають згідно ГОСТ 31344-2007.

Тривалість циклу видалення гною визначають шляхом хронометражу.

Швидкість переміщення гною по системі видалення визначають по часу переміщення дерев'яного предмету прямокутної форми (50x50x10 мм), поміщеного на поверхню гною, по довжині каналу. Дослід проводять з трикратним повторенням. Похибка виміру часу - ± 10 с.

Швидкість переміщення гною V_{II} , м/с, з округленням до першого знаку обчислюють за формулою:

$$V_{II} = \frac{L}{t_{II}}, \quad (4.3)$$

де L - довжина шляху, м;

t_{II} - час видалення гною, с.

Методика визначення продуктивності скреперної установки

Визначення продуктивності скреперної установки визначають згідно ДСТУ 31344-2007.

Продуктивність скреперної установки визначають на режимах, що рекомендують ТЗ або ТУ, в трикратній повтornості. Похибка вимірювання маси гною ± 1 кг, часу - $\pm 1,5$ с.

Продуктивність скреперної установки Q , т/г, рахують за формулою

$$Q = \frac{M}{t}, \quad (4.4)$$

де M - маса видаленого гною, т;

t - час видалення, год.

Обчислення округляють до першого десяткового знаку.

Витрати потужності на опір переміщення скрепера фіксуються за допомогою кіловатметра «Lovato elektrik DMK 40» та персонального комп'ютера HP Pavilion dv6000 з програмним продуктом DMK Remote Control (рис. 4.1).

Питомі витрати потужності обчислювали за формулою

$$N_{\text{пт}} = \frac{N_{\text{СК}}}{Q_{\text{СК}}}, \quad (4.8)$$

$N_{\text{СК}}$ - потужність яка витрачається на переміщення скрепера, кВт;

$Q_{\text{СК}}$ - продуктивність установки, кг / год.

РОЗДІЛ 5.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ

5.1. Загальний огляд

Рациональність проектних рішень з питань механізації тваринницького підприємства чи окремої його технологічної лінії визначають за розрахунковими техніко-економічними показниками, порівнюючи їх з отриманими на практиці даними [2, 13, 28].

Затрати праці на виконання кожної операції наведені в економічній частині технологічної карти визначають так:

стосовно операцій, пов'язаних із використанням технічних засобів – за кількістю годин роботи цих засобів та кількістю обслуговуючого персоналу.

Рациональність проектних рішень з питань комплексної механізації технологічних ліній визначають за розрахунковими техніко-економічними показниками, порівнюючи їх з існуючими технологіями [2, 13, 28].

Економічна ефективність технологічних процесів на тваринницьких фермах залежить від запровадження прогресивних технологій, рівня механізації і автоматизації процесу [2, 13, 28].

В даній магістерській роботі розроблена установка для внесення підстилки та система прибирання гною на молочно-товарній фермі.

5.2. Техніко-економічні показники

Капіталовкладення визначаємо за формулою:

$$K_{\text{пр}} = C_{\text{в}}, \quad (5.1)$$

де $C_{\text{в}}$ – кошти затрачені на матеріали, грн.

$C_{об.}$ – балансова вартість машини.

Вартість використаних матеріалів складає [2, 13, 27]:

$$C_B = C_{об.} \cdot K_M \cdot K, \quad (5.2)$$

де $C_{об.}$ – вартість матеріалу машини.

K_M – коефіцієнт узгодження на витратні матеріали, $K_M = 1,2$

$$C_B = 139966,0 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 218347,0 \text{ грн.}$$

де K – коефіцієнт, що враховує затрати на транспортування машин і обладнання та їх встановлення, $K = 1,3$;

Таблиця 5.1

Балансова вартість машин і обладнання

Марка машин	Кількість машин, шт.	Прейскурантна ціна матеріалу, грн.	Балансова вартість, грн.
Скреперна установка	1	139966,6	218347,0
Всього:	-	-	218347,0

Капіталовкладення для машини, що проектується складають:

$$K_{пр} = 218347,0, \text{ грн.}$$

Капіталовкладення для існуючих машини, складають:

$$K_{пр \text{ існ}} = 98347,0, \text{ грн.}$$

Додаткові капіталовкладення

$$K_{додот} = K_{пр} - K_{пр \text{ існ}} = 218347,0 - 98347,0 = 119813,0 \text{ грн.}$$

Річний обсяг робіт лінії внесення підстилки та прибирання гною визначаємо за формулою:

$$G_p = G_{доб} \cdot D; \quad (5.3)$$

де D – кількість днів нагромадження гною на фермі;

$G_{\text{доб}}$ -добовий вихід гною (визначаємо виходячи із нашої розробки де задіяні два корівники по 100 голів у кожному), т;

$$G_{\text{доб}} = 200 \cdot 60 = 12000, \text{ кг}$$

$$D = D_c + K_{\text{п}}(365 - D_c), \text{ дн}; \quad (5.4)$$

де D_c – кількість днів стійлового періоду, дн;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт, що враховує частку виходу гною в стійлово-пасовищний період;

$$D = 210 + 0,4(365 - 0) = 272 \text{ дн};$$

$$G_p = 12000,0 \cdot 272 = 3264000 \text{ кг} = 3264 \text{ тонн};$$

Річні затрати праці визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{п}} = k \cdot T_{\text{зм}} \cdot n; \quad (5.5)$$

де k –кількість робітників, які обслуговують лінію;

приймаємо $k = 3$ чол.

$T_{\text{зм}}$ –тривалість роботи, год;

n –кількість робочих днів у році;

при існуючій технології:

$$Z_{\text{пі}} = 4 \cdot 4 \cdot 272 = 4352 \text{ люд-год};$$

при новій технології:

$$Z_{\text{пн}} = 3 \cdot 4 \cdot 272 = 3264 \text{ люд-год};$$

Економія затрат праці, люд.год;

$$E_{з.п.} = Z_{п.і.} - Z_{п.н.}; \quad (5.6)$$

$$E_{з.п.} = 4352 - 3264 = 1088 \text{ люд.год};$$

Визначення оплати праці

Затрати на оплату праці з врахуванням доплати нарахувань визначаємо за формулою:

$$Z_{о.п.} = [(T \cdot C_{m1} \cdot t) + (T \cdot C_{m2} \cdot t)] \cdot K_0, \quad (5.7)$$

де T – число робочих днів кормооб'єкту в рік, $T = 272$ днів.

t – тривалість робочої зміни, год;

K_0 – коефіцієнт, що враховує нарахування, $K_0 = 1,11$;

m_1, m_2 – число операторів і робітників обслуговуючих кормоцех, чол.; для кормоцеху, що проектується $m_2 = 4$, для існуючої технології $m_2 = 3$;

C – ставка відрядників, $C = 26,8$ грн.

Оплата праці складає:

$$Z_{о.п.} = 272 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 26,8 \cdot 1,1 = 96222,7 \text{ грн.}$$

$$Z_{о.п.існ.} = 272 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 26,8 \cdot 1,1 = 128297,0 \text{ грн.}$$

Економія коштів на оплату праці

$$E_{оп пр.} = Z_{о.п.існ.} - Z_{о.п.},$$

$$E_{оп пр.} = 128297,0 - 96222,7 = 32074,3 \text{ грн.}$$

Річні витрати електроенергії визначаємо за формулою:

$$E_{ен} = \sum N \cdot \delta \cdot T_p \cdot n, \text{ кВт} \cdot \text{год}; \quad (5.8)$$

де ΣN – сумарна встановлена потужність для приводу машин, кВт;

T_p – тривалість роботи лінії на добу, год;

n – кількість робочих днів у році;

при існуючій технології:

$$E_{\text{ен.і}} = 6,20 \cdot 0,8 \cdot 4 \cdot 272 = 5396 \text{ кВт.год};$$

при новій технології:

$$E_{\text{ен.н}} = 12,4 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 272 = 5396 \text{ кВт.год};$$

Економія електроенергії в рік, кВт.год:

$$E_c = E_{\text{ен.і}} - E_{\text{ен.н}}, \text{ кВт.год}; \quad (5.9)$$

$$E_c = 5396 - 5396 = 0 \text{ кВт.год};$$

Ступінь удосконалення розроблених технологічних та інженерно-технологічних рішень оцінюють питомими показниками, до яких належать:

Питомі затрати праці, люд.год/т;

$$Z_{\text{п}}^{\text{п}} = Z_{\text{п}}^{\text{н}} / G_p; \text{ люд.год/т}; \quad (5.10)$$

де $Z_{\text{п}}^{\text{п}}$ – річні затрати праці, люд.год;

G_p – річний вихід гною, т;

існуюча технологія:

$$Z_{\text{п}}^{\text{п}} = 4352 / 3264 = 1,33 \text{ люд.год/т};$$

нова технологія:

$$Z_{\text{п}}^{\text{н}} = 3264 / 3264 = 1,0 \text{ люд.год/т};$$

Питома енергомiсткість, кВт.год/т;

$$E_{\text{н}}^{\text{п}} = \frac{E_{\text{н}}}{G_p}, \text{ кВт.год/т} \quad (5.11)$$

існуюча технологія:

$$E_{\text{ні}}^{\text{п}} = 5396 / 3264 = 1,65 \text{ кВт}\cdot\text{год/т};$$

нова технологія:

$$E_{\text{нн}}^{\text{п}} = 5396 / 3264 = 1,65 \text{ кВт}\cdot\text{год/т};$$

Порівнюємо техніко-економічні показники базової лінії прибирання гною з удосконаленою, з застосуванням поперечного конвеєра. Розрахунки занесемо до таблиці

Річна економія експлуатаційних затрат у нашому варіанті складається із заробітної плати

Річна економія експлуатаційних затрат становить

$$E_{\text{ек оп пр.}} = 32074,3, \text{ грн.}$$

Термін окупності додаткових капіталовкладень визначають за формулою:

$$t = K_{\text{додат}} / E_{\text{ек}}, \text{ років}$$

$$t = 119813,0 / 32074,3 = 3,73, \text{ років.}$$

Таблиця 5.2. Техніко-економічні показники лінії

Показники	Одиниці виміру	Базова лінія	Удосконалена лінія
Річний обсяг робіт лінії, т	т	3264	3264
Питомі затрати праці	люд.год/т	1,33	1,0
Питома енергомідкість лінії	кВт.год/т	1,65	1,65
Питома металомідкість	кг/т	1,1	0,85
Експлуатаційні витрати	грн.	29785,0	22338,8
Основні капіталовкладення	грн.	98347,0	218347,0
Додаткові капіталовкладення			119813,0
Термін окупності додаткових капіталовкладень	років		3,73
Річний економічний ефект	грн.		32074,3

Аналізуючи дану таблицю можна відмітити, що при використанні запропонованої технології в порівнянні із існуючим внесенням підстилки та прибиранням гною, затрати знижуються: праці на 7,2 %; - експлуатаційні на 4,4%. Термін окупності додаткових капіталовкладень становить 3,73 років

РОЗДІЛ 6.

ОСОБЛИВОСТІ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ ПРОЦЕСУ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ

6.1. Особливості експлуатації обладнання для видалення гною

Рівень надійності роботи машини та обладнання, що закладений при проектуванні, конструюванні і виготовленні, забезпечується в момент монтажу та пусконаладження, підтримується в процесі їхньої технічної експлуатації [6, 25].

Основою технічної експлуатації засобів механізації є система технічного обслуговування (ТО) і ремонту машин та обладнання [6, 25, 26].

Система ТО і ремонту – це сукупність принципів і порядок здійснення заходів, які забезпечують нормальний технічний стан машини та обладнання і своєчасну їх готовність до роботи.

Технічне обслуговування організують так, щоб забезпечити постійну готовність і високу продуктивність машин; своєчасне і повне виконання всіх операцій, огляду і ремонту; високий коефіцієнт технічної готовності техніки, а також виключити простої машин чи окремих агрегатів через технічну несправність та подовжити строки роботи машин, забезпечити рівномірне завантаження майстерень та ремонтного обладнання, підвищити якість і зменшити собівартість ремонтних робіт [6, 25, 26].

Структура витрат робочого часу на ТО машин і обладнання тваринницьких ферм, розподіляється так:

- щоденне 75-80%;
- періодичне і технічні огляди 20-25%;

Розповсюдженою є планово-запобіжна система технічного обслуговування відповідно до норм і вимог, передбачених правилами експлуатації машин та обладнання тваринницьких об'єктів. Вона передбачає обслуговування фермерської техніки ланками слюсарів і обов'язкові

укомплектування кожної механізованої ланки та стаціонарного пункту, технічного обслуговування (ПТО) необхідним інструментом і пристроями. Така організація робіт ґрунтується на розподілі праці та спеціалізації. Після монтажу й наладки їх передають завідуючому, який закріплює їх за окремими працівниками ферми за актом [6, 25, 26].

Для виконання заданого обсягу робіт, які вимагають розбирання машин і заміну окремих вузлів, залучають слюсарів-ремонтників центральної ремонтної або пересувної майстерні. При потребі несправні вузли та агрегати машин і обладнання направляють для ремонту в майстерні [6, 25, 26].

Перевіряють рівень масла в редукторі. Після закінчення роботи конвеєр очищають від залишків гною і усувають виявлені під час роботи несправності [6, 25, 26].

Періодичне технічне обслуговування починають з виконання операції ЩТО. Після цього перевіряють наявність і стан скребків, тягових ланцюгів. Скребки горизонтальних конвеєрів при проходженні через пряминок повинні нахилитись не більше як на 45° , не допускається їх заїдання. Знімають поворотні і натяжні зірочки, промивають у дизельному паливі, перевіряють стан підшипників. Виконують мащення всіх вузлів конвеєра відповідно до таблиці мащення.

Натяг перевіряють на вільній вітці на відстані 5,5-6 м від натяжного пристрою, очищаючи спочатку канал і ланцюг від гною. Якщо подальше переміщення натяжної зірочки стане неможливим, то вкорочують ланцюг на кілька ланок і натягують його повторно [6, 25, 26].

6.2 Охорона праці при експлуатації скреперної установки

Однією з обов'язкових вимог у тваринництві має бути вимога щодо дотримання техніки безпеки серед працюючого персоналу (операторів), виробничого обладнання (усі технічні засоби і машини) і середовища (корми, продукти, мікроклімат у приміщеннях). Завдяки цьому досягається виконання

виробничих процесів без травмування, аварійних та інших небезпечних ситуацій.

До виконання робіт у тваринництві допускаються фізично здорові особи не молодше 16 років, що обов'язково пройшли інструктаж по техніці безпеки і розписалися в журналі відповідно до ГОСТ 12.0.004-90 [6, 25, 26].

Машини і обладнання, що застосовують для виконання окремих робіт і технологічних процесів у тваринництві повинні відповідати відповідним нормам. Електропривод і електрообладнання повинні відповідати загальним вимогам електронезбезпеки. Середній рівень шуму на робочих місцях операторів не повинен перевищувати 85 дБА. Будь, який ремонт обладнання на ходу, в тому числі підтягування гайок категорично забороняється, для цього потрібно обов'язково зупинити машину чи обладнання [6, 25, 26].

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення задачі підвищення якості прибирання гною та зменшення енерговитрат на підставі розкриття впливу фізико-механічних властивостей гною, параметрів і режимів роботи скреперної установки на ступінь притискання скребків до днища гнойового каналу та тяговий опір скрепера, обґрунтовано конструкційно-функціональну схему установки для прибирання гною.

1. На основі теоретичного аналізу складена математична модель взаємодії скребків у вигляді відвала з гнойовою масою, яка дає змогу розрахувати оптимальну робочу поверхню скребка скреперної установки, за якою пласт гною буде давити на скребок і притискати його до днища гнойового каналу. Аналіз математичної моделі дав змогу визначити величину сил опору переміщенню скрепера, залежно від кількості ходів 1 хід 12964, Н, 2 хід 10660, Н, 3 хід 8230, Н.

2. На основі попередніх експериментальних досліджень, проведених за планом Бокса-Бенкіна, обґрунтовано раціональні параметри скреперної установки, а саме, кут розкриття скрепера – 120° , кут нахилу робочої поверхні скребків – 55° , швидкість руху скрепера – 0,15 м/с.

3. Конструкція запропонованої установки сприяє забезпеченню:

- зниження річних затрат праці на 1088 люд-год.
- покращився екологічний стан на фермі, так як регулярно відбувається прибирання гною і залишок гною становить 250 грам на один m^2 , в порівнянні 320 гр./ m^2 .

4. При використанні запропонованої технології в порівнянні із існуючим прибиранням гною, затрати знижуються:

- праці на 7,4 %; - експлуатаційні на 4,3%; - приведені на 4,1 %..

- Термін окупності додаткових капіталовкладень становить 3,73 років

Економічна ефективність, при застосуванні цього конвеєра, становитиме 32074,3, грн.

Перелік використаної літератури

1. Національний проект „Відроджене скотарство” Міністерство аграрної політики та продовольства України. Національна академія аграрних наук України Київ, 2011. 31 с.
2. Ревенко І.І., Кравчук В.І., Манько В.М. Машиновикористання у тваринництві. К.: Урожай, 1999. 208 с.
3. Ревенко І.І., Роговий В.Д., Кравчук В.І., Манько В.М. Чос М.М., Проектування механізованих процесів тваринницьких підприємств. К.: Урожай, 1992. 192 с.
4. Машина та обладнання для тваринництва. І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.С. Хмельовський. - К.: ТОВ «ЦП Компринт», 2018. 567 с.
5. Проектування технологічних процесів у тваринництві. І.І. Ревенко, В.С. Хмельовський, О.О. Заболотько та ін. – Київ: ТОВ «ЦП Компринт», 2018. 289 с.
6. Булгаков В. М. Теоретичне дослідження параметрів комбінованого гичкозбирального агрегату / В. М. Булгаков, В. В. Адамчук, Є. І. Ігнатьєв // Вісник аграрної науки. – 2017. – №3. – С. 47-53.
7. Войналович О.В. Охорона праці у сільському господарстві. / Войналович О.В., Марчишина Є.І. – К.: Видавництво «Основа», 2014. 176 с.
8. Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва. І.І.Ревенко, В.М.Манько, С.С.Зарайська та ін.; За ред. І.І.Ревенка - К.: Урожай, 1994. 288 с.
9. Дані бухгалтерського відділу природно-економічної діяльності господарства. с. Пшеничне, 2024. 26 с.
10. Механізація сільськогосподарського виробництва. Збірник наукових праць Національного аграрного університету, Том III, Київ, 1997. 120 с.
11. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по дисципліні "Механізація виробництва продукції тваринництва" для студентів сільськогосподарських вузів "Механізація сільського господарства". Частина 16. Прибирання гною. НУБіП України, 2010. 27 с.

12. Монтаж і пуск налагодження фермської техніки / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.Д. Роговий та ін.; За ред. І.І. Ревенка. -К.: Кондор, 2004. 400 с.
13. Машина та обладнання для тваринництва. Посібник-практикум. І.І.Ревенко, О.О.Заболотько та ін. - К.: Кондор, 2012. 564 с.
14. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера. – К.: Урожай, 1988. 137 с.
15. Bulgakov V. Theoretical investigation of aggregation of top removal machine frontally mounted on wheeled tractor / V. Bulgakov, V. Adamchuk, S. Ivanovs, Y. Ihnatiev // Engineering for rural development. – Jelgava, 2017. – Vol. 16. – p.p. 273–280.
16. Погорілий Л.В. Шляхи стабілізації та відтворення потенціалу агроєкосистем /Л.В. Погорілий, В.С. Таргоня // Вісті Академії інженерних наук України. 2003. №2. С. 15–20.
17. Кравчук В.І. Ергатичні вирішувальні системи та штучний інтелект в управлінні агропромисловим виробництвом / В.І. Кравчук, Г.Л. Баранов // Стратегія розвитку України: економіка, соціологія, право. № 12, 2007, С. 565-568.
18. Машина та обладнання для тваринництва. І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. – К.: Кондор, 2009. 730 с.
19. Яснецкий В.А., Єрмоленко В.О., Гарькавий А.Д. Зниження енергозатрат у тваринництві. – К.: Урожай, 1989. 136 с.
20. Ревенко І.І., Мозоленко Є.М., Чос М.М., Посібник майстра-наладчика обладнання тваринницьких ферм і комплексів. - К.: Урожай, 1992. 264 с.
21. Затхей Б.І., Довідник слюсаря-наладчика обладнання тваринницьких ферм і комплекті. – Львів: Каменярь, 1984. 160 с.
22. Експлуатація машин у рослинництві. Войтюк В.Д., Мельник І.І., Гречкосій В.Д. - Ніжин.: «Міланік-Дизайн», 2009. 320 с.
23. Погорілець О.М., Волянський М.С., Войтюк В.Д. Гідропривід сільськогосподарської техніки. – К.: Вища освіта, 2004, - 368 с.
24. Основи експлуатації машинно-тракторного парку. Демидко М.О., Мельник І.І., Бондар С.М. - Ніжин.: АСПЕКТ – Поліграф, 2006. – 180 с.

25. Хмельовський В. С. Дослідження зайнятості мобільних засобів механізації при забезпеченні процесу годівлі тварин. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація і автоматизація виробничих процесів. 2018. Вип. 5 (33). С. 56–60.
26. Войналович О.В., Марчишина Є.І. Охорона праці у тваринництві / Навчальний підручник. - К.: Видавничий центр НУБіП України, 2015. 503 с.
27. Войналович О.В. Безпека виробничих процесів у сільськогосподарському виробництві. / Войналович О.В., Марчишина Є.І., Кофто Д.Г. / - К.: Видавничий центр НУБіП України, 2015. 418.
28. Яснецкий В.А., Срмоленко В.О., Гарькавий А.Д. Зниження енергозатрат у тваринництві. – К.: Урожай, 1989.- 136с.
29. Машины та обладнання для тваринництва. І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. – К.: Кондор, 2009. 730 с.
30. Машины та обладнання для тваринництва. Посібник-практикум. І.І.Ревенко, О.О.Заболотько та ін. - К.: Кондор, 2012. 564 с.
31. www.minagro.kiev.ua.
32. www.ukrstat.gov.ua
33. Войтюк В.Д., Мельник І.І., Гречкосій В.Д. Експлуатація машин у рослинництві. Ніжин.: «Міланік-Дизайн». – 2009. – 320 с.
34. Проектування технологічних процесів у тваринництві. І.І. Ревенко, В.С. Хмельовський, О.О. Заболотько та ін. – Київ: ТОВ «ЦП Компрінт», 2018. 289 с.
35. Гнучкі гвинтові конвеєри: проектування, технологія виготовлення, експериментальні дослідження / Гевко І. Б., Лещук Р. Я., Гудь В. З., Дмитрів О. Р., Дубиняк Т. С., Навроцька Т. Д., Круглик О. А. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. – 208 с.
36. Проектування механізованих технологічних процесів у тваринництві : навч. посіб. з викон. диплом. проектів з механізації тваринництва на освіт.-кваліфікац. рівні Бакалавр / Бендера І. М. [та ін.] ; [за ред. І. М. Бендери, В. П. Лаврука] ; Поділ. держ. аграр.-техн. ун-т. - Кам'янець-Подільський : Сисин О.В.

: Абетка, 2011. 564 с.

37. Вертійчук А.І. Основи тваринництва і ветеринарної медицини / А.І.Вертійчук. – К.: Урожай 2004 656 с.

38. Ревенко І. І. Машини та обладнання для тваринництва: підручник / Ревенко І. І., Брагінець М. В., Ребенко В. І. – К. : Кондор, 2009. 731 с.

39. Vasyi Khmelovskiy, Svitlana Rogach, Oksana Tonkha, Yuriy Rosamaha
QUALITY EVALUATION OF MIXING FODDER BY MOBILE COMBINED
UNITS. Latvia University of Life Sciences and Technologies Faculty of Engineering
18th International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL
DEVELOPMENT Proceedings, Volume 18 May 22-24, 2019 Jelgava 2019. .P. 299 –
305.

40. Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК № 1314/1103-01-2010 «Установки скреперні для прибирання гною УС-80, УС-100 та УС-120» УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого.

41. Обладнання для тваринництва та птахівництва на виставці "Agro Animal Show" / В. Ясенецький, В. Смоляр, Т. Коломієць, О. Кришталь [та ін.] // Техніка і технології АПК : науково - виробничий журнал. 2013. №4. С. 30 - 36.

42. Смоляр В. Аспекти розвитку техніки й обладнання для скотарства з погляду виставки "Euro Tier 2012" / В. Смоляр, В. Ясенецький // Техніка і технології АПК. - К. : ДП "УкрЦВТ", 2013, № 3. С. 44-46.

43. Вертійчук А. І. Основи тваринництва і ветеринарної медицини / А. І. Вертійчук. – К.: Урожай 2004 656 с.

44. Tilman D, Fargione J, et al. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. Science. 292: 281—284.

45. Тульчинська С.О., Кириченко С.О. Дослідження методичних підходів оцінки розвитку соціальної інфраструктури в регіонах. Економічний вісник НТУУ "КПІ". Вип. 14. К.: Видавництво "Політехніка", 2017. С. 67—74.

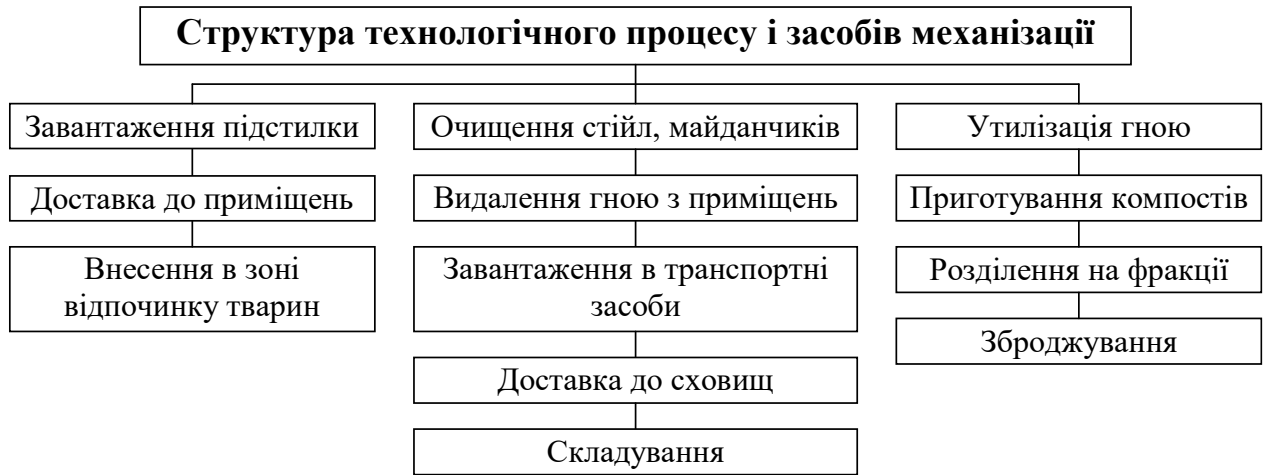
46. Степанюк О. Тваринництво в Україні — відродження чи занепад? Агробізнес сьогодні. 2012. № 11. С. 40—43.

47. Бондаревська К.В. Тенденції розвитку аграрного сектору економіки України. Економіка АПК. 2014. № 11. С. 36—42.
48. Лопатинський Ю.М. Трансформація сільського господарства та села: ювілейний збірник наукових статей. За ред. Ю.Е. Губені. Л.: ЛНАУ. 2010. 420 с.
49. Онищенко О.М., Юрчишин В.В. Сільське господарство, село і селянство України у дзеркалі пострадянської аграрної політики. Економіка України. 2006. № 1. С. 4—14.
50. Palei T. Assessing the Impact of Infrastructure on Economic Growth and Global Competitiveness. In: Procedia Economics and Finance. 2015. 23. P. 168—175.
51. Теорія планування експериментів: Виконання розрахунково-графічної роботи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування» / С.М. Лапач ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,31 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 86 с.

ДОДАТКИ

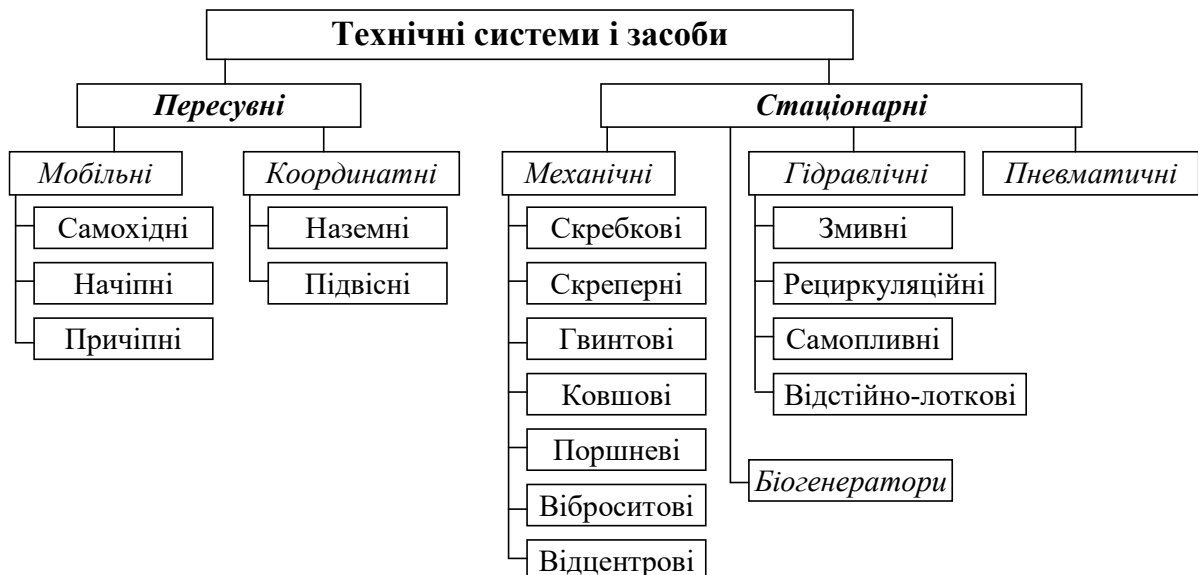
Додаток

Класифікація і загальна оцінка технічних систем та засобів механізації прибирання гною



Загальна схема технологічного процесу і класифікація за призначенням внесення підстилки, прибирання і утилізації гною засобів механізації

Крім призначення технічні системи та засоби механізації можна класифікувати і за іншими ознаками: спосіб використання: принцип дії, конструктивні ознаки робочих органів, тип їх приводу тощо



Загальна класифікація технічних систем і засобів прибирання, видалення та утилізації гною