

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Механіко-технологічний факультет**

**ПОГОДЖЕНО**

Декан механіко-технологічного  
факультету

\_\_\_\_\_ Братішко В.В.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри охорони праці та  
біотехнічних систем у тваринництві

\_\_\_\_\_ Хмельовський В.С.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ТА  
ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОБІЛЬНОГО ГНОСПРИБИРАЛЬНОГО  
ЗАСОБУ»

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

**Керівник магістерської роботи**

доцент

\_\_\_\_\_ Ребенко В.І.

**Виконав**

\_\_\_\_\_ Данилюк Д.О.

**Київ – 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**  
**Механіко-технологічний факультет**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри охорони праці та  
біотехнічних систем у тваринництві,  
д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ Хмельовський В.С.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**  
**ЗДОБУВАЧУ**  
**Данилюку Данилу Олеговичу**

Спеціальність - 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської роботи - «Дослідження робочого процесу та  
обґрунтування параметрів мобільного гноєприбирального засобу»

Затверджена наказом ректора НУБіП України від 13 листопада 2024 року  
№2038 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру – 05.11.2025 року.

Вихідні дані до магістерської роботи:

- норми і раціони годівлі;
- основні технологічні схеми прибирання гною в приміщеннях;
- довідкові дані про машини та обладнання.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- аналіз стану питання;
- обґрунтування комплексу машин і обладнання для комплексної  
механізації ферми;
- дослідження процесу прибирання гною;
- техніко-економічна оцінка рішень

Дата видачі завдання - 15.11.2024 р.

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_ Ребенко В.І.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Данилюк Д.О.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	<b>4</b>
1. Загальні відомості про процес прибирання гною	
1.1 Аналіз і обґрунтування технологічного процесу прибирання гною	5
1.2 Характеристика гною і підстилки	8
1.3 Аналіз і класифікація засобів механізації видалення гною	10
1.4. Стан досліджень пристроїв для очищення гнойових каналів	25
<b>2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ І ПАРАМЕТРІВ МОБІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ</b>	
2.1 Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми скреперної установки для прибирання гною	28
2.2 Розрахунок циліндричної поверхні скребка гноєприбиральної установки	30
2.3 Теоретичний розрахунок гноєприбиральної установки	37
<b>3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	
3.1 Програма експериментальних досліджень	43
3.2 Методика визначення фізико-механічних властивостей гною, які впливають на роботу скрепера	44
3.3 Методика визначення ступеня забрудненості гнойового каналу	47
3.4 Методика проведення експериментальних досліджень з оптимізацією конструкційних та режимних параметрів розробленої скреперної установки	48
3.5. Методика визначення оптимальних параметрів скреперної установки та її робочих органів	50
<b>4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ</b>	
4.1 Результати визначення фізико-механічних властивостей	51
4.2. Результати розробки графіка включень установки	51
4.3. Результати попередніх експериментальних досліджень	53
4.4. Визначення споживаної потужності установки для прибирання гною	54
4.5. Розробка структурно-функціональної схеми очисника гноєпроводів	58
<b>5. ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	<b>66</b>
<b>6. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНИХ РІШЕНЬ</b>	<b>70</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	<b>75</b>

## ВСТУП

В сучасних умовах розвитку тваринництва та аграрної промисловості надзвичайно важливим є своєчасне і якісне видалення гної з тваринницьких приміщень. Надлишкові відходи життєдіяльності тварин не лише погіршують санітарний стан ферм, але й негативно впливають на здоров'я тварин та продуктивність молочного стада. Тому механізація прибирання гною залишається однією з актуальних і складних задач агротехніки.

Особливе місце у цьому процесі займають мобільні гноєприбиральні засоби, які здатні забезпечити ефективне очищення гнойових каналів, підвищуючи продуктивність робіт і знижуючи трудомісткість. Відомо, що якість роботи таких механізмів значною мірою залежить від конструкції робочих органів, режимів їх роботи, а також фізико-механічних властивостей гноївки, що переміщується.

В основу досліджень покладено вивчення робочого процесу мобільного гноєприбирального засобу, зокрема таких його параметрів, як кут розкриття скребків, кут нахилу робочої поверхні, швидкість руху і їх вплив на продуктивність та якість прибирання. Не менш важливим є проведення експериментальних досліджень із використанням реальних умов на тваринницьких фермах, що дозволяє враховувати індивідуальні особливості технологічних процесів і результати перевіряти відповідно до норм безпеки.

Значна увага приділена вивченню фізико-механічних характеристик соломистого гною: фракційного складу, вологості, щільності, липкості, що впливають на силу тертя, ефективність очищення та знос робочих органів. За допомогою розроблених математичних моделей та практичних експериментів встановлено оптимальні режими роботи і конструктивні особливості мобільних гноєприбиральних засобів.

Важливими аспектами є і вимоги безпеки при експлуатації обладнання: конструкції мають виключати можливість самовільного включення або виключення, оснащуватися захисними пристроями, а також відповідати нормативам щодо охорони праці і електробезпеки.

## 1. Загальні відомості про процес прибирання гною

### *1.1 Аналіз і обґрунтування технологічного процесу прибирання гною*

Вирішення питання прибирання та утилізації гною вимагає забезпечення фізіологічного благополуччя тварин у зоні їх утримання, додержання екологічних стандартів безпеки навколишнього середовища, а також максимального використання гною переважно як органічного добрива. Складність проблеми полягає у необхідності реалізації трьох взаємопов'язаних завдань: очищення тваринницьких приміщень та транспортування гною, організації його складування, знезараження і збереження, а також наступної переробки та застосування у агровиробництві.

Гній, який утворюється у процесі виробництва продукції тваринництва, є важливою органічною речовиною для добрив, сировиною для отримання біогазу, а також об'єктом для досліджень у сфері вермикомпостування. Досвід проектування й експлуатації підприємств галузі показує, що вибір технологічних та технічних рішень залежить від способу утримання тварин, консистенції гною і напрямків його використання.

Нормативно-технічна база, а також ветеринарно-санітарні й гігієнічні вимоги визначають головні критерії до технологій, засобів зберігання, знезараження та утилізації гною. Під час проектування відповідних систем необхідно враховувати сучасні технології, забезпечувати:

- повноцінну утилізацію всіх компонентів гною як органічного добрива для сільськогосподарських культур або сировини для виробництва компосту та органо-мінеральних добрив;
- дотримання вимог ветеринарної, санітарно-гігієнічної безпеки та охорони довкілля, мінімізуючи розхід води та енергоресурсів;
- підвищення рівня механізації та автоматизації всіх виробничих операцій.

Важливе значення має оптимальний вибір технології та технічних засобів видалення гною, адже це визначає капітальні та експлуатаційні витрати підприємства. Параметри системи видалення гною формуються з урахуванням виробничої спеціалізації, потужності, логістики підприємства, особливостей утримання та годівлі тварин, а також ресурсного потенціалу господарства. Суттєву роль у забезпеченні експлуатаційної ефективності має конструкційне рішення стійл, станків для тварин і вибір оптимальних засобів механізації процесу прибирання.

При застосуванні суцільних підлог у стійлах і боксах гній нагромаджується протягом доби у задній частині підлоги й у проходах, причому його розміщення варіюється: у стійлах переважно на третині довжини підлоги, в боксах — на двох третинах. У боксах, на вигульних майданчиках та проходах, гній акумулюється за 2–3 доби. Посилене занесення гною у бокси спостерігається у випадку перевищення товщини шару гною понад 2–3 см на проходах і кормових майданчиках, що обумовлює необхідність регулярного його видалення для забезпечення санітарних умов і оптимального мікроклімату.

Для забезпечення належних санітарних умов, оптимального мікроклімату та попередження розвитку інфекційних захворювань у тваринницьких приміщеннях, видалення гною зі стійл здійснюють 3–5 разів на добу із застосуванням механізованих чи ручних засобів, а з боксів, проходів і вигульно-кормових майданчиків — один раз на 2–3 доби. Перевищення залишків гною у місцях відпочинку тварин понад 0,15–0,20 кг/м<sup>2</sup> спричиняє значне забруднення шкірного покриву, а у корів — також вимені, створюючи сприятливі умови для виникнення інфекційних і паразитарних захворювань. Водночас випаровування вологи з залишкового гною збагачує повітря шкідливими газами, підвищує його вологість і вимагає додаткових витрат енергії на вентиляцію, адже для випаровування одного кілограма води необхідно затратити 2,4 МДж теплоти.

Видалення гною є однією з найбільш ресурсомістких операцій у догляді за тваринами, на яку припадає до 30–50% загальних трудових витрат, з яких приблизно половина відводиться на транспортування гною. Гній, що

накопичується, є цінним органічним добривом, проте до внесення його у ґрунт необхідне знезараження, оскільки він містить значну кількість мікроорганізмів, гельмінтів, насіння бур'янів та інших забруднювачів.

Раціональна механізація процесів прибирання та утилізації гною вимагає комплексного інженерного підходу до проектування технологічної лінії з урахуванням вимог екологічної безпеки та гігієни праці обслуговуючого персоналу. Технологічний цикл включає організацію підстилки, прибирання приміщень, видалення й транспортування гною до сховищ чи на майданчики для компостування, а також його дезінфекцію та переробку.

На доставку та внесення підстилки, прибирання й транспорт гною припадає понад 50% усіх вантажів, які переміщують на підприємстві; трудові витрати на ці операції, залежно від рівня механізації, становлять від 10 до 50% загальної потреби на обслуговування тварин. Слід підкреслити, що за умов високої концентрації погोलів'я та недостатньої механізації, гній із продуктивної сировини може перетворитися на джерело забруднення навколишнього середовища.

Вирішення цієї проблеми, підвищення продуктивності виробництва, поліпшення умов праці обслуговуючого персоналу і забезпечення високої якості органічних добрив безпосередньо залежить від рівня досконалості впроваджених технологій механізації та автоматизації процесів прибирання й утилізації гною.

Системи та технічні засоби для прибирання і утилізації гною мають забезпечувати постійне підтримання чистоти у приміщеннях для утримання тварин і на вигульно-кормових майданчиках, а також мінімізувати утворення та проникнення шкідливих газів у робочу зону та зону перебування тварин. Серед технологічних операцій найбільш трудомістким напрямом є очищення стійл чи станків, що у більшості господарств здійснюється вручну або із частковою механізацією. Витрати праці на ці процеси сягають 65–85% при прив'язному і до 50% при безприв'язному утриманні від загального обсягу робіт із прибирання та видалення гною.

Трудомісткість операцій значною мірою коригується конструкційними особливостями стійлового або кліткового обладнання: ефективність обчираного устаткування визначається здатністю мінімізувати зони забруднення, створити умови комфорту для тварин і підвищити ергономіку для персоналу. Врахування таких чинників, як технологія та кратність прибирання, впливає як на трудовитрати, так і на відповідність санітарно-ветеринарним вимогам. Для безприв'язного утримання великої рогатої худоби трудові витрати на очищення значно менші, оскільки кратність прибирання боксів (раз на 2–3 доби) нижча, ніж стійл (3–6 разів на добу), адже основна маса гною зосереджена у проходах, а не в місцях відпочинку тварин.

Найменших трудових витрат на досягнення чистоти вдається досягти у разі використання щілинної (або сітчастої) підлоги в системах безпідстилкового утримання. Експлуатаційний досвід підтверджує, що за умови відповідності підлоги конструктивним і гігієнічним вимогам негативного впливу на тварин не спостерігається. Раціональне співвідношення ширини щілин (30–40 мм для великої рогатої худоби, 20 мм для свиней) і планок (40–100 мм для ВРХ, 35–40 мм для свиней) повинне забезпечувати максимальне очищення підлоги від гною при збереженні зручності пересування тварин. Оптимальними матеріалами для виготовлення щілинних підлог є дерево, пластмаса, чавун, залізобетон, що мають бути стійкими до агресивного середовища, довговічними, теплоізоляційними й не шкодити здоров'ю тварин. Важливою рисою матеріалу є здатність до самоочищення, що сприяє зменшенню трудових затрат на санітарне обслуговування приміщень.

### ***1.2 Характеристика гною і підстилки***

Гній являє собою складну полідисперсну багатозфазну систему, яка містить тверді, рідкі та газоподібні компоненти. Морфологічні й фізико-хімічні властивості гною обумовлені раціоном та типом годівлі тварин, видовими, породними, статевими, віковими особливостями, а також технологіями утримання.

Залежно від використання підстилки, гній поділяють на підстилковий, який відносять до твердих органічних відходів, та безпідстилковий — рідкий (вміст сухих речовин менше 8%) або напіврідкий (понад 8% сухої речовини). Середня вологість підстилкового гною від великої рогатої худоби становить 75–90%, безпідстилкового — 88–95%, а після видалення гідравлічними системами — 94–98%. Для свинарських комплексів аналогічні показники складають 80–90, 90–95 і 96–99% відповідно.

Критична вологість — це значення, за якого коефіцієнти тертя мають максимум. Для соломистого гною коефіцієнт тертя по сталі становить 0,7–1,3; по дереву — 0,6–1,2; по бетону — 0,6–1,4. Зі збільшенням товщини шару гною у каналах ці коефіцієнти зменшуються. Коефіцієнт тертя спокою перевищує коефіцієнт тертя руху для різних видів гною на 5–40%, залежно від підстилкового матеріалу.

Щільність гною — ще одна важлива характеристика для проектування технологічних ліній. Для підстилкового гною великої рогатої худоби (ВРХ) щільність становить 530–890 кг/м<sup>3</sup> за вологості 75–85%; рідкого — 1010–1020 кг/м<sup>3</sup>; свинячого — 1050–1070 кг/м<sup>3</sup>; курячого посліду — 700–1005 кг/м<sup>3</sup>.

Показник липкості визначає зусилля, необхідне для відриву гною від поверхні: гній найсильніше прилипає до деревини й гуми, мінімально — до полімерів. Максимальна липкість гною великої рогатої худоби — до 6 кПа, свиней — до 3 кПа.

Для створення найбільш комфортних умов для тварин використовують підстилкові матеріали: солому, торф, тирсу, стружку, листя, хвою тощо. Підстилка зменшує тепловтрати, поглинає рідкі виділення, технологічну воду і знижує емісію аміаку. Оптимального ефекту досягають при використанні подрібненої соломи (до 100 мм). При нестачі підстилки погіршується гігієнічний стан тварин і місць їх відпочинку, що негативно впливає на продуктивність.

Вологопоглинальна здатність підстилкових матеріалів (за масовим співвідношенням):

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

Торф і тирса мають підвищену здатність до поглинання вологи, але через значне забруднення тварин використовуються обмежено; основним матеріалом для підстилки слугує подрібнена солома.

### *1.3 Аналіз і класифікація засобів механізації видалення гною з гнойових каналів*

Технологічний процес прибирання тваринницьких приміщень, видалення та утилізації гною включає основні і допоміжні операції, для яких застосовують відповідні засоби механізації. Класифікація засобів механізації ґрунтується на їх призначенні, способі використання, принципі дії, конструктивних особливостях робочих органів і типі приводу.

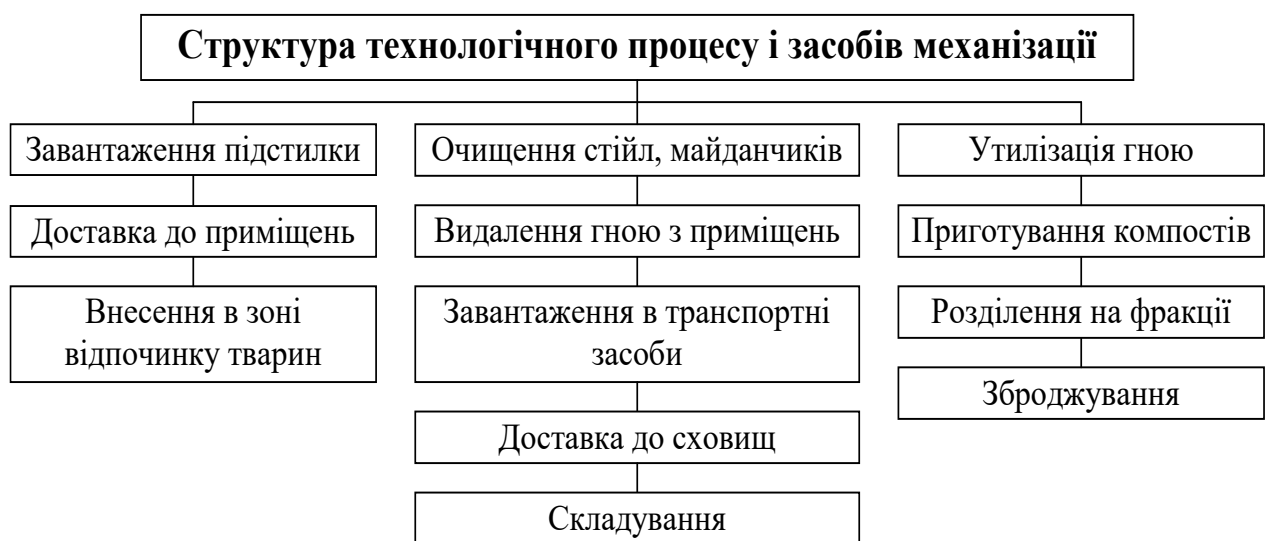


Рис. 1.1. Загальна схема технологічного процесу внесення підстилки, прибирання і утилізації гною

За способом використання засоби механізації поділяються на пересувні та стаціонарні. Пересувні використовуються для видалення гною зі стійл, боксів, вигульних майданчиків, а стаціонарні — тільки зі стійл і боксів. Робочі органи засобів можуть бути скребковими, лопатевими, щітковими або комбінованими, активними чи пасивними.

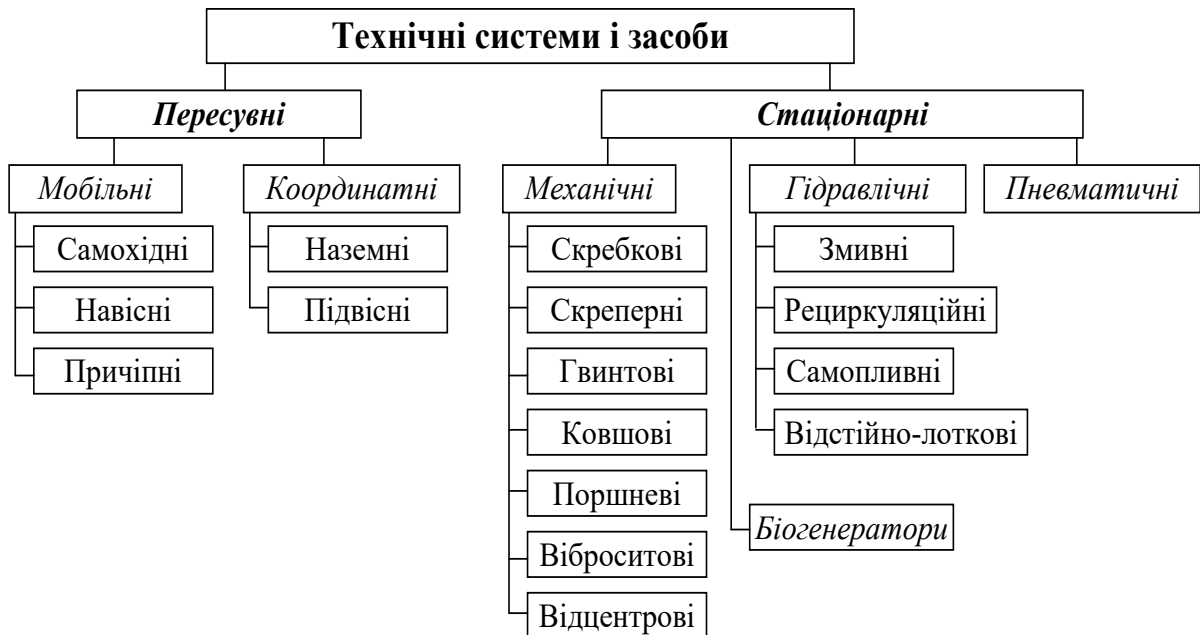


Рис. 1.2. Загальна класифікація технічних систем і засобів прибирання, видалення та утилізації гною

Пересувні засоби поділяються на мобільні (самохідні, навісні, причіпні) та координатні (наземні і підвісні). Стаціонарні механізми можуть бути механічними, гідравлічними або пневматичними. Скребки бувають жорсткими або шарнірними; останні здатні обходити перешкоди, що підвищує безпеку та надійність.

Лопатеві та щіткові робочі органи кріпляться до ротора, який обертається навколо осі, що забезпечує ефективне очищення поверхонь.

до класифікації, технічні системи і засоби механізації видалення гною з тваринницьких приміщень поділяються на механічні та гідравлічні. Механічні системи, у свою чергу, за способом використання класифікуються як пересувні (мобільні, координатні) та стаціонарні.

Гідравлічні системи включають бетонні канали для нагромадження і транспортування гною, щілинну підлогу, зливні бачки і систему трубопроводів для подачі води в канали. Головними мобільними засобами видалення гною є бульдозери, навантажувачі періодичної дії з ковшовою або бульдозерною навіскою, а також інші гноєприбиральні машини періодичної або безперервної дії. Найпоширенішими на фермах є бульдозери загального призначення, начеплені на колісні або гусеничні трактори.

Бульдозери можуть мати жорстко закріплений неповоротний відвал або поворотний, що може зміщуватися на кут до  $45^\circ$  у горизонтальній та  $5-10^\circ$  у вертикальній площинах. Для підвищення продуктивності бульдозери оснащуються боковими закрілками, рухомими або нерухомими, які забезпечують ефективне прибирання гною у приміщеннях і на вигульно-кормових майданчиках.

Наприклад, мобільний агрегат АМН-Ф-20 призначений для очищення відкритих гноєпроходів у тваринницьких приміщеннях і на твердо покритих вигульних майданчиках. Він складається із змонтованої на трубчастій рамі лопати з коробом і опорними лижами, які кріпляться фронтально до трактора класу 1,4 (МТЗ-80/82, Т-40 АМ). Агрегат обладнаний гідросистемою з гідроциліндрами для відкривання/закривання лопатей, підйому/опускання лопати та гідророзподільником.

Технологічний процес прибирання гною реалізується послідовно з урахуванням особливостей використовуваного обладнання і умов утримання тварин

Трактор із агрегатом у транспортному положенні заїжджає в гноєпрохід, після чого тракторист за допомогою гідросистеми опускає лопату і розкриває її лопаті на ширину проходу. Під час руху агрегату гній під лопатою транспортується до поперечного каналу або безпосередньо в гноєсховище. Виконання прибирання слід проводити за відсутності тварин у зоні роботи агрегату, а обслуговування виконує тракторист.

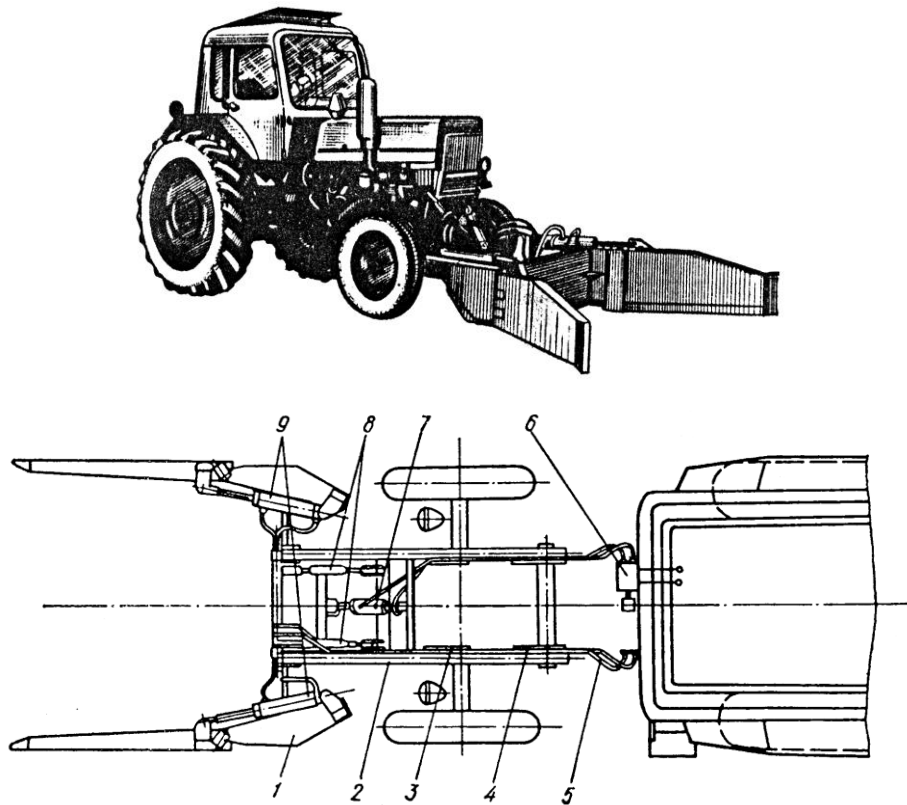


Рис.1.1. Загальний вигляд (зверху) та схема мобільного агрегату для видалення гною АМН-Ф-20:

1 – лопата; 2 – рама; 3 – кронштейн; 4 – навіска; 5 – маслопроводи гідросистеми; 6 – гідророзподільник; 7 – гідроциліндр для опускання і підймання лопати; 8 – регульовальні тяги; 9 – гідроциліндри лопати.

Основними стаціонарними засобами для видалення гною з приміщень є скребково-ланцюгові транспортери (конвеєри) колового та зворотно-поступального руху, гвинтові, а також скребкові і ковшові скреперні установки. Скребково-ланцюгові і гвинтові транспортери широко застосовуються для видалення гною в приміщеннях із прив'язним утриманням великої рогатої худоби та свиней у індивідуальних і групових станках.

Найпоширенішими моделями є скребкові транспортери ТСН-160А (КСГ-7) та ТСН-3,0Б (КСГ-8), які призначені для ефективного прибирання гною з приміщень із одночасним його завантаженням у транспортні засоби. Для транспортування гною у гноєсховища використовують конвеєри типу ТС-1 (КСН-Ф-100, КСУ-Ф-1).

Скребкові конвеєри колового руху мають подібну конструкцію, яка включає горизонтальні та похилі транспортери, укомплектовані індивідуальними або суміщеними приводами, та шафу керування. Основною відмінністю є конструкція тягових ланцюгів.

Похилий конвеєр служить для завантаження гною, який надходить із горизонтального конвеєра до транспортних засобів. Він складається з корита, поворотного пристрою, ланцюга зі скребками, приводу та опорного стояка. Ланцюг похилого конвеєра уніфікований з ланцюгом горизонтального. Відстань між скребками на похилому конвеєрі менша, а швидкість руху більша, що сприяє узгодженню швидкості транспортування і ефективному видаленню рідких фракцій гною.

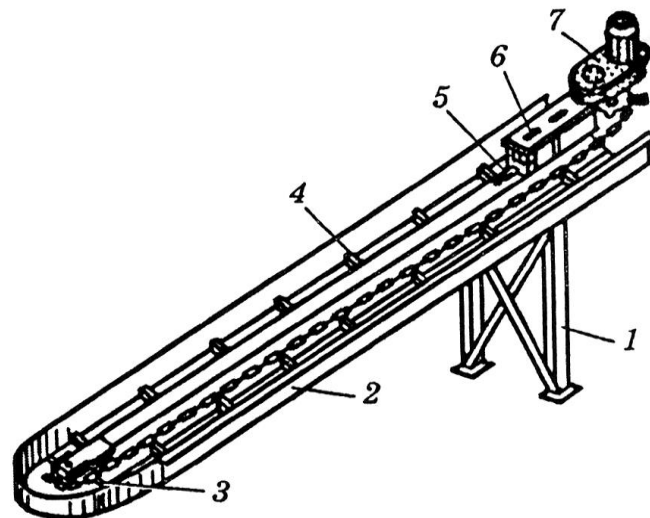


Рис. 1.2. Загальний вигляд похилого конвеєра:

- 1 – стояк; 2 – корпус; 3 – поворотна зірочка; 4 – ланцюг зі скребками; 5 – натяжний гвинт; 6 – рама приводу; 7 – привід.

Поперечний конвеєр КНП-10 призначений для переміщення гною, що надходить від повздовжніх транспортерів (типу ТСН) у приямок централізованої вивантажувальної системи, наприклад, похилого конвеєра або установки УТН-10 для транспортування гною у сховище. З його допомогою гній можна переміщувати від декількох тваринницьких приміщень із загальним поголів'ям до 1200 голів.

Конвеєр КНП-10 в основному виконанні 02 складається з корпусу, ланцюга із скребками, привода, натяжного пристрою, поворотної секції, протискидного пристрою, поворотної зірочки і пульта керування. Приводна секція має металевий зварний корпус із встановленим приводом, двобічною Т-подібною балкою, привареною до днища секції, і відкидною кришкою над вікном для скидання гною.

Цей конвеєр призначений забезпечувати ефективно централізоване транспортування гною із кількох приміщень до гноєсховищ із оптимальним управлінням і надійною конструкцією приводних механізмів.

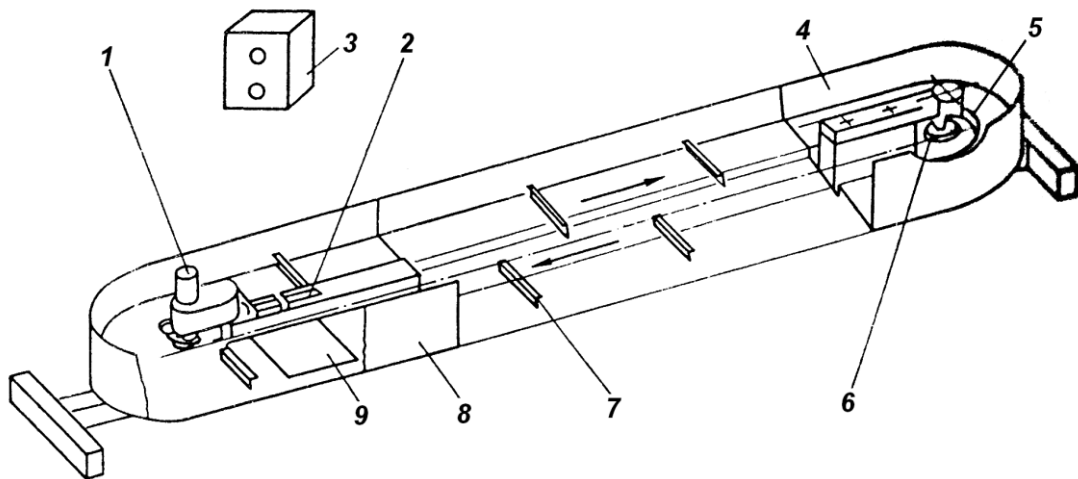


Рис. Помилка! У документі відсутній текст указанного стилю..3.

Конструкційна схема конвеєра КНП-10:

1 – привод; 2 – натяжний пристрій; 3 – пульт керування; 4 – поворотна секція;  
5 – протискидний пристрій; 6 – поворотна зірочка; 7 – ланцюг зі скребками; 8 –  
корпус; 9 – вікно скидання

Скребкові транспортери зі зворотно-поступальним рухом складаються з горизонтальних і похилих конвеєрів і поділяються за типом тягового органа на штангові та тросові з вертикальною або горизонтальною віссю кріплення скребків.

Горизонтальний штанговий транспортер із вертикальною віссю кріплення скребків містить ланцюг зі скребками, з'єднувальний ланцюг, штангу зі

скребками, поворотний пристрій та приводну станцію. Штанги зі скребками призначені для транспортування гною у поздовжній ділянці канавок: металевий пруток зі скребками на вертикальних осях рухається вперед, переміщуючи гній, а при зворотньому русі скребки складаються і повертаються у вихідне положення.

Для боксового утримання великої рогатої худоби використовують скреперні установки зі зворотно-поступальним рухом («дельта-скрепери») таких моделей, як УС-15, УС-Ф-170, УС-Ф-250, а також УСГ-1, УСГ-2, УСГ-3, УСГ-4 та УС-80, УС-100, УС-120. Перша установка УС-15 була виготовлена 1972 року на заводі ДСКБ (м. Рига) і успішно пройшла державні випробування у 1974 році.

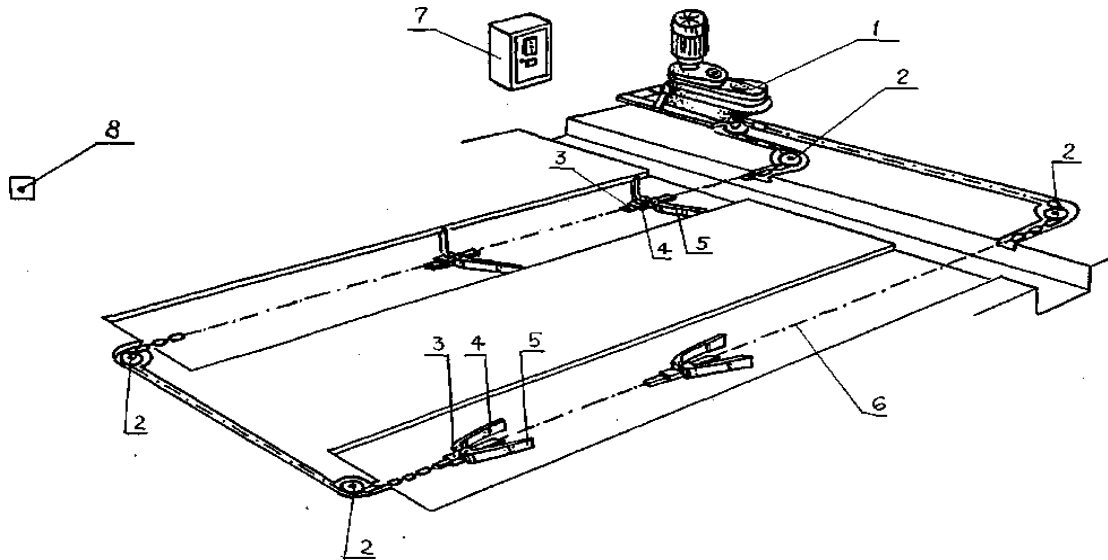


Рис. 1.4. Схема скреперної установки УСГ-3

1-привід; 2-пристрій поворотний; 3-повзун; 4-скребок (лівий); 5-скребок (правий); 6-ланцюг; 7-ящик управління; 8-кнопка ПКЄ-222-1У2 (грибок, червона)

Аналогічні за призначенням установки УСГ-1, УСГ-2, УСГ-3 і УСГ-4 виготовляє ВАТ «Ковельсільмаш» (Україна).

Скреперна установка УСГ-3 (рис. 1.6) складається з приводу, 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. 1.7) з повзуна 1, шарніра, натяжного пристрою 2 та двох скребків 3 та 4. 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.

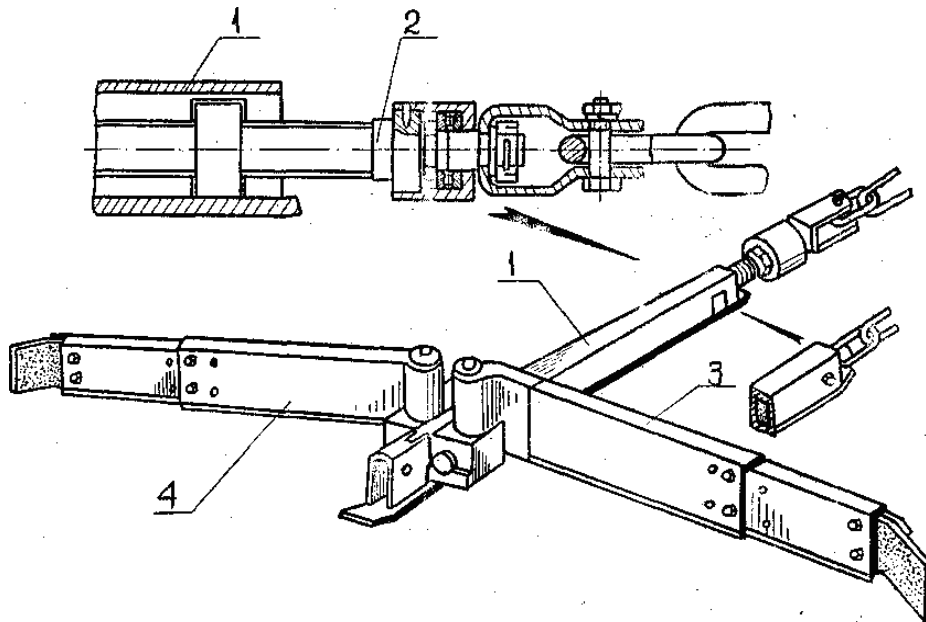


Рис. 1.5. Скрепер установки УСГ-3:

1-повзун; 2-натягувальний пристрій; 3-скребок (лівий); 4-скребок (правий)

Скреперна установка оснащується поворотними пристроями для зміни напрямку руху тягового ланцюга, які закріплюються на анкерних болтах, забетонуваних у гніздах. Установка працює в режимі поступально-зворотного руху робочих органів, що забезпечує циклічне очищення гнойових каналів.

Під час робочого ходу скребки в одному з гнойових каналів під дією сил тертя з підлогою розкриваються на всю його ширину, захоплюють шар гною та транспортують його до поперечного гнойового каналу. У цей час скребки

паралельного проходу складаються і здійснюють холостий хід у протилежному напрямку. Коли скрепер із гноєм досягає зони розвантаження (на кінці або в середині приміщення), напрям руху тягового органа реверсується, і робочий хід виконує другий скрепер у сусідньому каналі. Функціонування установки здійснюється в автоматичному режимі, а її основні технічні параметри (ширина очищення, довжина проходів, продуктивність, потужність приводу) наводяться в табличній формі у відповідних довідкових матеріалах.



Рис. 1.6. Скреперна установка УСГ-3

Швидкість руху скрепера встановлюють з урахуванням вимог безпеки тварин, тому вона не повинна перевищувати  $v \leq 0,18$  м/с. Для подальшого зменшення частки ручної праці доцільним є улаштування щілинної підлоги, яка в поєднанні з механічними, гідравлічними або гідропневматичними системами забезпечує повну механізацію операцій очищення приміщень, видалення гною та його транспортування у гноєсховища.

Гній, що проходить крізь щілини підлоги й надходить у гнойові канали, може видалятися за допомогою скребкових конвеєрів або скреперних установок, однак розташування цих механізмів у каналах, перекритих щілинною підлогою, ускладнює їх обслуговування та ремонт. У зв'язку з цим на практиці щілинну підлогу частіше комбінують із гідравлічними системами видалення гною, які

дають змогу зменшити зношування механічних елементів і підвищити надійність роботи технологічної лінії.

*Таблиця 1.1 Технічні характеристики скреперних установок*

Найменування	Одиниця виміру	Марки скреперів			
		УСГ-1	УСГ-2	УСГ-3	УСГ-4
Тип машини		Стационарний, 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/сек)	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			

Скреперні установки УС–80, УС–100 та УС–120 призначені для цілодобового механізованого прибирання гною від великої рогатої худоби з відкритих гнойових проходів завширшки приблизно 1,5–3,5 м у корівниках довжиною близько 80, 100 і 120 м відповідно за безприв'язно-боксового та комбібоксового утримання. Вони виготовляються ВАТ «Брацлав» (Україна), мають однакову конструктивну схему й відрізняються головним чином встановленою потужністю електродвигунів, що визначає їх продуктивність та адаптацію до довжини приміщень.

Серійне виробництво цих установок розпочато у 2008 році; вони придатні до експлуатації в корівниках різних типів – від капітальних залізобетонних будівель до «холодних» легкозбірних споруд у різних кліматичних умовах України. До складу установки УС–120 входять: приводна станція, скрепки з повзунами, напрямні жолоби для руху повзунів, круглоланковий тяговий ланцюг, поворотні ролики та електронний блок керування, що забезпечує

автоматизований реверсивний цикл роботи скреперів і стабільне видалення гною з гнойових проходів.



Рис. 1.7. Загальний вигляд прибирання гною скреперною установкою УС-120

Приводну станцію встановлюють у кінцевій частині однієї з поздовжніх сторін контуру транспортера, за поперечним каналом відведення гною; вона має телескопічне з'єднання з гвинтовим механізмом натягу ланцюга, що формує компактний і зручний у регулюванні привод. Скребки лівого та правого розташування утворюють V-подібний профіль, який плавно відтворює геометрію гнойового каналу; залежно від його ширини агрегат комплектують скребками різної довжини з кроком 180 мм при діапазоні ширини каналу 1500–3500 мм.

Повзуни слугують для кріплення й переміщення скребок, здійснюючи зворотно-поступальний рух по направляючих жолобах. Жолоби мають коритоподібний профіль і забезпечують переміщення повзунів строго по осьовій лінії каналу. Круглоланковий ланцюг передає тягове зусилля від приводної

зірочки мотор-редуктора до скребків; у складі установки передбачено чотири поворотні зірочки, закриті захисними кожухами.

Функціонування установки контролюється електронним блоком БУДС-01, який забезпечує автоматичний і ручний режими роботи, реверсування, а також захист від примерзання скреберів до підлоги, механічних і електричних перевантажень, короткого замикання, перекошу або зникнення фаз мережі. Скреперна установка працює циклічно: кожен цикл включає робочий хід (видалення гною з каналу) і зворотний хід (складання скребків і повернення їх у вихідне положення), причому тривалість циклу визначається довжиною приміщення і налаштовується блоком керування.

*Таблиця 1.2 Технічна характеристика скреперної установки УС-80*

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

Гідравлічний скрепер DML компанії DeLaval призначений для прибирання рідкого гною в корівниках і спроектований з акцентом на безпеку тварин. Він має гладкий профіль, малу висоту та оснащений гумовою стрічкою, що зменшує зношування бетонної підлоги; робоча ширина проходу становить приблизно від 1,6 до 4,0 м.

Система безпеки DeLaval автоматично контролює рух скрепера: при виявленні перешкоди (зокрема тварини, що лежить) скрепер зупиняється, двічі перевіряє наявність перешкоди й у разі її збереження переходить в аварійний

режим зупинки. Передбачені автоматичний пуск та зупинка, а також вільний вибір місця зупинки без застосування фіксованих показників положення в проходах, що спрощує адаптацію системи до планування приміщення.



Рис. 1.8. Гідравлічний скрепер DML компанії ДеЛаваль (Швеція)

Дельта-скрепер DW компанії DeLaval призначений для видалення як твердого гною з неподрібненою соломою, так і рідкого, що забезпечує універсальність його застосування в різних системах утримання корів. Плаваючі лопаті та бокові крила дають змогу ефективно охоплювати всю ширину проходу, адаптуючись до нерівностей підлоги та забезпечуючи більш повне очищення гнойового каналу.



Рис. 1.9. Дельта-скрепер DW компанії Де Лаваль (Швеція)

На рис. 1.10 зображений комбіскрепер виробництва Голландської компанії JOZ.



Рис. 1.10. Комбіскрепер виробництва голландської компанії JOZ

На рис. 1.11 зображений Дельта-скрепер виробництва компанії «AgroComplex» (Польща).

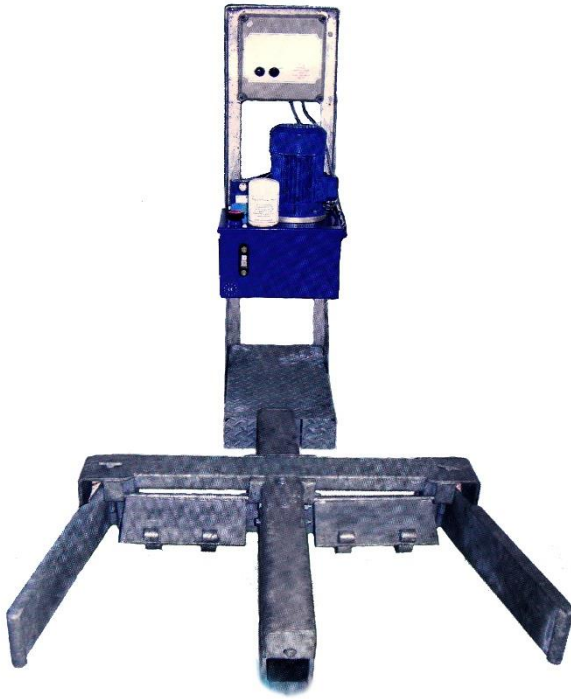


Рис. 1.11. Дельта-скрепер компанії «AgroComplex» (Польща)

На рис. 1.12 зображена установка дельта-скреперна гноєзбиральна, підприємства Нові Агро Технології (НАТ) Росія.



Рис. 1.12. Установка дельта-скреперна гноєзбиральна, підприємства Нові Агро Технології (НАТ)

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

#### *1.4. Стан досліджень пристроїв для очищення гнойових каналів*

Видалення гною з тваринницьких приміщень є трудомісткою та енергоємною операцією, при цьому санітарний стан ферми і тварин безпосередньо залежить від своєчасності й повноти цього процесу. Процес прибирання гною скребком визначається фізико-механічними властивостями матеріалу, який переміщується, що вивчалось у роботах Я. Г. Озолса, Є. І. Борисенка, В. Е. Вейнла, І. І. Ялі, С. М. Гимейна, В. Н. Письменова, Х. С. Гайнанова, Г. А. Голуба та інших.

Дослідження технологічного процесу прибирання гною проводили як вітчизняні, так і зарубіжні вчені, зокрема І. С. Фурсін, А. А. Ковальов, Л. І. Грачов, В. А. Зуєв, В. Н. Письменов, Я. Г. Озхол, С. Є. Маркарян, С. В. Мельников, І. Екесбу, С. Берглунц, П. Корнат та інші.

Велика кількість праць присвячена дослідженню механічних засобів прибирання гною, автори яких — М. К. Лінник, В. А. Зуєв, М. І. Іскандарян, С. Є. Маркарян, К. Є. Ростомян, І. П. Арбузов, В. Ф. Баришников, В. Е. Вейнл, А. А. Ковальов, Є. Н. Письменов, А. С. Цирят'єв, В. А. Ясенецький. Аналіз цих робіт дозволив виділити ключові фактори, що визначають економічну ефективність роботи скреперних установок: їх можна класифікувати як організаційні, технологічні, ґрунтово-кліматичні, технічні та експлуатаційні.

У 1980 році М. В. Левчикова розробила методику розрахунку кроку і кількості скребоків, за якою було встановлено, що збільшення співвідношення висоти скребка до його довжини спричиняє зростання опору руху гною, а збільшення кількості скребоків — зростання споживаної потужності двигуна.

Дослідження робочого процесу скреперно-відвального пристрою для очищення стійл і тваринницьких приміщень виконували А. Д. Агасарян, В. І. Бейттинк, А. А. Шувалов, А. С. Цирят'єв та інші. Вони розробили раціональні технології очистки і видалення гною, запропонували теоретичні основи параметрів робочих органів і оптимальні режими їх роботи.

Також 1980 року А. А. Шувалов у дисертації вивчав зону розвороту скребків дельта-скреперної установки, знайшов оптимальний розподіл маси скребків по довжині і вперше застосував кривошипно-шатунний механізм для з'єднання скребків між собою та з тяговим елементом.

Дослідженнями штангових конвеєрів займалися І. П. Арбузов, В. Л. Алчиєв, Є. П. Борисенко, А. Є. Комраков, В. К. Ковалевський, Я. Г. Озолс, В. Е. Вейнл та інші, які розглядали продуктивність, експлуатаційні параметри й конструктивні особливості.

Зокрема, В. К. Ковалевський моделював рух скребка як тонкої однорідної пластини, спираючись всіма точками нижньої поверхні на горизонтальну підлогу, досліджував складний рух під дією сил тертя та рухомих сил, вважаючи, що шарнір скребка не має тертя. Він встановив, що довжина шляху розвороту скребка в основному залежить від його довжини та кута встановлення до штанги у положенні холостого ходу.

У 1981 році О. Ф. Колде вивчав механізм розкриття скребків штангових конвеєрів і з'ясував, що час розвороту на холостому ході залежить від початкового кута установки скребка.

Великий внесок у розвиток технологічних процесів самопливного видалення гною зробили вчені А. В. Зуєв, І. С. Назаров, П. Л. Воликов, В. С. Мельников, Є. В. Козловський, Н. М. Марченко, В. Н. Письменов, М. С. Текучева, А. В. Крупенін, А. І. Ніколаєнков, В. В. Калюга, Л. І. Новик, Н. І. Гайдаш, О. Д. Чиненова, С. Береглунд, Г. Аниансон, І. Екесбу, Г. Поельма, Р. Ломач, С. П. Захаревич, В. П. Супрун та інші.

Крім того, ряд питань, пов'язаних з вивченням робочих органів очисних машин, що застосовуються у суміжних галузях, таких як очищення виробничих приміщень, територій промислових підприємств, дорожніх покриттів, аеродромів, годівниць у пташниках та інших тваринницьких об'єктів, розглядали Л. М. Гусєв, В. І. Баловнєв, А. І. Засов, В. М. Долганін, О. І. Буковець, А. К. Свириленко, Г. Р. Вінтерле, В. І. Сироватко, В. О. Талалай, О. Г. Тулузов та інші дослідники.

Особливий вклад у обґрунтування напрямних адаптивних поверхонь робочих органів зробив С. С. Тищенко. Дослідження з очищення поверхні тваринницьких приміщень гідроструйними установками провели В. Є. Шилов, І. А. Дудницький, В. П. Литвиненко та інші.

Дослідженню механізації очистки стійл, яка є найбільш трудоємкою і вагомою операцією в технологічному процесі прибирання гною, присвячені роботи В. Г. Коби, С. І. Щербакова, А. Д. Агасаряна, А. А. Шувалова, А. Ц. Цирятьєва, В. Є. Шилова, І. А. Дудницького, В. П. Литвиненка, Н. М. Морозової та інших. Підвищення надійності і довговічності відповідного обладнання досліджували В. Ф. Кисліков, І. Х. Михайлюк, М. М. Чос.

У 1990 році М. Є. Шаблій розробив обґрунтування процесу роботи і параметрів шнекового насоса-навантажувача безпідстилкового гною з зустрічно-крутними робочими органами. У 1996 році В. Д. Роговий і А. М. Брагінець розробили параметри і конструкцію установки для очистки стійл. В 2006 році М. В. Молодик і В. І. П'ятаченко обґрунтували граничне збільшення кроку тягових круглокільцевих ланцюгів гноєприбиральних транспортерів. У 2010 році на базі УкрНДПВТ імені Л. Погорілого було проведено державні приймальні випробування скреперних установок УС-80, УС-100 та УС-120.

Проте, незважаючи на значний внесок у дослідження очистки гнойових каналів корівників, процес прибирання гною скреперними установками досліджено недостатньо. Особливо бракує детального аналізу сил, що діють на скребок, вивчення робочого процесу скребка, розміщеного під кутом нахилу назад до дна каналу і працюючого як клин, а також розподілу і величини тиску гною на скребок. Тому подальші дослідження спрямовані на пошук простого, роботоздатного пристрою для очистки гнойових каналів і математичне описання процесу його роботи.

Хоча проведено широкий спектр досліджень, низка важливих аспектів вивчена не повною мірою, зокрема:

відсутність встановленого взаємозв'язку між кутом розкриття скрепера та якістю очищення гнойового каналу;

недостатньо обґрунтований кут нахилу скребків;

недостатнє вивчення оптимальної швидкості руху скрепера;

недостатній аналіз оптимального графіка включень скреперної установки.

Метою роботи є зменшення енергомісткості процесу прибирання гною та підвищення його якості шляхом обґрунтування конструкції й параметрів роботи мобільної гноєприбиральної установки. Таким чином підкреслюється необхідність подальших досліджень із вдосконалення робочих органів і режимів роботи механізмів для оптимізації технологічного процесу.

## 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ І ПАРАМЕТРІВ МОБІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ

### *2.1 Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми скреперної установки для прибирання гною*

Утримання корів на молочних фермах і комплексах залежить від кадрового потенціалу, забезпечення кормами, обсягів капіталовкладень і структури господарства. Найпоширенішими є прив'язний, безприв'язний звичайний на глибокій підстилці, безприв'язний боксовий та комбінований способи утримання.

Безприв'язний звичайний спосіб на глибокій підстилці передбачає, що тварини утримуються вільно, без прив'язі, у приміщеннях із вигульно-кормовими майданчиками. Глибока підстилка оновлюється щоденно з розрахунку 2,5–3 кг на голову, а видалення гною здійснюється 1–2 рази на рік за допомогою бульдозера.

Безприв'язно-боксовий спосіб передбачає додатково облаштування боксов для відпочинку тварин на підвищених ділянках із габаритами 2,1 м на 1,1 м. Ця система знижує вартість будівництва в 1,5–2 рази та витрати металу в 10–12 разів. Усунення гнойових і кормових проходів збільшує місткість приміщення на 40–50%, що суттєво знижує витрати на скотомісце.

При безприв'язному утриманні великої рогатої худоби видалення гною виконується із відкритих гнойових каналів за допомогою скреперних установок зі зворотно-поступальним рухом робочих органів — «дельта-скреперів». Скреперні установки УС-15, УС-Ф-170, УС-250, УСГ-3 застосовуються у тваринницьких приміщеннях при боксовому й комбінованому утриманні, маючи високий рівень уніфікації.

Скреперна установка працює за принципом поступально-зворотного руху. Під час робочого ходу скрепки в одному з гнойових каналів розкриваються на ширину каналу і за рахунок тертя з підлогою захоплюють гній, переміщуючи

його до поперечного гнойового каналу. Скребки паралельного проходу складаються і здійснюють холостий хід у зворотному напрямку. Коли скрепер із гноєм досягає місця розвантаження, напрям руху реверсується, і інший скребер у сусідньому каналі починає робочий хід. Установка функціонує в автоматичному режимі з урахуванням безпеки тварин, швидкість руху не перевищує 0,18 м/с для запобігання травматизму.

Основним недоліком скреперних установок є неповне очищення дна гнойового каналу після одного проходу — практично для повного згрібання необхідно здійснити три-чотири проходи. Для вирішення цієї проблеми було запропоновано робочу поверхню скребків виконати як відвал зі змінним радіусом кривизни. Це дозволяє інтенсивніше видаляти ущільнений гній шляхом руйнування його шарів, покращує прилягання скребків до поверхні каналу і підвищує якість очищення.

Скреперний пристрій для прибирання гною складається з повзуна, поворотного пристрою, скребків, ланцюга, гумового чистика та упора. Робоча поверхня скребків виконана у вигляді відвала, що дозволяє частково нагромаджувати шар гною на поверхні відвала. Така маса гною створює додатковий тиск на скребок, притискаючи його до дна гнойового каналу.

Цей додатковий тиск сприяє покращенню якості прибирання гною, завдяки чому зменшується необхідна кількість робочих проходів скреперного пристрою. Конструктивне удосконалення пристрою забезпечує більш ефективне очищення каналів від гною та підвищує продуктивність процесу.

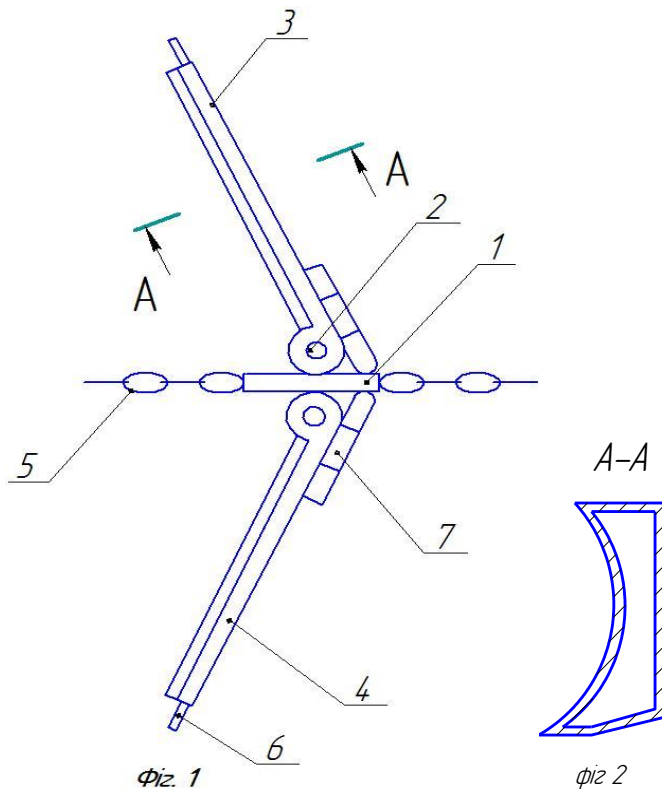


Рис. 2.11. Розроблений скреперний пристрій для прибирання гною

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

## 2.2. Розрахунок циліндричної поверхні скребка гноєприбиральної установки

Своєчасне видалення гною з тваринницьких приміщень є однією з важливих народногосподарських проблем. При вирішенні цієї задачі особливу увагу приділяють забезпеченню фізіологічного комфорту тварин, що безпосередньо залежить від якості прибирання гною за мінімальної кількості проходів гноєприбиральних агрегатів. Професор І. І. Ревенко відзначав важливий вплив форми скребка на якість видалення гною.

Для досягнення високої якості прибирання необхідно забезпечити максимальне притискання скребоків скрепера до поверхні гнойового каналу. Процес руху скребка умовно можна розглядати як рух робочого органу в ґрунті, де попереду скребка знаходиться маса гною, що опирається його руху.

Цю ідею підтверджує теорія академіка В. П. Горячкіна, який вивчав робочу поверхню ґрунтообробних машин і вказував, що незважаючи на різноманітність робочих органів, їх геометрична форма зводиться до клина. Клин є прототипом багатьох ґрунтообробних знарядь, таких як культиваторні лапи.

Виходячи з цього, найефективнішою конструкцією скребка для скреперної установки вважається вгнута робоча поверхня. Для забезпечення ефективної роботи скрепера необхідно підтримувати сталий тиск ґною, що рухається по поверхні скребка. З цією метою були розроблені рівняння і побудовані криві траєкторій руху частинок ґною по робочій поверхні скребка, що дозволяють оптимізувати конструкцію і режими його роботи.

Рух матеріальних частинок по гравітаційних поверхнях детально розглянуто в монографіях. Припускається, що ці поверхні мають циліндричну форму з горизонтальним розташуванням твірних, тому рух частинок можна аналізувати на плоских кривих — ортогональних перерізах цих поверхонь. Такі поверхні і криві називають гравітаційними через те, що рух частинок визначається дією сили ваги. У цьому випадку швидкість руху частинок по кривій є змінною.

Водночас у сільськогосподарських машинах можливі умови, за яких частинки рухаються по поверхні з постійною швидкістю, зокрема при примусовому переміщенні частинок ґною по робочій поверхні скребка. У таких випадках на частинку, крім сили ваги, діє додаткова активна сила — сила тяги.

Задача полягає у знаходженні кривих, рух по яких із сталою швидкістю забезпечує сталий тиск частинки на робочу поверхню скребка. Для пошуку таких кривих припускають, що швидкість руху частинки дорівнює швидкості руху самого скребка по ґнойовому каналу. Відповідно, ці криві відрізняються від класичних гравітаційних і враховують комплекс сил, що діють на частинку.

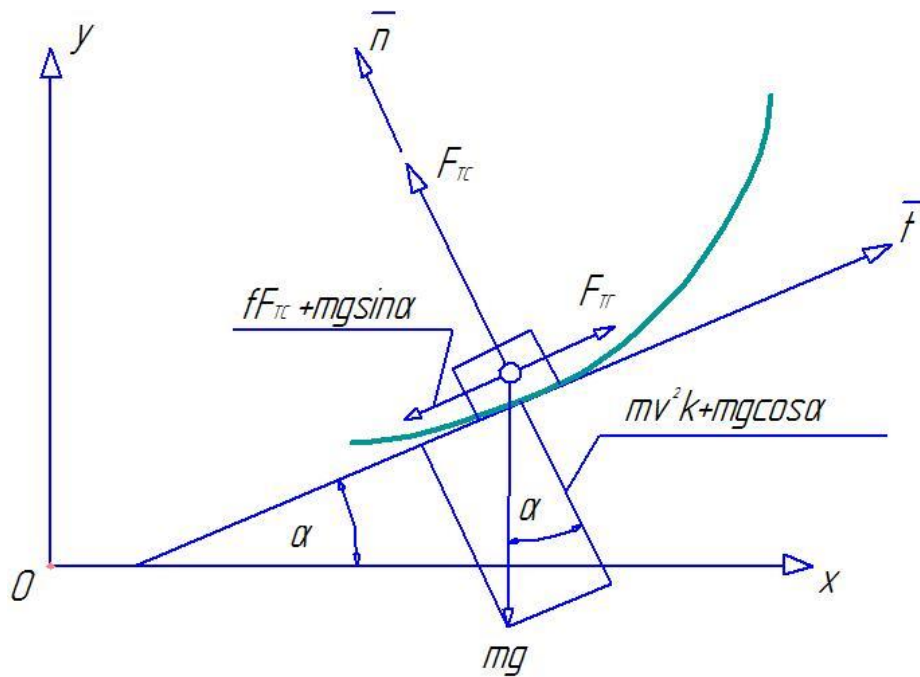


Рис. 2.12. Розкладання діючих сил на головну нормаль  $\bar{n}$  і дотичну  $\bar{t}$  кривої

Припустимо, що під дією сили підпору частинка гною рухається вгору по кривій із постійною швидкістю  $v$  (рис. 2.14). 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:

$$mg\cos\alpha + mv^2k = F_{TC}, \quad (2.1)$$

де  $k$  - кривина кривої в даній точці,

$m$  - маса частинки,

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

$$r = \frac{1}{k}, \quad (2.2)$$

де  $r$  – радіус кривизни.

Перепишемо рівняння (2.1), 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.2.15):

$$\cos \alpha + \frac{v^2}{s'g} = \frac{F_{\text{тс}}}{mg}. \quad (2.3)$$

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

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

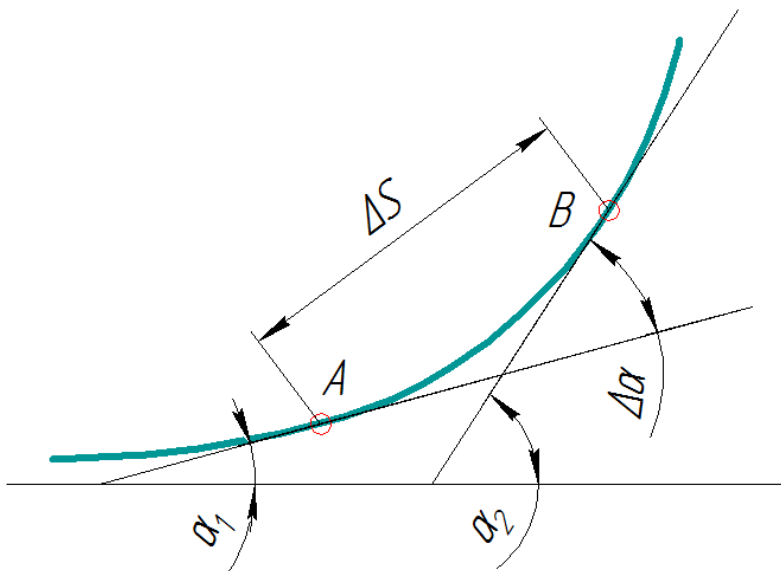


Рис. 2.13. Визначення кривизни скребка

Інтегрування виразу (2.4) можливе для двох випадків:  $a_{\text{тс}} > 1$  (тобто тиск на поверхню більший від ваги частинки) і  $a_{\text{тс}} < 1$  (тиск менший ваги частинки).  
(2.4)

Запишемо відповідні інтеграли (постійну інтегрування опускаємо):

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

$$s = \frac{v^2}{g} \int \frac{d\alpha}{a_{\text{тс}} - \cos \alpha} = \frac{v^2}{g\sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}} \ln \frac{(1 + a_{\text{тс}}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}{(1 + a_{\text{тс}}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}. \quad (a_{\text{тс}} < 1)$$
(2.5)

Рівняння (2.5)  $s = s(\alpha)$  задають закономірність зміни кута  $\alpha$  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  $k = k(s)$ . Таке рівняння називається натуральним рівнянням кривої. Його ми одержимо для обох випадків, якщо в правому рівнянні (2.4) і рівняннях (2.5) виключимо спільний параметр  $\alpha$ :

$$k = \frac{g(a_{\text{тс}}^2 - 1)}{v^2 \left[ a_{\text{тс}} + \cos \left( \frac{g}{v^2} \sqrt{a_{\text{тс}}^2 - 1} s \right) \right]}; \quad (a_{\text{тс}} > 1)$$

$$k = \frac{2g(1 - a_{\text{тс}}^2) e^{\frac{g\sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}{v^2} s}}{v^2 \left( e^{\frac{2g\sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}{v^2} s} - 2a_{\text{тс}} e^{\frac{g\sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}{v^2} s} + 1 \right)}. \quad (a_{\text{тс}} < 1)$$

**(Помилка! У документі відсутній текст указанного стилю..6)**

Натуральні рівняння **(Помилка! У документі відсутній текст указанного стилю..6)** задають криві незалежно від їх положення і орієнтації на площині. Це означає, що при повороті кривої на певний кут  $\varepsilon$  її натуральне рівняння не змінюється. 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 залежностями:

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

**(Помилка! У документі відсутній текст указанного стилю..7)**

Перепишемо залежності (Помилка! У документі відсутній текст **указаного стилю..7**), перейшовши до незалежної змінної  $\alpha$  :

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

Аналогічно

$$\frac{dy}{d\alpha} = \frac{ds}{d\alpha} \sin \alpha. \quad (2.8)$$

Підставивши в (2.8) вираз  $\frac{ds}{d\alpha}$  із (2.4), одержимо залежності для знаходження координат  $x$  і  $y$  кривої:

$$\begin{aligned} x &= \frac{v^2}{g} \int \frac{\cos \alpha d\alpha}{a_{TC} - \cos \alpha} = \frac{a_{TC} v^2}{g} \int \frac{d\alpha}{a_{TC} - \cos \alpha} - \frac{v^2}{g} \alpha; \\ y &= \frac{v^2}{g} \int \frac{\sin \alpha d\alpha}{a_{TC} - \cos \alpha} = \frac{v^2}{g} \ln(a_{TC} - \cos \alpha). \end{aligned} \quad (2.9)$$

Із (2.9) видно, що після інтегрування вираз  $y = y(\alpha)$  має простий вигляд, а вигляд для координати  $x = x(\alpha)$  зводиться до інтегралів (2.5), тому він розпадається на дві залежності для  $a_{TC} > 1$  і  $a_{TC} < 1$ :

$$\begin{aligned} x &= \frac{2a_{TC} v^2}{g \sqrt{a_{TC}^2 - 1}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{a_{TC} + 1}{a_{TC} - 1}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \frac{v^2}{g} \alpha; & (a > 1) \\ x &= \frac{a_{TC} v^2}{g \sqrt{1 - a_{TC}^2}} \ln \frac{(1 + a_{TC}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \sqrt{1 - a_{TC}^2}}{(1 + a_{TC}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \sqrt{1 - a_{TC}^2}} - \frac{v^2}{g} \alpha. & (a < 1) \end{aligned} \quad (2.10)$$

У виразах (2.9), (2.10) постійні інтегрування опущені, оскільки вони впливають тільки на паралельний перенос кривої вздовж осей  $Ox$  і  $Oy$ .

На рис. 2.14,а,б побудовані криві за рівняннями  $y = y(\alpha)$  із (2.9) і  $x = x(\alpha)$  із (2.10) для  $a_{TC} > 1$  і  $a_{TC} < 1$ .

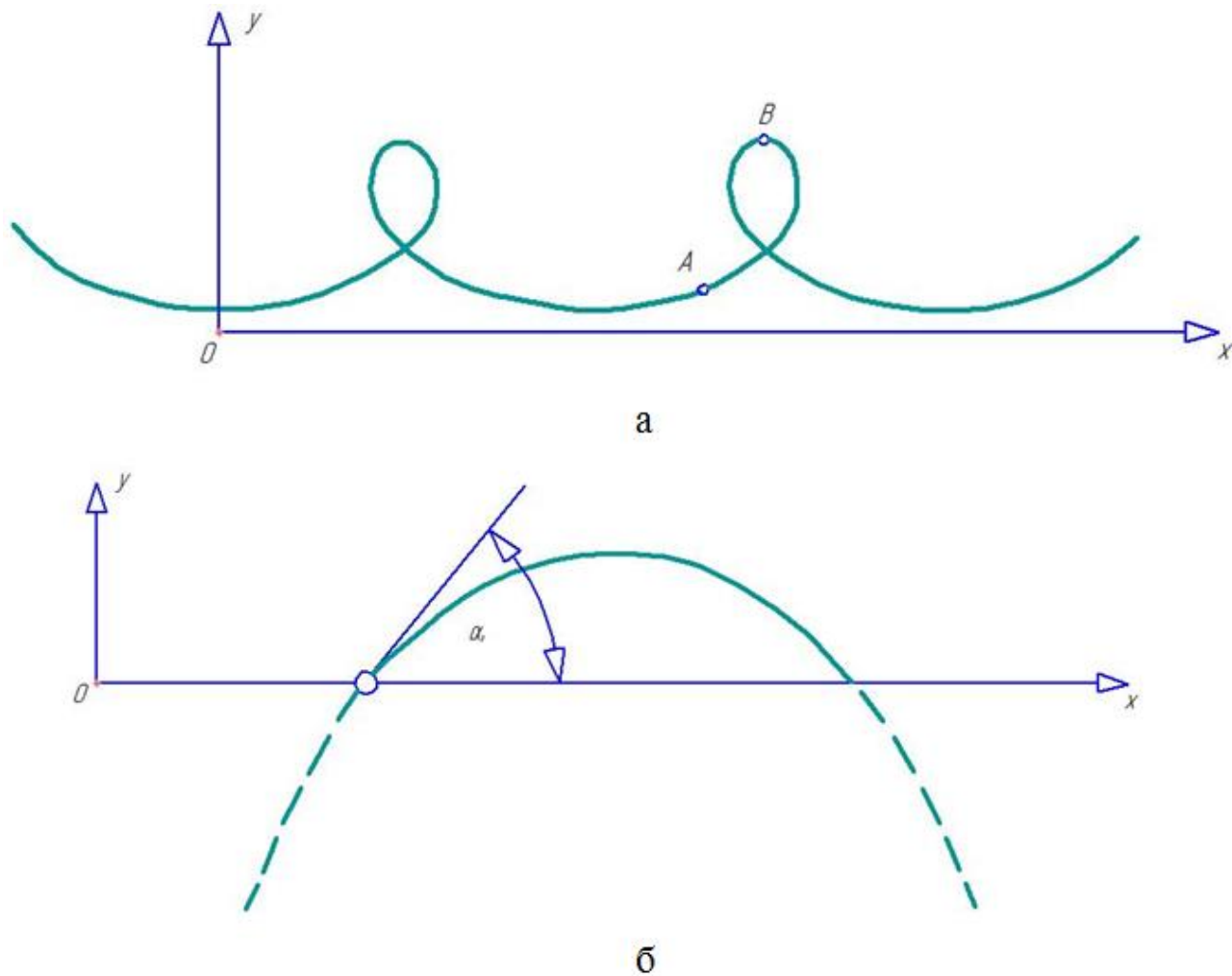


Рис. 2.14. Криві, що забезпечують сталий тиск при постійній швидкості руху частинки:

а)  $a_{TC} = 1,2$ ;  $v = 0,2$  м/с; б)  $a_{TC} = 0$ ;  $v = 0,2$  м/с.

На рис. 2.14,а показана крива перерізу поверхні, тиск на яку при заданій швидкості  $v = 0,2$  м/с більший ваги частинки в 1,2 рази. Ділянка кривої  $\widehat{AB}$  може розглядатися, як можливий профіль скребка скреперної установки.

Якщо тиск на поверхню скребка повинен бути меншим за вагу тіла частинки, то таке зменшення виникає, коли тіло рухається по зовнішній стороні випуклої кривої. На рисунку 2.4,б показана крива, для якої тиск частинки на поверхню дорівнює нулю. Для заданої швидкості ця крива існує в певному інтервалі кута нахилу.

Проте практично використання такої кривої неможливе, оскільки відсутність тиску означає, що скребок не взаємодіє з гноєм і не може

підтримувати його рух на заданій швидкості через відсутність тертя. Якщо ж частинка гною якось підтримує власну швидкість (наприклад, за рахунок реактивної тяги), то її подальша траєкторія визначатиметься кривою профілю скребка навіть без фактичного контакту з ним.

Тому при проектуванні профілю скребка обирають варіант, поданий на рисунку 2.4,а, який забезпечує сталий тиск частинки гною на робочу поверхню скребка і ефективне переміщення матеріалу.

### 2.3. Теоретичний розрахунок гноєприбиральної установки

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

Продуктивність  $Q$  кг/с скреперної установки визначають за формулою:

$$Q = \frac{h_c \cdot b \cdot S_1 \cdot \rho \cdot V \cdot k}{C_{1роб.х} + C_{1хол.х}}, \quad (2.11)$$

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;

$\rho$  - щільність гною, кг/м<sup>3</sup>; для підстилкового гною  $\rho = 600 \dots 900$  кг/м<sup>3</sup>;

приймаємо:  $\rho = 750$  кг/м<sup>3</sup>;

$V$  - 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. 2.15).

$$C_{1роб.х} = C_2 + K_n,$$

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;

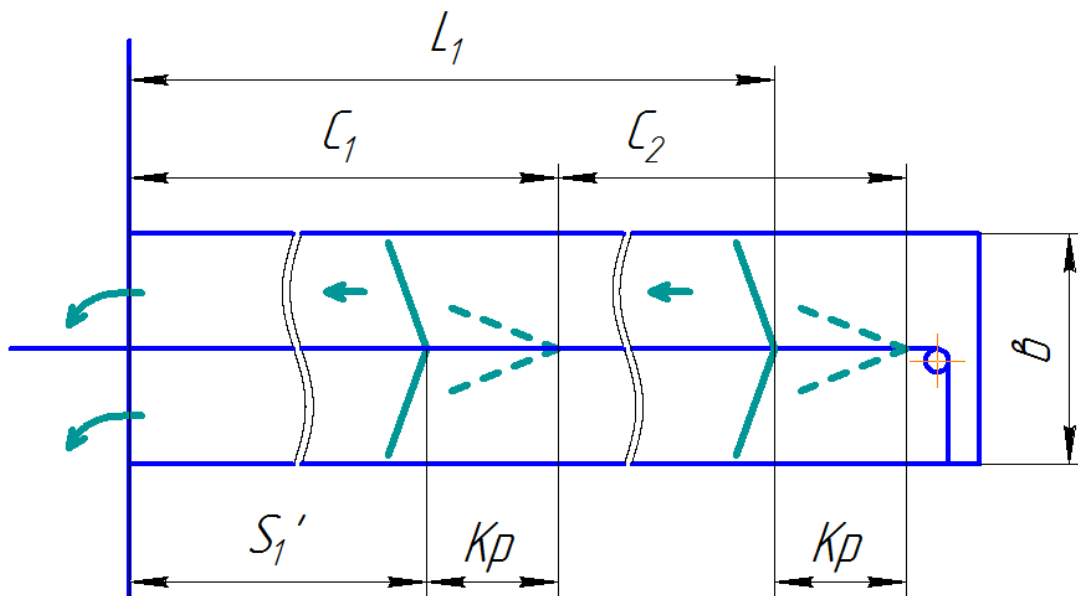


Рис. 2.15. Розрахункова схема скреперної установки

$$k = 0,3 \dots 1; \quad k = 0,8 \dots 1;$$

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  $90^\circ$ .

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

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

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4, \quad (2.12)$$

де  $P$  - тяговий опір руху скреперної установки, Н;

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

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

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

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

Визначаємо опір тертя гною по дну гнойового каналу по формулі:

$$P_1 = (m_1 + m_2) \cdot f \cdot g, \quad (2.13)$$

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

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

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

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

$$P_2 = \frac{h^2}{2} \cdot m_{скр} \cdot l_{сер} \cdot \rho \cdot g \cdot \xi \cdot f, \quad (2.14)$$

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

Визначаємо опір від переміщення ланцюга і скребків по дну гнойового каналу по формулі:

$$P_3 = M \cdot g \cdot f, \quad (2.15)$$

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  $f = 0,5$ .

Визначаємо опір, який виникає при заклинюванні скребків скрепера.

$$P_4 = m_{скр} \rho_{зак}, \quad (2.16)$$

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

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

$$N_{дв} = \frac{k \cdot P \cdot V}{1000 \eta_m}, \quad (2.17)$$

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

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

$\eta_m = 0,75 \dots 0,85$ , для нашого редуктора  $\eta_m = 0,82$  ;

$V$  – швидкість руху скрепера.

Визначення питомої енергомісткості повного ходу скрепера:

$$N_{пит} = \frac{(N_{дв.п.х} \cdot t_{ск}) + (N_{дв.зв.х} \cdot t_{ск})}{m_{гн}}, \quad (2.18)$$

де  $t_{ск}$  - час руху скрепера;

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

$$t_{ск} = \frac{L_{гн.к}}{V_{ск}}, \quad (2.19)$$

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

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

На рис. рис. 2.16, рис. 2.17 та рис. 2.18 зображено графіки зміни продуктивності, питомих витрат енергії та сумарних витрат енергії відповідно за результатами теоретичних розрахунків.

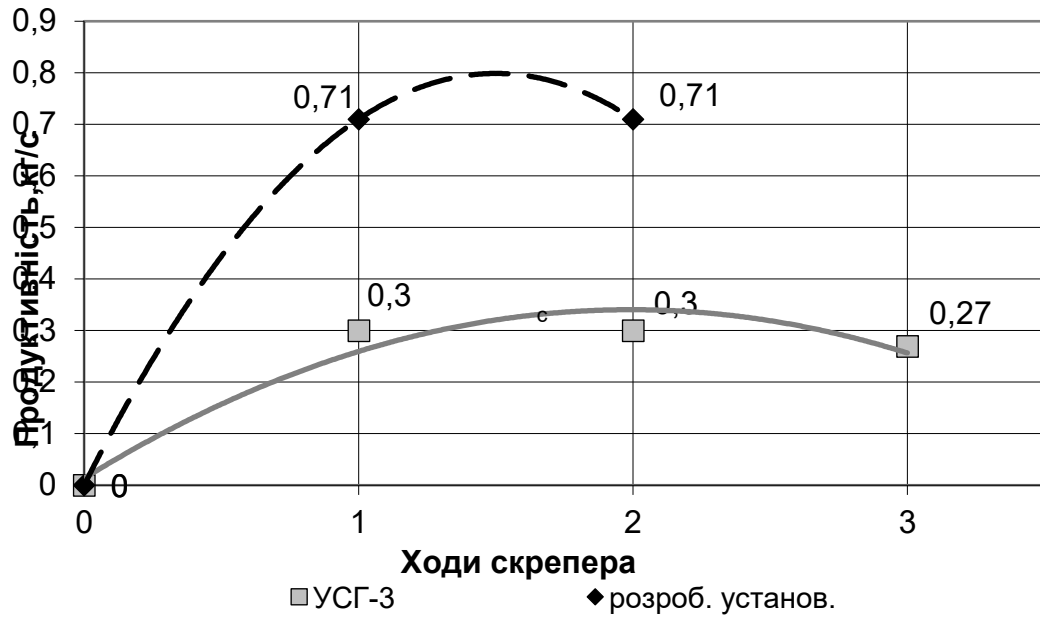


Рис. 2.16. Графік зміни продуктивності скреперної установки за результатами теоретичних розрахунків

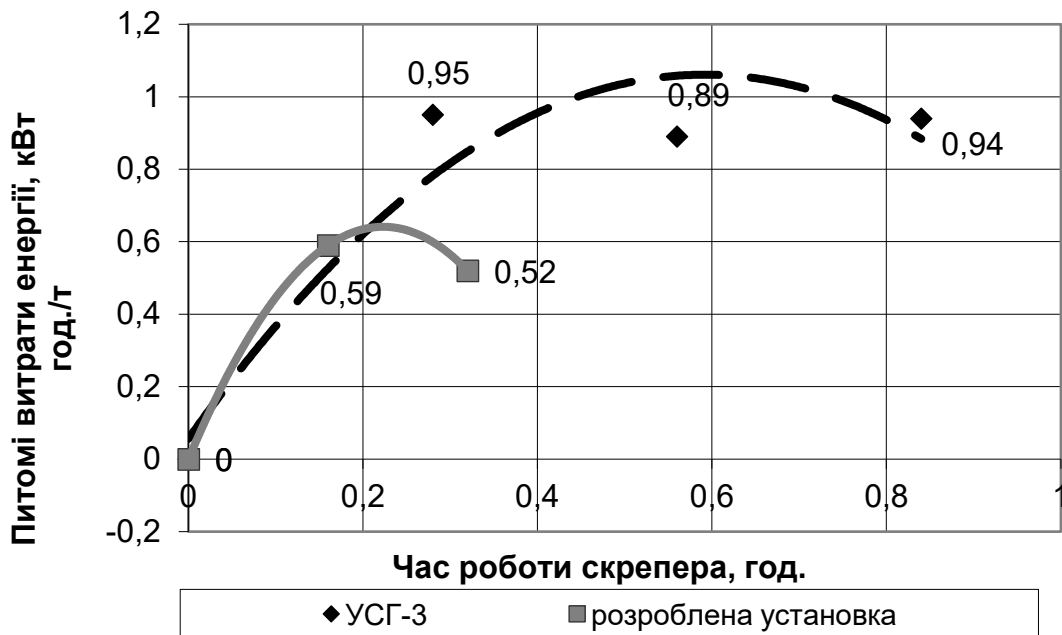


Рис. 2.17. Графік зміни питомих витрат енергії скреперної установки за результатами теоретичних розрахунків (середні значення)

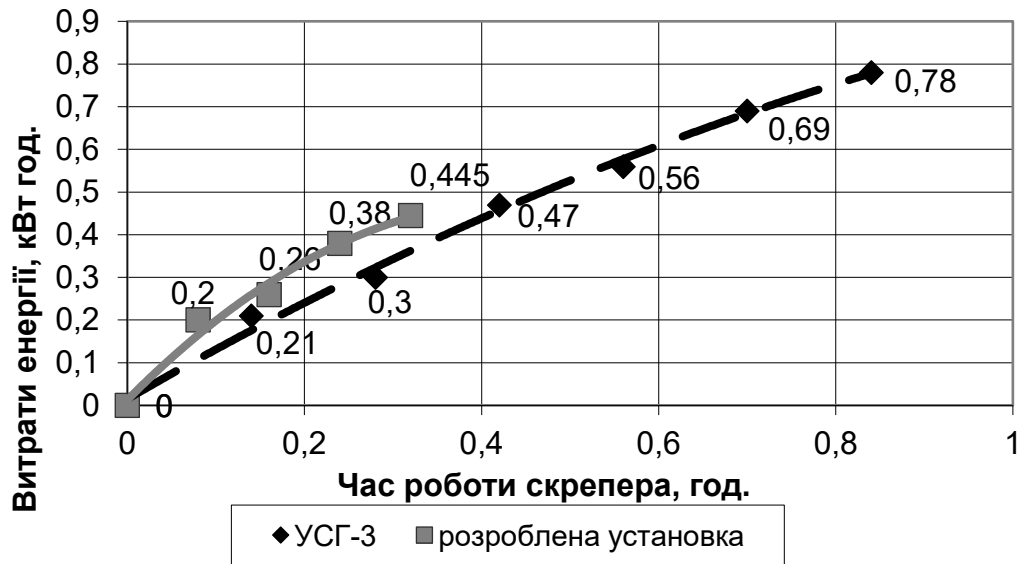


Рис. 2.18. Графік зміни сумарних витрат енергії скреперної установки за результатами теоретичних розрахунків (середні значення)

## 3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### *3.1 Програма експериментальних досліджень*

Експериментальні дослідження скреперної установки спрямовані на підтвердження чи спростування теоретичних положень, раціональних параметрів і режимів її роботи, а також визначення залежностей, які не піддаються математичному аналізу. Програма досліджень базується на завданнях загального дослідження, теоретичних розрахунках та рекомендаціях провідних вчених.

Основні цілі експериментів включають:

Визначення фізико-механічних властивостей гною: фракційного складу, вологості, щільності, липкості.

Оцінка ступеня забруднення гнойового каналу.

Дослідження впливу кута розкриття скрепера, кута нахилу скребків і швидкості руху на потужність, продуктивність, якість очищення гнойового каналу, енергоємність прибирання.

Порівняння роботи заводської скреперної установки УСГ-3 з розробленою удосконаленою моделлю.

Експерименти проводяться на натурних об'єктах, що дає переваги у точності отриманих даних порівняно з модельними дослідженнями. Зокрема, використовується натурна скреперна установка марки УСГ-3.



Рис. Помилка! У документі відсутній текст указанного стилю..19. Натурна скреперна установка марки УСГ-3

### **3.2. Методика визначення фізико-механічних властивостей гною, які впливають на роботу скрепера**

Для розрахунку основних параметрів скреперної установки важливо враховувати фізико-механічні властивості гнойової маси, що характеризуються фракційним складом, вологістю, щільністю, липкістю, коефіцієнтом тертя, гігроскопічністю частинок та іншими характеристиками. Ці властивості визначаються на основі фракційного складу маси та вологості, які широко досліджували такі вчені, як С. В. Мельников, С. Є. Маркарян, Н. І. Гайдаш, В. Е. Вейнл, В. Ф. Барішніков, Г. А. Голуб та інші. Незалежно від природної зони чи породи тварин, значення цих параметрів практично не відрізняються.

Для визначення фракційного складу гнойової маси застосовують класифікатор із сітками з отворами діаметром 30, 25, 20, 15, 10 і 5 мм згідно з ГОСТ 31344-2007. Це дає можливість визначити розподіл частинок за розміром і в подальшому врахувати їх фізико-механічні властивості при розробці та експлуатації скреперних установок.

Загалом, гній як матеріал має складну багатокомпонентну структуру, тому для точних розрахунків і моделювання необхідно враховувати ці параметри, що сприяють ефективнішому прибиранню і оптимізації роботи обладнання.

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

$$X_i = \frac{m_{\phi i}}{m_n} \cdot 100,$$

(Помилка! У документі відсутній текст

указаного стилю..20)

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 води та сухого залишку в гної базується на визначенні втрати маси проби гною при висушуванні до постійної маси, відповідно до ГОСТ 26713-85. Зразок гною висушують і зважують, з чого вираховують вологість та сухий залишок матеріалу.

Липкість гноївки характеризується зусиллям, необхідним для відривання гною, що прилип до робочих органів скреперної установки. Липкість значною мірою впливає на ефективність роботи скребків, оскільки вона визначає нормальну силу відриву прилиплої гною від поверхні скребка.

Стандартний метод визначення липкості передбачає поміщення зразка гною у спеціальний ящик, де поверхня матеріалу вирівнюється, а в центр укладається металевий диск діаметром 36 мм і товщиною 5–7 мм, який навантажують масою 10 кг протягом 30 секунд. Потім на диск впливають за допомогою спеціального приладу для визначення сили відриву гною від диска.

Прилад складається зі стрижня з прикріпленим на кінці диском, який дотикається до обертових роликів і може рухатися лише вертикально, що забезпечує одночасне відривання диска від усіх точок контакту з гноем. Сили відриву реєструють через систему ниток і чаші з вантажем. Використання дисків з різних матеріалів дозволяє оцінювати адгезію гною до різних поверхонь, важливу для вибору конструкцій скребків.

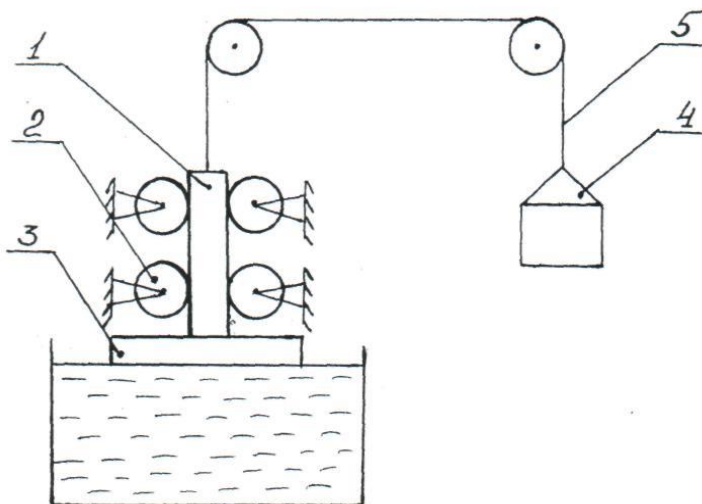


Рис. 3.20. Схема приладу для визначення липкості гною:  
1 - стрижень; 2 - ролик; 3 - диск, 4 - чаша; 5 - нитка.

Липкість ґрунту визначають за формулою:

$$\sigma_{л} = \frac{F}{S}, \quad (3.21)$$

де  $F$  - сила відривання, Н;

$S$  - площа перерізу диска, м<sup>2</sup>.

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.

Також липкість гнойової маси можна визначити за допомогою приладу ИЗВ-21 (рис. 3.21).



Рис. 3.21. Прилад для визначення липкості гною ИЗВ-21

Об'ємну масу гною визначають згідно ГОСТ 31344-2007, її характеризують масою його 1 м<sup>3</sup>.

### 3.3 Методика визначення ступеня забрудненості гнойового каналу

Для дослідження обрали ферму, де утримується 65 дійних корів за безприв'язним боксовим способом. Для видалення гною в корівнику застосовуються різні технічні засоби: скреперна установка, поперечний і похилий конвеєри.

Практичний експеримент полягав у визначенні погодинного накопичення гною протягом доби. Для цього на площині 1x1 метр, виготовленій із дерев'яних брусків, в п'яти різних точках корівника щогодини протягом п'яти днів (з 12.11.2012 до 16.11.2012) збирали і зважували гній, що згрібався в цих межах. Такий підхід дозволив отримати точні дані про динаміку накопичення гною в різних ділянках приміщення та ефективність використання механізованих засобів прибирання.

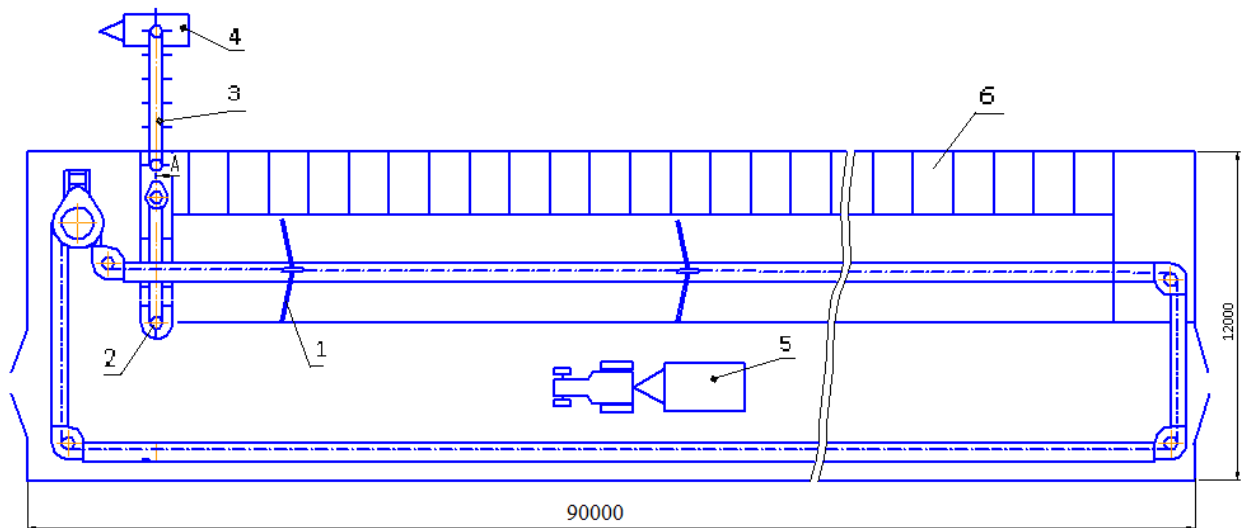


Рис. 3.22. Схема технологічної лінії прибирання гною при безприв'язному однорядному утриманні

1- скреперна установка; 2- поперечний конвеєр; 3- похилий конвеєр; 4- причіп;  
5- кормороздавач; 6- стійло.

### ***3.4 Методика проведення експериментальних досліджень з оптимізацією конструкційних та режимних параметрів розробленої скреперної установки***

Експерименти по визначенню конструкційних та режимних параметрів скреперної установки для прибирання гною проводилася з використанням методики планування багатофакторних експериментів.

Після проведення експериментальних досліджень та визначення оптимальних конструкційних та режимних параметрів розробленої скреперної установки визначали параметри споживаної потужності, продуктивності, та якості роботи установки з фіксацією конструкційно-режимних параметрів на оптимальних рівнях.

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. 3.23.

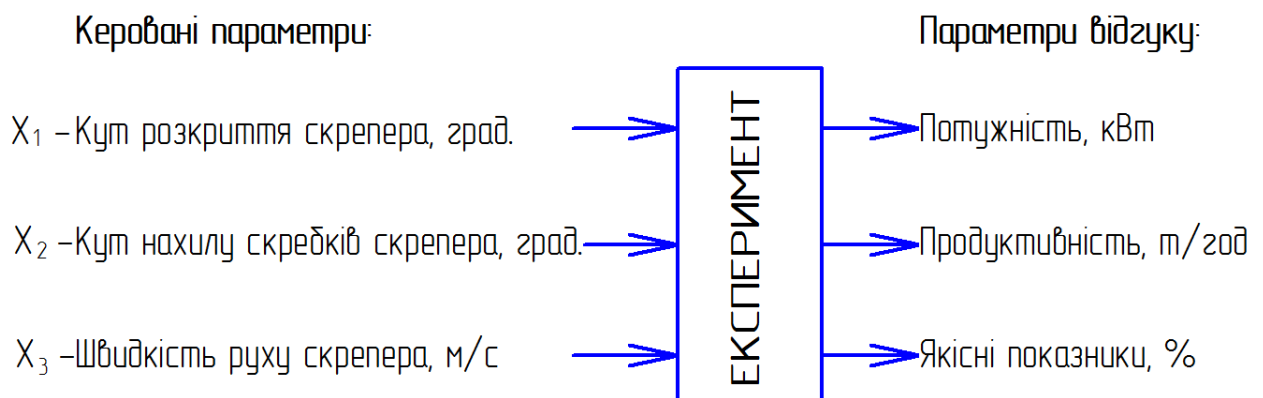


Рис. 3.23. Схема проведення експериментальних досліджень

Для визначення впливу факторів  $x_1$ - $x_3$  на критерії оптимізації проводили експеримент за трьохрівневою матрицею оптимального плану Бокса-Бенкіна (В3) для трьох досліджуваних факторів.

Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3. Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів

Найменування фактора 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 трьохфакторного експерименту за планом Бокса-Бенкіна наведена в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 Матриця планування трьохфакторного експерименту за планом Бокса-Бенкіна

№ п/п дослі ду	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

### ***3.5. Методика визначення оптимальних параметрів скреперної установки та її робочих органів***

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 трьохкратним повторенням. Похибка виміру часу -  $\pm 10$  с.

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

$$V_{II} = \frac{L}{t_{II}}, \quad (3.22)$$

де  $L$  - довжина шляху, м;

$t_{II}$  - час видалення гною, с.

Методика визначення продуктивності скреперної установки

Визначення продуктивності скреперної установки визначають згідно ГОСТ 31344-2007.

Продуктивність скреперної установки визначають на режимах, рекомендуємих ТЗ або ТУ, в трьохкратній повторності. Похибка вимірювання маси гною  $\pm 1$  кг, часу -  $\pm 1,5$  с.

Продуктивність скреперної установки  $Q$ , т/год, рахують за формулою

$$Q = \frac{M}{t}, \quad (3.23)$$

де  $M$  - маса видаленого гною, т;

$t$  - час видалення, год.

Обчислення округляють до першого десяткового знаку.

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

### *4.1 Результати визначення фізико-механічних властивостей*

За результатами експериментальних досліджень із використанням соломистого гною як вихідної сировини встановлено, що насипна щільність досліджуваної партії коливалася в межах від 738 до 762 кг/м<sup>3</sup>, при цьому середнє значення насипної щільності гною становило приблизно 750 кг/м<sup>3</sup>.

Вологість гною у досліджуваній партії варіювалася від 74 до 76%, а середнє значення вологості соломистого гною було близько 75%.

Липкість гною великої рогатої худоби зафіксована на рівні 4 кПа, що ілюструє її адгезійні властивості і впливає на ефективність роботи скреперних установок при видаленні гною з приміщень.

### *4.2 Результати розробки графіка включень установки*

На дослідницькій фермі було проведено практичний експеримент із визначення погодинного накопичення гною протягом доби. За результатами експерименту побудовано графік погодинного накопичення гною для групи з 65 корів (рис. 4.1).

Для отримання графіка погодинного накопичення гною на одну корову добуток загального об'єму гною ділили на кількість корів у групі (65 голів) (рис. 4.2).

Загальний об'єм накопичення гною було розбито на інтервали так, щоб приблизно рівні об'єми припадали на кожен інтервал. Обсяги накопичення гною по інтервалах наведені в табл. 4.1, що дозволяє деталізувати розподіл виділення гною протягом дня для більш ефективного планування прибирання.

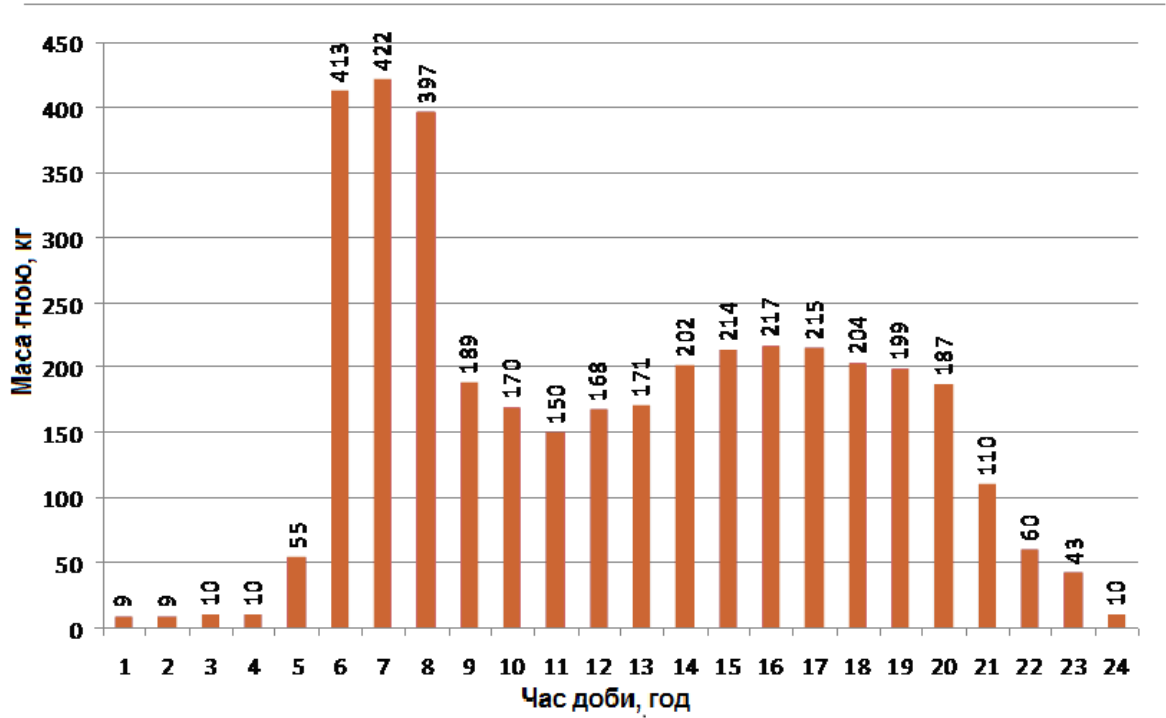


Рис. 4.24. Графік погодинного накопичення гною на групу з 65 корів.

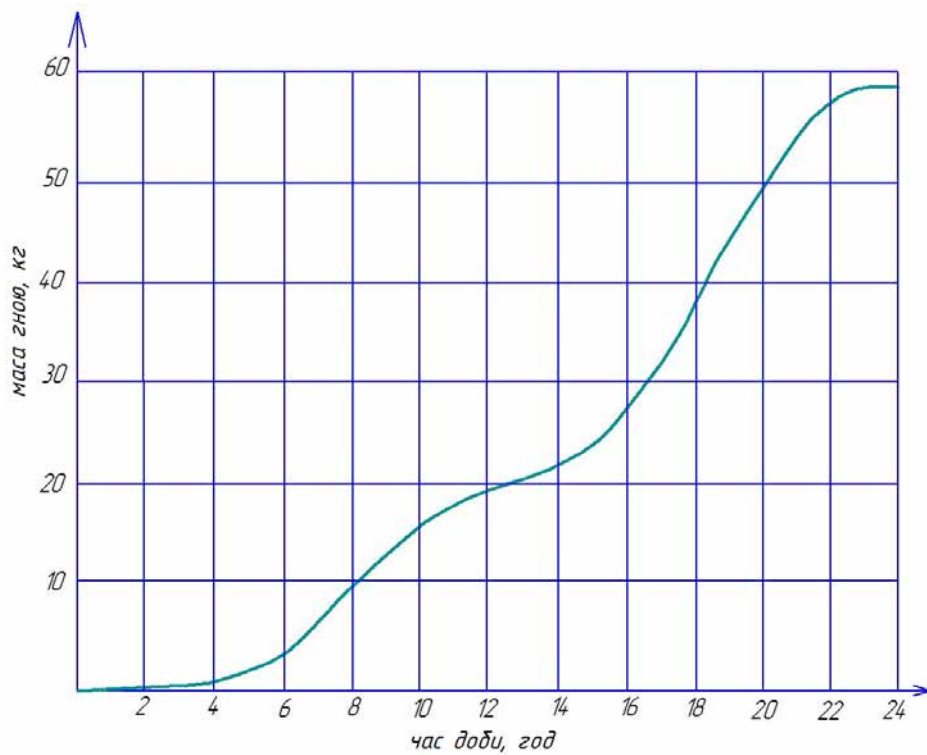


Рис. 4.25. Графік сумарного накопичення гною на протязі доби на 1 корову

Таблиця 4.5 Об'єми накопичення гною за інтервали

№ п/п	Інтервал накопичення гною	Об'єм накопиченого гною кг	Час прибирання
1.	з 21 <sup>00</sup> до 6 <sup>00</sup>	619	6 <sup>00</sup>
2.	з 6 <sup>00</sup> до 8 <sup>00</sup>	817	8 <sup>00</sup>
3.	з 8 <sup>00</sup> до 13 <sup>00</sup>	868	13 <sup>00</sup>
4.	з 13 <sup>00</sup> до 17 <sup>00</sup>	828	17 <sup>00</sup>
5.	з 17 <sup>00</sup> до 21 <sup>00</sup>	720	21 <sup>00</sup>

Проаналізувавши графік приймаємо рішення прибирати гній 5 разів на добу. А саме у 6 год., 8 год., 13 год., 17 год., 21 год.

#### 4.3. Результати попередніх експериментальних досліджень

Отримані результатами проведених досліджень приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.6 Експлуатаційно-технологічні показники скрепера з робочими поверхнями у вигляді відвала. (Вимірювальні та розрахункові величини)

№ п/п	Потужність робочого ходу з навантаженням,	Потужність зворотнього ходу,	Час робочого ходу скрепера, с	Час зворотнього ходу скрепера, с	Витрати енергії, кВт год.	Маса гною до проходу скрепера,	Маса гною після проходу скрепера,	Маса гною після проходу скрепера,	Маса прибраного гною, кг	Якість очищення гноевого	Продуктивність, кг/год.	Питоми витрати енергії, кВт год./т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1,22	0,83	387	384	0,219	434	69,3	500,0	364,7	84,0	1703	0,60102
2	1,31	0,84	390	387	0,232	434	18,0	129,9	416,0	95,9	1927	0,55876
3	1,16	0,84	376	374	0,208	434	20,8	150,1	413,2	95,2	1983	0,50395
4	1,06	0,77	409	407	0,207	434	41,6	300,1	392,4	90,4	1731	0,52822
5	1,63	1,14	254	251	0,195	434	15,2	109,7	418,8	96,5	2986	0,46453
6	0,53	0,48	1002	1038	0,285	434	15,2	109,7	418,8	96,5	739	0,68055
7	0,51	0,45	1164	1145	0,307	434	16,6	119,8	417,4	96,2	651	0,73649
8	1,91	1,03	244	242	0,199	434	13,9	100,3	420,1	96,8	3112	0,47354
9	1,57	1,23	249	255	0,196	434	55,4	399,7	378,6	87,2	2704	0,51794
10	0,62	1,18	1004	997	0,500	434	20,8	150,1	413,2	95,2	743	1,20972

## Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
11	0,53	0,48	1119	1120	0,314	434	55,4	399,7	378,6	87,2	609	0,82917
12	1,88	1,24	247	244	0,213	434	19,4	140,0	414,6	95,5	3040	0,51400
13	0,99	0,81	410	408	0,206	434	16,6	119,8	417,4	96,2	1837	0,49236
14	0,99	0,81	410	408	0,206	434	16,6	119,8	417,4	96,2	1837	0,49236
15	0,99	0,81	410	408	0,206	434	16,6	119,8	417,4	96,2	1837	0,49236
										93,7	1829	0,60633

#### 4.4. Визначення споживаної потужності скреперної установки для прибирання гною

Для встановлення взаємозв'язку впливу кута розкриття скрепера  $\gamma$  (град.), кута нахилу скребків скрепера  $\varepsilon$  (град.) та швидкості руху скрепера  $V_{СК}$  (м/с) на споживану потужність електродвигуна приводу удосконаленої скреперної установки  $N_{СК}$  (кВт) у виробничих умовах було проведено експерименти за планом Бокса-Бенкіна. При цьому незмінними були розміри гнойового каналу та об'єм прибраного гною.

За результатами багатофакторних експериментів були отримані математичні моделі – рівняння регресії у вигляді поліномів другого порядку.

Аналіз залежностей (рис. 4.26) показує, що зі збільшенням кута нахилу скребків скрепера  $\varepsilon_0$  споживана потужність  $N_{СК}$  змінюється за параболічною функцією. Тому що при куті нахилу скребків близький до  $30^\circ$  на поверхню передньої стінки скребка буде нагромаджуватись велика кількість гною і притискати скребок до дна гнойового каналу з надлишковим зусиллям.

А при куті нахилу скребків від  $65^\circ$  до  $75^\circ$  пласт гною буде підрізатись клиноподібною формою скребка, і на поверхню скребка буде нагромаджуватись така кількість гною яка забезпечить оптимальне притискання скребка до дна гнойового каналу. При куті нахилу скребків близький до  $90^\circ$  на скребок гній не буде наповзати, і відсутність клина на передній стінці скребка приведе до того

що гній буде не підрізатися, а відриватись від дна гнойового каналу, і на це піде більша споживана потужність.

Встановлено що зі збільшенням кута розкриття скрепера  $\gamma$  від  $70^\circ$  до  $170^\circ$  споживана потужність  $N_{СК}$  зменшується на 10 %, мінімальне значення споживаної потужності має при максимальному куті розкриття скрепера  $170^\circ$ , яке становить 1,75 кВт та 1,95 кВт для відповідних значень кута нахилу скребків скрепера  $60^\circ$  та  $30^\circ$ , що пояснюється незначним зменшенням сили опору гною при дії на нього скрепера. При куті нахилу скребків скрепера  $90^\circ$  споживана потужність майже не змінюється (рис. 4.27).

Аналіз взаємного впливу кута розкриття та кута нахилу скребків (рис. 4.28) показав, що мінімальне значення споживаної потужності знаходиться в діапазоні зміни кута нахилу скребків скрепера від  $65^\circ$  до  $75^\circ$  та дорівнює 1,72 кВт, при цьому кут розкриття скребків скрепера на споживану потужність має незначний вплив.

Аналіз залежностей (рис. 4.29) показує, що зі зміною кута розкриття скрепера  $\gamma$  споживана потужність  $N_{СК}$  залишається практично незмінною.

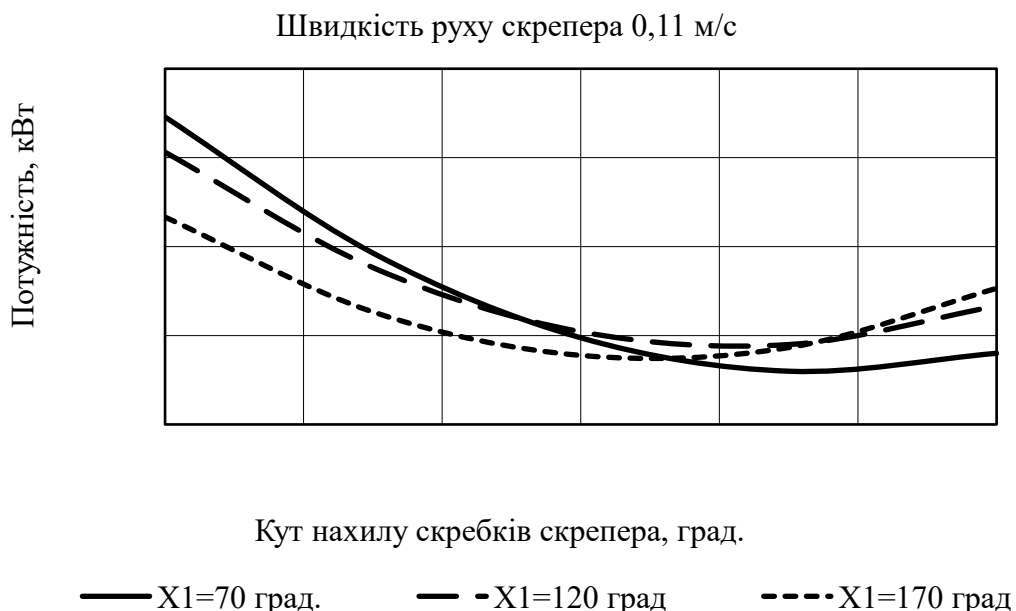


Рис. 4.26. Залежність споживаної потужності електродвигуна приводу удосконаленої скреперної установки від кута нахилу скребків скрепера

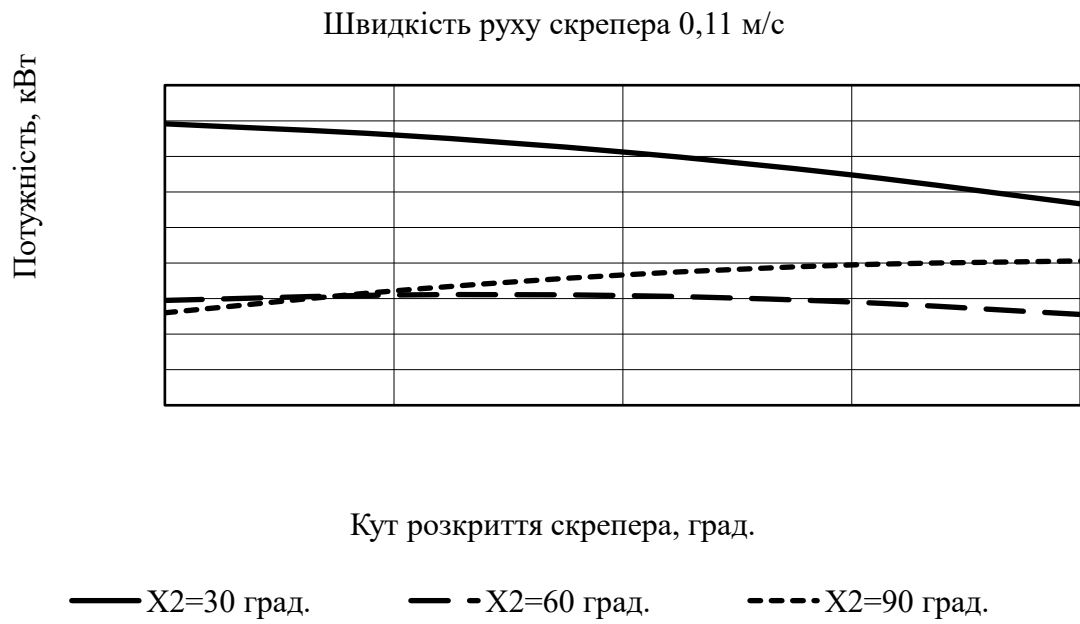


Рис. 4.27. Залежність споживаної потужності електродвигуна приводу удосконаленої скреперної установки від кута розкриття скрепера

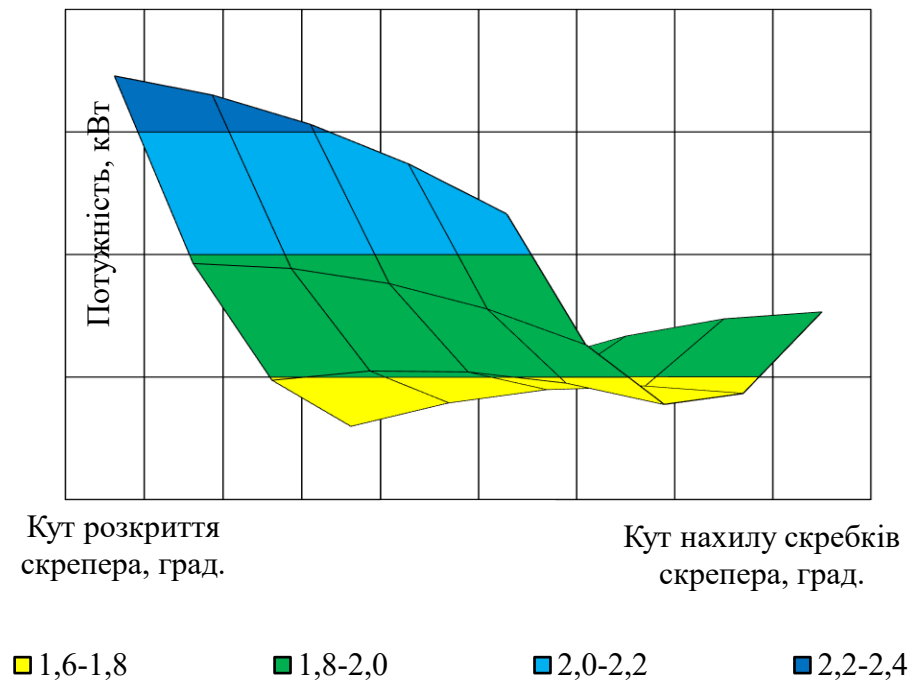


Рис. 4.28. Залежність споживаної потужності електродвигуна приводу удосконаленої скреперної установки від кута розкриття та кута нахилу скребків



Рис. 4.29. Залежність споживаної потужності електродвигуна приводу удосконаленої скреперної установки від кута розкриття скрепера

Встановлено, що зі збільшенням швидкості руху скрепера  $V_{СК}$  від 0,04 до 0,18 м/с споживана потужність  $N_{СК}$  зростає на 280 %. Максимальне значення споживаної потужності при швидкості 0,18 м/с становить біля 2,8 кВт для значень кута розкриття скрепера від 70 до 170°, що пояснюється збільшенням сили опору переміщення гною при збільшенні швидкості руху скрепера, внаслідок проходження скрепером довжини гнойового каналу за менший час.

Аналіз взаємного впливу швидкості руху та кута розкриття показав, що мінімальна споживана потужність  $N_{СК}$  дорівнює 1,1 кВт для відповідного значення швидкості руху скрепера 0,04 м/с, при цьому кут розкриття скрепера на споживану потужність впливу практично не має.

Аналіз залежностей показує, що при зміні кута нахилу скребків скрепера від 30° до 90° споживана потужність електродвигуна становила  $1,3 \pm 0,3$ ;  $2,0 \pm 0,2$  та  $2,9 \pm 0,2$  кВт при швидкості скрепера 0,04; 0,11 та 0,18 м/с що пояснюється незначним впливом сили протидії руху скрепера порівняно з силою тертя гною по робочій поверхні скребків.

#### 4.5. Розробка структурно-функціональної схеми очисника гноєпроводів

Для очищення гнойового каналу можна застосовувати як пасивні, так і активні робочі органи, але для спрощення конструкції і забезпечення достатньої якості очищення за основу взято очисник пасивного кормового столу, який позбавлений обертових елементів, проте здатен виконувати обмежені рухи в межах допустимих параметрів.

Гноєочисник призначений для підгортання залишків гною до бічних стінок гноєпроводу та прикочування гною до краю приміщення для подальшої утилізації. Технологічна ширина проходу очисника становить від 1,8 до 3 метрів.

Очисник встановлюється спереду на міні-навантажувач МКСМ-800 або Bobcat і може використовуватись як автономний засіб очищення гною.

Робочі органи гноєочисника приводяться в дію через гідросистему міні-навантажувача. Конструктивно очисник складається з корпусу, кришки, балки та гумових прокладок. Ківш обладнаний елементами навішування для швидкого і автоматичного з'єднання з навантажувачем.

Ця розробка дозволяє спростити механізацію очищення гнойових каналів, підвищуючи ефективність та зручність експлуатації.

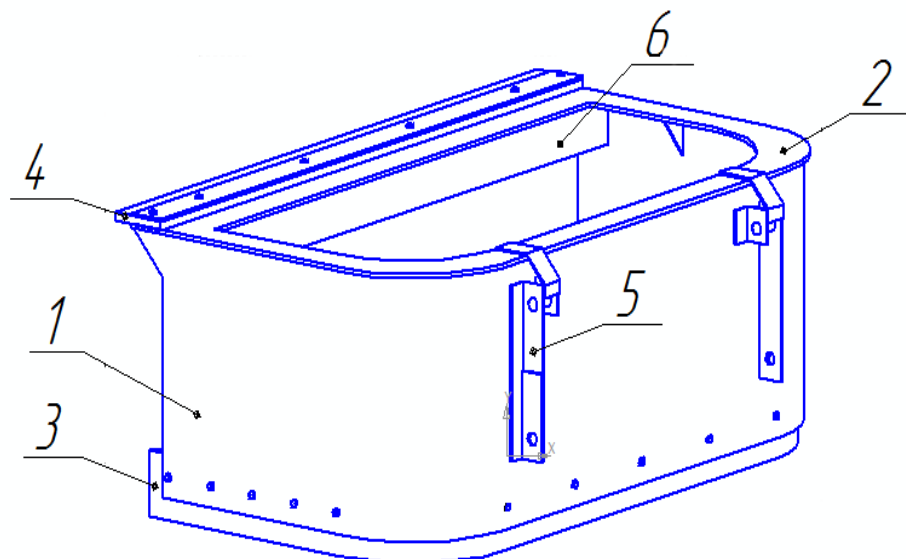


Рис. 4.32. Очисник гнойового каналу

1 – корпус; 2 – кришка; 3,4 – гумові прокладки; 5 – кріплення; 6 – балка

До корпусу приєднана гумова прокладка, а нижня гумова накладка забезпечує переміщення матеріалу по поверхні технологічного проходу.

Технологічний процес очищення від гною каналу реалізується так: трактор заїжджає в приміщення, тракторист опускає прилад на підлогу та розпочинає рух агрегату. Після досягнення кінця приміщення гній видаляють за межі приміщення для подальшої утилізації.

Очищувач гнойових каналів є універсальним агрегатом, який також може застосовуватися для очищення рівних поверхонь кормових майданчиків, бункерів комбікормових складів чи кормоцехів. Швидкість руху очищувача залежить від стану поверхні технологічного проходу.

Агрегатується з міні-навантажувачем МКСМ-800.

Технічні характеристики очисника кормового столу:

Продуктивність: 2...280 м<sup>3</sup>/год

Ємність ковша: 300 кг

Об'єм ковша: 0,94 м<sup>3</sup>

Транспортна швидкість: 30 км/год

Ширина гнойового каналу: 1800–3000 мм

Сервіс: 1 людина

Колія: 1680 мм

Потужність приводу: 33,0 кВт

Габарити: 1800×1000×600 мм

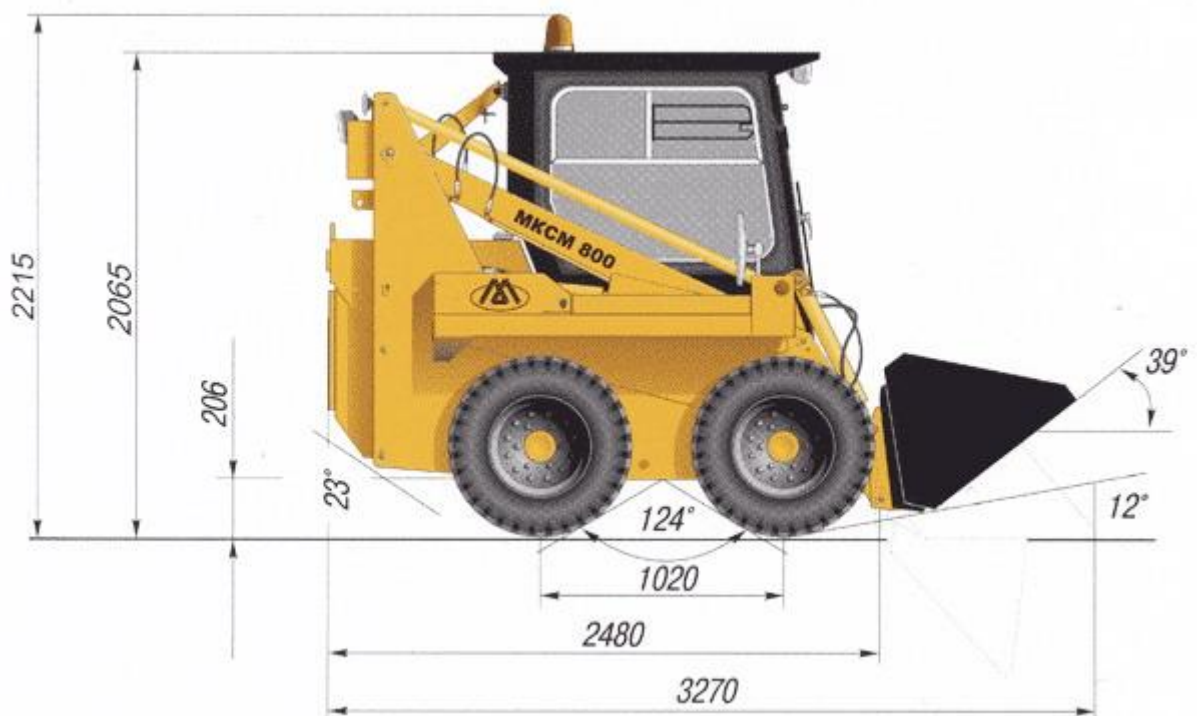
Вага: 280 кг

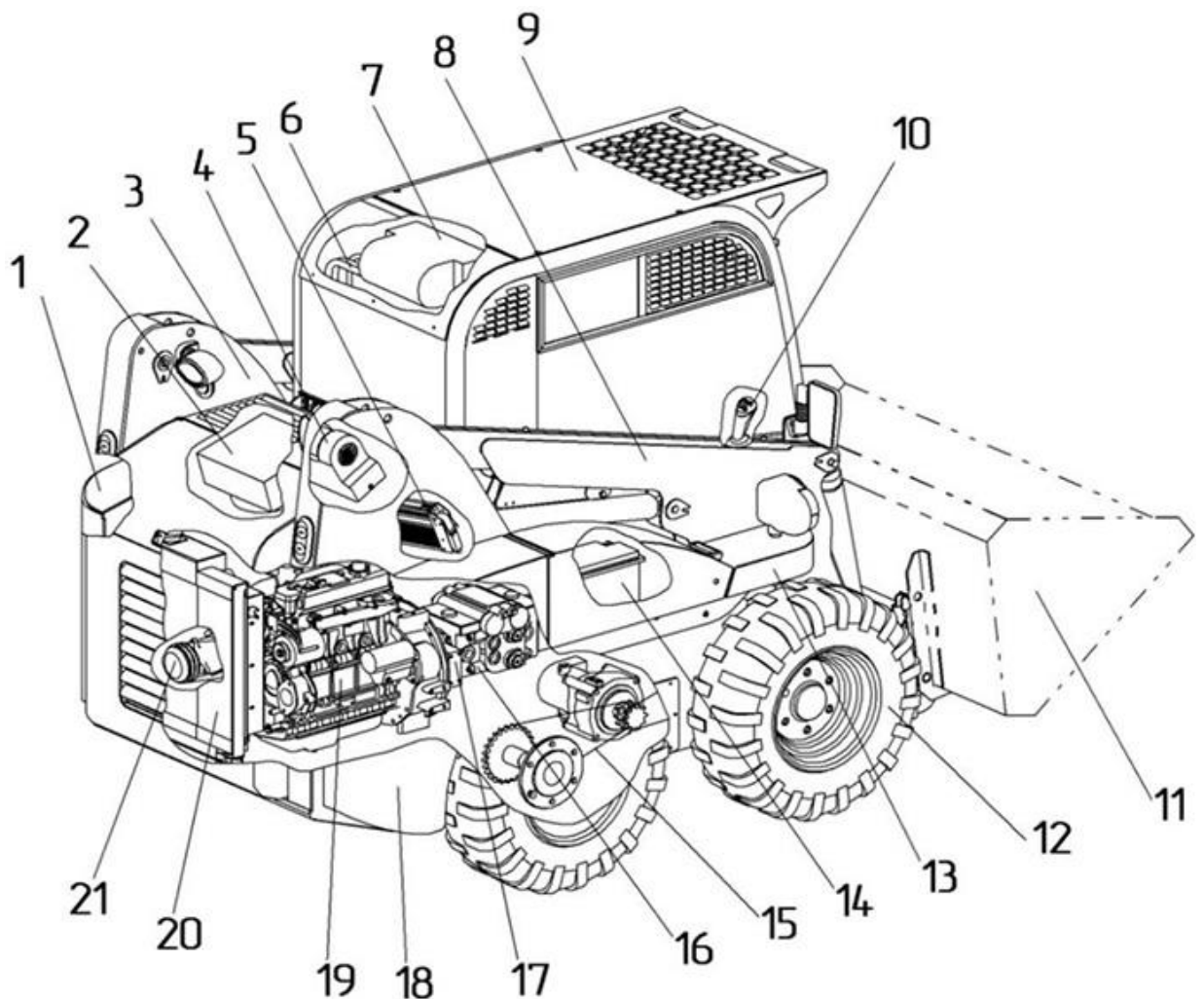
Мобільна установка призначена для очищення відкритих технологічних каналів гною в тваринницьких приміщеннях з твердим покриттям і складається з лопати, змонтованої на трубчастій зварній рамі з коробом і двома опорними лижами. Лопата фронтально кріпиться за допомогою кронштейнів і навісок до міні-навантажувача МКСМ-800.

Міні-навантажувач МКСМ-800 вирізняється своєю універсальністю завдяки можливості використовувати сімнадцять типів швидкозмінного навісного обладнання, що дозволяє замінити цілий парк вузькоспеціалізованих машин. Компактні розміри роблять МКСМ-800 ідеальним для роботи в обмежених просторах, наприклад, біля стін будівель чи у вузьких проходах.

Плавність керування швидкістю і висока маневреність, зокрема можливість розвертатися практично на одному місці, забезпечуються використанням об'ємного гідроприводу з сервоприводом на правій і лівій сторонах машини. Конструкція МКСМ-800 постійно вдосконалюється вже понад 15 років, що робить його надійним і якісним технічним засобом.

Сфера застосування МКСМ-800 охоплює широкий спектр сільськогосподарських і промислових задач, зокрема механізацію прибирання і транспортування гною на фермах за різних технологій утримання тварин.





**Рис. 4.33. Загальний вигляд та схема мобільного агрегату для видалення залишків з кормового столу:**

1 - гідравлічний бак; 2 - конденсатор; 3 - рама; 4 - обігрівач кабіни; 5 - блок електронного управління; 6 - фреонові трубопроводи з ресивером; 7 - випарник; 8 - стріла; 9 - кабіна; 10 - джойстик управління; 11 - ківш основний; 12 - колесо; 13 - крило; 14 - акумуляторна батарея; 15 - бортова ланцюгова передача; 16 - система гідравлічна; 17 -фрикційна муфта приводу насосів; 18 - паливний бак; 19 - двигун; 20 - радіаторний блок; 21 - компресор кондиціонера.

Технологічний процес заготівлі гноївки проводиться послідовно: трактор із знаряддям у транспортному положенні заїжджає на технологічний проїзд. Після цього тракторист за допомогою гідросистеми опускає лопату і розкриває її лопаті на ширину проходу. При переміщенні агрегату маса гною зміщується

лопатою в поперечний канал або вивозиться за межі приміщення. Для безпеки рекомендується проводити зняття гною лише за відсутності тварин у робочій зоні установки. Обслуговування агрегату виконує тракторист.

Технологічний розрахунок очисника:

Продуктивність бульдозера  $\Pi$  при видаленні і переміщенні маси дорівнює:

$$\Pi = \frac{V_n k_e \rho}{t_u}, \quad (2.1)$$

де  $V_n$  – об'єм маси, який переміщує відвал, м<sup>3</sup>;

$k_e$  – коефіцієнт використання часу роботи бульдозера;

$\rho$  – щільність розрихленої маси, кг/м<sup>3</sup>;

$t_u$  – тривалість одного циклу видалення маси, с.

$$\Pi = \frac{1 \cdot 0,7 \cdot 550}{75} = 5,2, \quad \text{кг/с}$$

Об'єм маси, який переміщує відвал бульдозера, дорівнює призмі волочіння (рис. 2.2) і розраховується за формулою:

$$V_n = \frac{LB^2 K_n}{2K_p \operatorname{tg} \varphi_0}, \quad (2.2)$$

де  $L$  – ширина відвала, м;

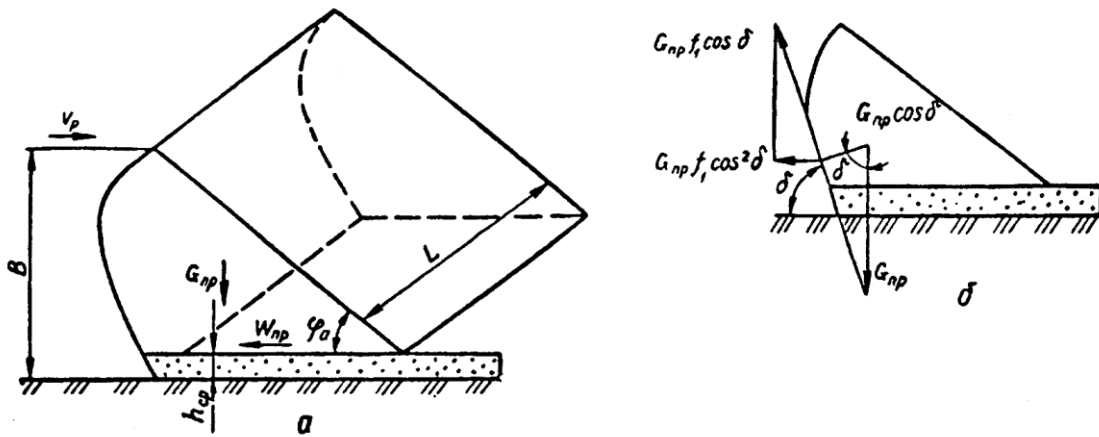
$B$  – висота відвала, м;

$K_n$  – коефіцієнт, який враховує втрати маси під час його переміщення,  $K_n=0,5-0,95$ ;

$K_p$  – коефіцієнт розпушення маси;

$\varphi_0$  – кут схилу ґрунту.

$$V_n = \frac{4 \cdot 0,75^2 \cdot 0,95}{2 \cdot 1,17 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ} = 1,58 \quad \text{м}^3$$



**Рис. 2.2. Призма волочіння (а) та переріз призми (б) перед відвалом бульдозера**

Тривалість циклу видалення маси дорівнює:

$$t_u = \frac{2l}{v_p + v_x} + 2t_c + t_0, \quad (2.3)$$

де  $l$  – відстань видалення і транспортування маси, м;

$v_p$  – робоча швидкість руху трактора, м/с;

$v_x$  – швидкість холостого ходу трактора, м/с;

$t_c$  – час переключення передач,  $t_c$  – 4-5 с;

$t_0$  – час підйому і опускання відвалу,  $t_0$  – 1-2 с.

$$t_u = \frac{2 \cdot 84}{5 + 7} + 10 + 4 = 28, \text{ с}$$

У лопаті ковшового типу об'єм маси, що переміщується, збільшується на об'єм ковша. Такі відвали обладнані фронтальними важільними навантажувачами.

З урахуванням геометричних розмірів відвала бульдозера і кута природного нахилу маси масу  $G_{np}$  (кг) призми волочіння можна з достатньою точністю визначити за формулою:

$$G_{np} = \frac{\rho L B h_{cep}}{\text{tg} \varphi_0}, \quad (2.4)$$

а площу  $F_h$  ( $\text{м}^2$ ) вертикального перерізу шару маси перед лопатою бульдозера:

$$F_h = h_{\text{сер}} b_0 \sin \varphi_0, \quad (2.5)$$

де  $h_{\text{сер}}$  – середня товщина шару маси; м

$b_0$  – частина довжини ножа, яка працює, м;

$\varphi_0$  – кут повороту відвала в горизонтальній площині, град.

$$G_{\text{пр}} = \frac{550 \cdot 4 \cdot 0,75 \cdot 0,3}{0,577} = 857,88 \quad \text{кг}$$

$$F_h = 0,33 \cdot 2 \cdot 0,5 = 0,33 \quad \text{м}^2$$

Під час роботи очисника гнойових каналів важливо стежити за рівномірністю навантажень на робочі органи та уникати різких рухів і зіткнень з елементами будівель і споруд.

Для очисника кормового столу передбачено щоденне та періодичне технічне обслуговування (ТО-1). Щоденне обслуговування включає очищення від залишків корму, перевірку цілісності конструктивних елементів, контроль відсутності течі в гідросистемі та змащування поверхонь тертя. ТО-1 додатково передбачає підтягання елементів конструкції, заміну зношених деталей, змащування і фарбування поверхонь.

Технічне обслуговування передбачає щоденне обслуговування, ТО-1 після 75-90 годин роботи та ТО-2 після 270-300 годин. Щоденне ТО включає перевірку стану і кріплення деталей, тиск у шинах, справність систем гальмування, поворотників, освітлення;

ТО-1 додатково охоплює перевірку ходової частини, конвеєрів, приводів живильника, бітерів, гальм, електрообладнання, змащування підшипників згідно з таблицею мастила.

ТО-2 включає перевірку привідних ланцюгів, заміну мастила у редукторах, перевірку стану деталей коліс і підшипників, регулювання карданного з'єднання.

Важливим є правильне регулювання східних кутів передніх коліс живильника за допомогою вимірювань розсувної лінійки між колесами спереду і ззаду, з дотриманням допуску відстані на 1,5-3 мм.

Приводні стрічки конвеєрів натягуються гвинтами, при цьому рух лівого вала є веденим, а правого — ведучим.

Регулювання гальмівного циліндра здійснюється зміною довжини штовхача, при цьому зазор між штовхачем і поршнем має становити 2-3 мм.

Дотримання цих процедур є необхідним для безпечної та надійної експлуатації обладнання.

Порівняльні експериментальні дослідження показали, що

- Скреперна установка УСГ-7
  - ширина захвату - 3,3 м
  - швидкість руху – 0,15 м/с
  - швидкість прибирання гнойового проходу (96 м) – 29 хв
  - сукупні витрати ресурсів на очищення проходу – 2,4 кВт\*год електроенергії (25 грн)
  - чистота поверхні – 87%
- Гноєприбирач на базі мобільного енергозасобу
  - ширина захвату - 2,4 м
  - швидкість руху – 2,2-2,5 м/с
  - швидкість прибирання гнойового проходу (108 м) – 45 с (0,75 хв)
  - сукупні витрати ресурсів на очищення проходу – 0,3 л дизпалива (18 грн)
  - чистота поверхні – 95%

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Усі громадяни нашої держави мають конституційне право на захист свого життя і здоров'я під час виконання трудової діяльності. Це закріплено в Законі України «Про охорону праці», прийнятому Верховною Радою України 14 жовтня 1992 р.. Дія закону поширюється на всі підприємства, установи та організації незалежно від форми власності.

Машини та обладнання для видалення гною повинні відповідати вимогам безпеки праці . Робочі органи, які можуть забиватися технологічними матеріалами або сторонніми включеннями, повинні бути легкодоступними для очищення та оснащені засобами зупинки, автоматичного відключення, реверсування або захисту, що виключає самовільне ввімкнення чи вимкнення.

Якщо пристрої та системи, що є джерелом небезпеки, не можуть бути відгороджені, мають бути розроблені додаткові організаційні та технічні заходи безпеки, які зазначаються в експлуатаційній документації згідно з ДНАОП України (ГОСТ 2.607-72).

Розташування механізмів змащення повинно забезпечувати вільний, але безпечний доступ. Важкодоступні місця оснащують централізованим або сезонним змащуванням.

Загальні вимоги до електробезпеки встановлені ДНАОП України (ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.1.009-76).

Продуктивність та захист електроприводу, а також обладнання враховують кліматичні умови відповідно до ДНАОП України (ГОСТ 14254-80, ГОСТ 14255-69, ГОСТ 15150-69, ГОСТ 15543-70, ГОСТ 19348-74).

Комплектні щити керування електроприводом повинні відповідати вимогам безпеки за ДНАОП України (ГОСТ 12.2.007.7-75, ГОСТ 22789-77).

Двері щитів мають бути обладнані замками, які не дозволяють відчиняти їх без ключа. Вимоги до заземлення та повітря в робочій зоні операторів регламентуються ДНАОП України (ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 21130-75, ГОСТ 10434-76, ГОСТ 12.1.005-76).

Граничний рівень шуму на робочих місцях встановлений за ДНАОП України (ГОСТ 12.1.003-76).

На електрообладнанні щитів повинні бути попереджувальні знаки "Обережно!", "електронна напруга!", згідно з ДНАОП України (ГОСТ 12.4.026-76, ГОСТ 12.4.027-76).

Попереджувальні знаки на конвеєрах і гноєочисниках з натяжними пристроями: «забороняється вмикати конвеєр при відсутності навантаження на натяжний пристрій!» та «забороняється від'єднувати ланцюг при навантаженні натяжного пристрою не знімається». Ці написи розміщують на корпусах виробів або захисних кришках згідно з технічними вимогами.

Обладнання для транспортування гною, що містить рідкі фракції, повинне бути герметичним.

Поворотні зірочки скребкового транспортера мають бути обладнані щитками, які легко відкриваються.

Слюсарний інструмент під час монтажних робіт слід використовувати тільки за призначенням. Ударні, натискні та ріжучі інструменти (молотки, кувалди тощо) повинні мати надійно укріплені ручки. Ручний інструмент для різання металу повинен відповідати наступним вимогам:

- не мати пошкоджень на робочому кінці;
- не мати гострих країв на бічних гранях;

Таблиця 3.1. - ЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕК

Вид робіт виробн. підрозділ, виробниче обладнання	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечних ситуацій
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
1. Прибирання гною (УСГ-7)	1.1. Незакриті скребки (НУ)	Наступання на скребок (НД)	Зіскочила нога (НС <sub>1</sub> ) Попадання під скребок (НС <sub>2</sub> )	Травма	Розробити конструкцію захисної сітки
Модель процесу: НУ → НД → НС <sub>1</sub> → НС <sub>2</sub> → Т					

	1.2. Незакриті поворотні зірочки (НУ)	Очищення скребка і зірочок від навозу( НД)	Затягнуло звичайний одяг між зірочкою та ланцюгом (НС)	Травма	Поставити захисні кожухи на поворотні зірочки
Модель процесу: НУ→НД→НС→Т					
2. Транспортування гною до гноесховища (МТЗ-82+2ПТС-4)	2.1.Причипний пристрій трактора не має страховального ланцюга (НУ <sub>1</sub> ) Дорога, по якій рухається транспортний агрегат має вибоєни (НУ <sub>2</sub> )	Водій з'єднав трактор з причепом стержнем без шплінта (НД <sub>1</sub> ) Агрегат рухається з підвищеною швидкістю (НД <sub>2</sub> )	Від коливань випав стержень з отвору з'єднання (НС <sub>1</sub> ) Причеп від'єднався і виїхав на зустріч-ному транспорту (НС <sub>2</sub> ) Зіткнувся з зустрічним транспортним засобом (НС <sub>3</sub> )	Аварія Травма	Усі трактори, що застосовуються на транспортних роботах повинні бути обладнанні дублюючим з'єднувальним страховальним пристроєм

НУ<sub>2</sub>

Модель процесу:

НУ<sub>1</sub>→НС<sub>1</sub>→НС<sub>2</sub>→НС<sub>3</sub>→А→ТНД<sub>1</sub>→↑НД<sub>2</sub>

	<p>2.2. На тракторі, зпрацьовані ґрунто зачіпи ведучих коліс по наддопустимі норми (НУ<sub>1</sub>) На узбіччі до роги глибокий кювет, заглиблення (НУ<sub>2</sub>) Слизька доро-га (НУ<sub>3</sub>)</p>	<p>Водій не знизив швидкості на повороті (НД<sub>1</sub>) Різко повернув (НД<sub>2</sub>)</p>	<p>Занос трактору (НС<sub>1</sub>) Сповзан-ня його у кювет (НС<sub>2</sub>) Перекидання трактору (НС<sub>3</sub>)</p>	<p>Аварія Травма</p>	<p>Недопускат и до роботи колісних тракторів з спрацьован ими шипами. Ями біля поворотів повинні бути засипані, а дорога повинна мати бордюри</p>
<p>НУ<sub>2</sub> ↓ Модель процесу: НУ<sub>1</sub>→НС<sub>1</sub>→НС<sub>2</sub>→НС<sub>3</sub>→А→Т НД<sub>1</sub>→ ↑     ↑ НУ<sub>3</sub> НД<sub>2</sub></p>					

## 6. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНИХ РІШЕНЬ

### 5.1 Загальний огляд

Підвищення продуктивності праці в тваринництві і зниження собівартості продукції можливі насамперед за рахунок застосування прогресивних методів організації праці і комплексної механізації виробничих процесів на тваринницьких фермах.

В економічній частині проекту дається оцінка експлуатаційних витрат на видалення гною.

### 5.2 Техніко-економічна характеристика

#### 5.2.1. Капітальні вкладення.

Капітальні вкладення в обладнання визначаються за формулою:

$$K = Ц \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (5.1)$$

де  $k_1$  – коефіцієнт, враховуючий затрати на монтаж машини,  $k_1 = 1,15 \dots 1,2$ ;

$k_2$  - коефіцієнт, що враховує торгово-транспортні і складські витрати,  $k_2 = 1,11$ ;

$Ц$  – оптова ціна машини.

Оптова ціна машин та обладнання визначається вартістю 1 кг металоконструкцій.

За даними Новоград-Волинського заводу сільськогосподарського машинобудування, типового для виробництва обладнання для механізації тваринництва, собівартість 1 кг оброблених металоконструкцій становить 6,1 грн/кг.

За базовий варіант візьмемо гноєприбиральну установку УСГ-3, яка має наступні дані.

Технічна характеристика

Тип установки	Стаціонарний
Ширина захвату, м	1,8-3,0

Встановлена потужність, кВт	1,1
Довжина контуру, м	170
Розмір гнойового каналу, мм: - ширина	1800-3000
- глибина	200
Швидкість робочого органу, м/хв	5,1
Строк служби, років	7
Обслуговуючий персонал, люд.	1
Кількість поголів'я худоби, що обслуговується	80-120
Передаточне число редуктора	229
Маса, кг	1150

Розроблюваний варіант має аналогічні дані.

Вартість металоконструкції, виходячи з питомої вартості металу становить:

базового -  $C_1 = 1150 \cdot 30,5 = 35075$  грн.

розроблюваного -  $C_2 = 1100 \cdot 30,5 = 33550$  грн.

Тоді

$K_1 = 11132,5 \cdot 1,2 \cdot 1,11 = 46720$  грн.

$K_2 = 11132,5 \cdot 1,2 \cdot 1,11 = 44689$  грн.

### 5.2.2. Річний наробіток гноєприбиральної установки.

Річний об'єм робіт, який повинен виконати гноєприбиральний транспортер, визначаємо за формулою:

$$Q_p = T \cdot Q_{\text{доб}} \quad (5.2)$$

де  $Q_{\text{доб}}$  - добова норма видалення гною, т .

$T$  - число днів роботи машини , днів ,

$T = 365$  днів.

$$Q_p = 365 \cdot 8 = 2920 \text{ т}$$

Визначаємо затрати на оплату праці:

Питомі затрати праці:

$$Z_{\text{оп.п}} = l_{\text{г}} \cdot T \cdot m \cdot t \quad (5.3)$$

де  $l_{\text{г}}$  - година тарифна ставка механізатора в сільському господарстві,  $l_{\text{г}} = 11$  грн/год.

$T$  – число робочих днів в рік;

$t$  -- тривалість роботи, год;

$m$  – число робітників, що обслуговують машину,  $m = 1$  чол.

$$Z_{\text{оп.п.1}} = 11 \cdot 365 \cdot 2,22 \cdot 1 = 8913 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{оп.п.2}} = 11 \cdot 365 \cdot 1,8 \cdot 1 = 7227 \text{ грн.}$$

#### 5.2.4. Відрахування на амортизацію і ремонт.

Норма відрахувань у вигляді коефіцієнтів складає :

- на амортизацію  $a = 0,166$ ;

- на ремонт  $p = 0,13$ .

$$Z_{\text{аір}} = K \cdot (a + p) \quad (5.4)$$

де  $Z_{\text{аір}}$  - сума відрахувань на амортизацію та ремонт.

$$Z_{\text{аір1}} = 46720 \cdot (0,166 + 0,13) = 13830 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{аір2}} = 44689 \cdot (0,166 + 0,13) = 13228 \text{ грн.}$$

Затрати на електроенергію.

Визначаємо затрати на електроенергію, що споживається:

$$Z_{\text{е}} = C_{\text{е}} \cdot P_{\text{е}} \cdot Q_{\text{р}} \quad (5.5)$$

де  $C_{\text{е}}$  - ціна 1 кВт.-год. електроенергії,  $C_{\text{е}} = 0,56$  грн/кВт

$P_{\text{е}}$  - питома витрата електроенергії, кВт·год/т;  $P_{\text{е}} = (N \cdot t) / Q_{\text{доб}}$ ;

$Q_{\text{р}}$  - річний об'єм роботи, т.

Визначаємо питомі витрати електроенергії:

$$P_{\text{е1}} = (1,1 \cdot 2,22) / 8 = 0,31 \text{ кВт·год / т;}$$

$$P_{\text{е2}} = (1,1 \cdot 1,8) / 8 = 0,25 \text{ кВт·год / т.}$$

Тоді затрати на електроенергію:

$$Z_{\text{е1}} = 0,56 \cdot 0,31 \cdot 2920 = 507 \text{ грн.}$$

$$Z_{e2} = 0,56 \cdot 0,25 \cdot 2920 = 409 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні затрати.

Експлуатаційні витрати розраховуємо за формулою:

$$Z = Z_{оп} + Z_{аір} + Z_e \quad (5.6)$$

$$Z_1 = 8913 + 13830 + 507 = 23250 \text{ грн.}$$

$$Z_2 = 7227 + 13228 + 409 = 20864 \text{ грн.}$$

Розраховуємо зниження експлуатаційних витрат:

$$23250 - 20864 = 2566 \text{ грн.}$$

5.2.7. Експлуатаційні витрати на видалення 1 т навозу.

Експлуатаційні витрати на видалення 1 т навозу визначаємо за формулою:

$$C = Z : Q_p, \text{ грн/т} \quad (5.7)$$

$$C_1 = 23250 : 2920 = 8 \text{ грн/т}$$

$$C_2 = 20684 : 2920 = 7,1 \text{ грн/т}$$

Ступінь зниження експлуатаційних затрат.

Даний показник визначаємо із залежності:

$$(C_1 - C_2) : C_1 \cdot 100\% = (8 - 7,1) : 8 \cdot 100 = 11,25 \% \quad (5.8)$$

Річна економія експлуатаційних затрат.

Річна економія експлуатаційних затрат становить:

$$E_k = (C_1 - C_2) \cdot Q_p \quad (5.9)$$

$$E_k = (8 - 7,1) \cdot 2920 = 2628 \text{ грн.}$$

Річні приведені затрати.

Річні приведені затрати визначаємо за формулою:

$$П = Z + E_n \cdot K \quad (5.10)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності,  $E_n = 0,15$ ;

$$П_1 = 46720 \cdot 0,15 + 23250 = 30258 \text{ грн.}$$

$$П_2 = 44689 \cdot 0,15 + 20684 = 27387 \text{ грн.}$$

5.2.11. Приведені затрати на одиницю продукції.

Визначаємо приведені затрати на одиницю продукції за формулою:

$$П' = П : Q_p \quad (5.11)$$

$$\Pi 1 = 30258 : 2920 = 10,36 \text{ грн/т}$$

$$\Pi 2 = 27387 : 2920 = 9,38 \text{ грн/т}$$

5.2.12. Річний економічний ефект.

$$\varepsilon_p = \Pi 1 - \Pi 2 = 30258 - 27387 = 2871 \text{ грн.}$$

5.2.13. Економічний ефект від використання за період використання.

$$\varepsilon_v = \varepsilon_p : (a + E_p) = 2871 : (0,166 + 0,15) = 9085 \text{ грн.} \quad (5.12)$$

В табл. 5.1 приведені дані по економічній ефективності проекту.

Таблиця.5.1. - Економічна ефективність проекту

Назва показника	Існуюча машина	Розробл ювана машин
Річний об'єм видалення гною, т	2920	2920
Капіталовкладення, грн.	46720	44689
Затрати на видалення 1 т гною:		
- праці, люд./год	0,37	0,30
експлуатаційні, грн.	8,0	7,1
приведені, грн	10,36	9,38
Економія:		
праці, люд/год		111
експлуатаційних затрат, грн.		2628
Річний економічний ефект, грн.		2871

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Результати господарської діяльності господарства за 2020-2024 рр.
2. Брагінець М.В., Ревенко І.І, Бахарев Д.Н. и др. Курсовое и дипломное проектирование по машиноиспользованию в животноводстве, автоматизации ферм и перерабатывающих предприятий. - Луганск Элтон-2, 2012. – 451с.
3. І.М. Бендера, В.П. Лаврук, С.В. Єрмаков та ін. Проектування механізованих технологічних процесів у тваринництві. - Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин, 2011. – 564с.
4. Науменко О.А. Бойко І.Г., Грідасов В.І., Дзюба А.І. та ін.. - Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – 428с.
5. Бондаревська К.В. Тенденції розвитку аграрного сектору економіки України. Економіка АПК. 2014. № 11. С. 36—42.
6. Дані бухгалтерсько-економічного відділу виробничо-економічної діяльності господарства. – 2021. – 21с.
7. Лопатинський Ю.М. Трансформація сільського господарства та села: ювілейний збірник наукових статей. За ред. Ю.Е. Губені. Л.: ЛНАУ. 2010. 420 с.
8. Онищенко О.М., Юрчишин В.В. Сільське господарство, село і селянство України у дзеркалі пострадянської аграрної політики. Економіка України. 2006. № 1. С. 4—14.
9. Palei T. Assessing the Impact of Infrastructure on Economic Growth and Global Competitiveness. In: Procedia Economics and Finance. 2015. 23. P. 168—175.
10. Степанюк О. Тваринництво в Україні — відродження чи занепад? Агробізнес сьогодні. 2012. № 11. С. 40—43.
11. Сільське господарство України 2010: статистичний збірник. К.: Державна служба статистики України, 2011. 384 с.
12. Сільське господарство України 2018: статистичний збірник. К.: Державна служба статистики України, 2019. 235 с.
13. Сільське господарство України 2019: статистичний збірник. К.: Державна служба статистики України, 2020. 221 с. URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2020/zb/05/zb\\_tvaryny\\_2019.pdf](http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/05/zb_tvaryny_2019.pdf)
14. Стан тваринництва в Україні у 2010 році: статистичний бюлетень. К.: Державна служба статистики України, 2011. 33 с.
15. Тваринництво України 2019: статистичний збірник. К.: Державна служба статистики України, 2020. 157 с.
16. Tilman D, Fargione J, et al. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. Science. 292: 281—284.
17. 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.
18. Машини та обладнання для тваринництва. І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.С. Хмельовський. – К.: ТОВ «ЦП Компрінт», 2018. 567.
19. 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.

20. 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.

21. Алимов О.Д., Манжосов В.К., Мамасаидов М.Т. Теория вертикальных шнековых механизмов.- Фрунзе.: Издательство Илим, 1978. 162 с.

22. Проектування технологічних процесів у тваринництві. І.І. Ревенко, В.С. Хмельовський, О.О. Заболотько та ін. – Київ: ТОВ «ЦП Компрінт», 2018. 289 с.

23. 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.

24. Механізація виробництва продукції тваринництва / І.І. Ревенко, Г.М. Кукта, В.М. Манько та ін. ; За ред. І.І. Ревенка.-К.: Урожай, 1994. - 264 с.

25. Машини і обладнання для тваринництва. Ревенко І.І., Хмельовський В.С., Заболотько О.О. та ін. – Ніжин, ПП Лисенко М.М. 2017. 304 с.

26. Войтюк В.Д., Мельник І.І., Гречкосій В.Д. Експлуатація машин у рослинництві. Ніжин.: «Міланік-Дизайн». – 2009. – 320 с.

27. Яснецкий В.А., Єрмоленко В.О., Гарькавий А.Д. Зниження енергозатрат у тваринництві. – К.: Урожай, 1989.- 136с.

28. Ревенко І.І., Роговий В.Д., Кравчук В.І., Манько В.М., Чос М.М., „Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств. - К.: Урожай, 1999. - 200 с.

29. Ревенко І.І., Манько В.М., Кравчук В.І., Машиновикористання у тваринництві. - К.: Урожай, 1999. - 208 с.

30. Ревенко І.І., Мозоленко Є.М., Чос М.М., Посібник майстра-налагодчика обладнання тваринницьких ферм і комплексів. - К.: Урожай, 1992. - 264 с.

31. Затхей Б.І., Довідник слюсаря-налагодчика обладнання тваринницьких ферм і комплекті. – Львів.: Каменяр, 1984. - 160 с.

32. Основи експлуатації машинно-тракторного парку. Демидко М.О., Мельник І.І., Бондар С.М. - Ніжин.: АСПЕКТ – Поліграф, 2006. – 180 с.

33. 29. Експлуатація машин у рослинництві. Войтюк В.Д., Мельник І.І., Гречкосій В.Д. - Ніжин.: «Міланік-Дизайн», 2009. 320 с.

34. [www.minagro.kiev.ua](http://www.minagro.kiev.ua).

35. [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua)

36. Ревенко І.І., Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва. - К.: Урожай, 1994. - 288 с.

37. 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.

38. Войналович О.В. Охорона праці у сільському господарстві. / Войналович О.В., Марчишина Є.І. / – К.: Видавництво «Основа», 2014. 176 с.
39. Монтаж і пусконаладження фермської техніки / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.Д. Роговий та ін. ; За ред. І.І. Ревенка. - К.: Кондор, 2004. 400 с.
40. Звіт економічного відділу СТОВ «Зоря» с. Дубіївка, 2021. 23 с.
41. Погорілець О.М., Волянський М.С., Войтюк В.Д. Гідропривід сільськогосподарської техніки. – К.: Вища освіта, 2004, - 368 с.
42. Машини та обладнання для тваринництва. І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. – К.: Кондор, 2009. - 730 с.
43. Машини та обладнання для тваринництва. Посібник-практикум. І.І.Ревенко, О.О.Заболотько та ін. - К.: Кондор, 2012. – 564 с.
44. Войналович О.В. Охорона праці у сільському господарстві. / Войналович О.В., Марчишина Є.І. / – К.: Видавництво «Основа», 2014. 176 с.
45. 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.
46. Богданов Г.А. Кормление сельскохозяйственных животных. – К.: Агропромиздат, 1990. 624 с.
47. 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.
48. 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.
49. Машини та обладнання для тваринництва. Ревенко І.І., Брагінець М.В., Ребенко В.І. – К.: Кондор, 2009. 730 с.
50. Теорія та розрахунок машин для тваринництва(за редакцією І.Г. Бойка. - Харків: ХДТУ, 2002. – 216 с.
51. Супіханов Б.К. Підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарського виробництва в умовах підготовки вступу до СОТ. // Економіка АПК № 5 2007 - с. 44-49.
52. Монтаж і пусконаладження фермської техніки / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.Д. Роговий та ін. ; За ред. І.І. Ревенка. -К.: Кондор, 2004. - 400 с.