

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

УДК 631.364.1

ЧЕРНОУС МИКОЛА ВАСИЛЬОВИЧ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПРОЄКТ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ СВИНОВІДГОДІВЕЛЬНОЇ
ФЕРМИ З РОЗРОБКОЮ НАСОСА-ЗАВАНТАЖУВАЧА
НАПВРІДКОГО ГНОЮ**

(тема роботи)

208 «Агроінженерія»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело _____

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Сукманюк Олена Миколаївна
(прізвище, ім'я, по батькові)
к.і.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Чорноус М.В. Проєкт комплексної механізації свиновідгодівельної ферми з розробкою насоса-завантажувача напіврідкого гною. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

В даній кваліфікаційній роботі обґрунтовано технологію і механізацію виробничих процесів свиновідгодівельної ферми; підібрано машини та обладнання для технологічної лінії видалення гною, а також проведено їх розрахунок. Розроблено конструкцію завантажувального насосу для напіврідкого гною. Визначено техніко-економічну оцінку конструкторської розробки.

Ключові слова: *ферма, насос-завантажувач, видалення гною.*

ABSTRACT

Chernous M.V. The project of complex mechanization of a pig-feeding farm with the development of a pump-loader of semi-liquid manure. Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 208 - Agroengineering. - Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

In this qualification work, the technology and mechanization of the production processes of the pig fattening farm are substantiated; machines and equipment for the technological line of manure removal were selected, and their calculation was carried out. The design of the loading pump for semi-liquid manure has been developed. The technical and economic evaluation of the design development was determined.

Key words: *farm, pump-loader, manure removal.*

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ І ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ В СВИНАРСТВІ	6
1.1. Обґрунтування, розрахунок структури стада	6
1.2. Обґрунтування способу утримання тварин	8
1.3. Висновки по розділу	12
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, ОГЛЯД ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ	13
2.1. Аналіз існуючих конструкцій і обладнання для видалення та транспортування гною	13
2.2. Процес роботи та будова насосу	19
2.3. Розрахунок лінії видалення та транспортування гною	19
2.4. Висновки по розділу	25
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА КОНСТРУКТОРСЬКОЇ РОЗРОБКИ	26
ВИСНОВКИ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	29

ВСТУП

Сільське господарство – це галузь, яка охоплює весь агропромисловий сектор. Особливий вплив на виробництво спричиняє ґрунтово-кліматичні умови. До них відносяться: освоєння нових технологій, організація нових форм праці на виробництві, матеріально-технічна база сільського господарства, виведення нових порід тварин, вирощування нового врожаю та ін.

На даний час економіка нашої країни переживає складні часи. Потреба населення у харчуванні вітчизняного виробництва задовольняється у недостатній кількості.

Через коливання цін на товари сільськогосподарського виробництва товаровиробники отримують лише до 30 % доходу від своєї продукції, незважаючи на те що, витрати становлять до 70 %. Різко погіршилася матеріально-технічна база сільського господарства. Майже близько 70% техніки вже виробило свої ресурси.

У сільському господарстві багато галузей, але галузь тваринництва заслуговує на особливу увагу, вимагає впровадження комплексної механізації.

«Свинарство для України поряд з молочно-м'ясним скотарством – є традиційною галуззю тваринництва. У загальній структурі виробництва м'яса по всіх категоріях господарств свинина займає друге місце (35,8%) після яловичини і телятини». [1]

Завдяки новій системі машин відбувається зниження трудомісткості робіт майже вдвічі, а витрати з експлуатації майже 50 %[1].

Системою машин передбачені уніфіковані скреперні та скребкові установки, що забезпечують очищення від гною поздовжніх та поперечних каналів, нові технології підготовки високоякісних органічних добрив, засобів для навантаження, транспортування та знезараження гною.

Механізація у тваринництві є технічною основою, що складається з системи комплексу машин. Зараз на тваринницьких фермах, як правило, мало використовуються окремі машини, переважно комплекти обладнання, які встановлюють у потокові технологічні лінії, автоматизовані та механізовані процеси на фермі.

Тому дана кваліфікаційна робота, присвячена питанню механізації поточкових технологічних ліній на свиновідгодівельній фермі.

Мета кваліфікаційної роботи – зниження собівартості виробництва м'яса свиней.

Об'єктом розробки є свиновідгодівельна ферма на 1000 голів.

Предмет розробки – конструкція насосу-завантажувача напіврідкого гною.

Для виконання даної мети було вирішено такі завдання:

- обґрунтувати технологію і механізацію виробничих процесів свиновідгодівельної ферми;
- підібрати машини та обладнання для технологічних ліній і провести їх розрахунок;
- розробити конструкцію насосу-завантажувача напіврідкого гною;
- визначити техніко-економічну оцінку конструкторської розробки.

Публікації:

Черноус М.В. Способи видалення гною з ферми. Студентські наукові читання : збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 20 березня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С.120-122.

Черноус М.В. Обґрунтування способу утримання тварин. Наукові читання – 2024: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 20 травня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 85-89.

Обсяг та структура роботи. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 31 сторінках машинописного тексту, містить 12 рисунків та 5 таблиць, списку використаних джерел з 16 найменувань.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ І ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ В СВИНАРСТВІ

1.1. Обґрунтування, розрахунок структури стада

ТОВ «ДФУ Агро» Житомирської області спеціалізується на виробництві м'яса свиней, молока та м'яса великої рогатої худоби. Головна галузь – тваринництво, молочно-м'ясне напрямки, скотарство. Стадо розміщується у двох корівниках та п'яти свинарника Додаткова галузь – зернове виробництво. Розмір стада та його структура подана у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Склад стада

Показники	2021	2022	2023	Відхилення 2023 від 2021
Велика рогата худоба - всього	320	350	360	+40
в тому числі:				
корови	210	220	200	-10
нетелі	110	130	160	+50
Свині – всього	3900	4100	4300	+400
в тому числі:				
кнурі	4	8	10	+6
основні свиноматки	100	130	145	+45
на відгодівлі	3796	3962	4145	+349

У ТОВ «ДФУ Агро» стадо великої рогатої худоби голів складає 360 голів, це вище за рівень 2021 року на 40 голів. Кількість корів у стаді ВРХ становить 200 голів, що нижче порівняно з 2022 роком на 10 голів, нетелі становлять 160 голів, що вище, ніж у 2021 році на 50 голів. Зниження поголів'я було пов'язане з реконструкцією тваринницького комплексу, збільшенням молодняку великої рогатої худоби пов'язані з відновленням основного стада.

Таблиця 1.2 – Основні показники у тваринництві

Показники	2021	2022	2023	Відхилення 2023 від 2021
Річний надій від корови, кг	3700	3800	4200	+500
Середньодобовий приріст, гр.	380	430	460	+80

Як видно з таблиці 1.2 у господарстві ведеться активна робота з підвищення річного надою від однієї корови та за останні 3 роки збільшення надою становило 500 кг, при цьому виросло середньодобове приріст молодняку з 380 гр. в 2021 до 460 гр. 2023 року.

Рослинництво

ТОВ «ДФУ Агро» крім вирощування ВРХ та свиней займається вирощуванням зерна та зернових культур, такі як ярі, сіно та зелену масу. Ця ферма приділяє значну увагу з обробітку даних культур. У таблиці 1.3 наведені дані, які показують найбільш повну картину рослинництва.

У ній є дані про валові збори цієї продукції.

Дані таблиці 1.3 свідчать, що за останні три роки не спостерігається тенденції до зміни асортименту.

Таблиця 1.3. – Валовий збір продукції рослинництва, т

Продукція	2021	2022	2023
Зернові	580,5	688,5	604,2
в тому числі: ярі	508,5	688,5	604,2
сіно	470,2	515,0	425,2
зелена маса	520,3	630,0	632,2

Ефективність використання земельних угідь, а також ефективність роботи галузі рослинництва загалом можна оцінити на основі аналізу урожайностей оброблюваних культур. Врожайність оброблюваних сільськогосподарських культур за останні п'ять років наведено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Урожайність сільськогосподарських культур, ц/га

Продукція	2021	2022	2023
Зернові	20,4	23,8	24,2
Сінокоси: на сіно	15,3	16,6	15,2
на зелену масу	124,5	125,7	124,4

Дані таблиці 1.4 показують, що врожайність культур у господарстві невисока, а також спостерігається значне коливання врожайності культур по роках. У господарстві необхідно впровадити комплекс агротехнічних та організаційних заходів для підвищення врожайності культур. На урожайність впливають погодно-кліматичні умови, а також комплекс заходів, виконаних з метою формування та отримання більш високих урожаїв таких, як снігозатримання, боронування посівів, внесення добрив тощо. У зв'язку з важким фінансовим становищем у господарстві в останні роки значно

скоротився обсяг мінеральних добрив, що значною мірою позначається на врожайності культур.

1.2 Обґрунтування способу утримання тварин

При виробництві свинини повинні використовуватися високоефективні технології та технічні засоби для утримання свиней, для створення та забезпечення мікроклімату в приміщеннях свинарників та в інших виробничих будівлях, напування та годування свиней, видалення та транспортування гною з дотриманням нормативних правил з охорони навколишнього середовища та усунення забруднення водного та повітряного басейнів, а також ґрунту відходами та газоподібними викидами.

Поряд із створенням високоефективних технологій виробництва свинини необхідні нові пріоритетні технічні засоби для комплексної механізації та автоматизації виробництва свинини.

«У свинарстві застосовують дві основні системи утримання свиней: вигульна та безвигульна. Безвигульна система утримання найбільш поширена у великих свинарських господарствах. При даній системі тварини від народження до реалізації знаходяться у приміщеннях в індивідуальних, або групових станках» [3].

Поголів'я свиней міститься технологічними групами в ізольованих секціях в індивідуальних та групових станках (рис. 1.1). В індивідуальних станках містяться кнурі, свиноматки 1-го періоду поросності, важкосупорні та підсосні свиноматки. Оскільки практикується ранній (на 20-21-й день) та середній (на 28-35-й день) відлучення свиноматок від порослят-сосунів, конструкція станка відрізняється від колишніх типових. Вони менші за габаритами. Розміри їх за шириною становлять 1,7-1,8 м, а за довжиною – 2,4-2,6 м. Площа одного станка становить 4,1-4,7 м².

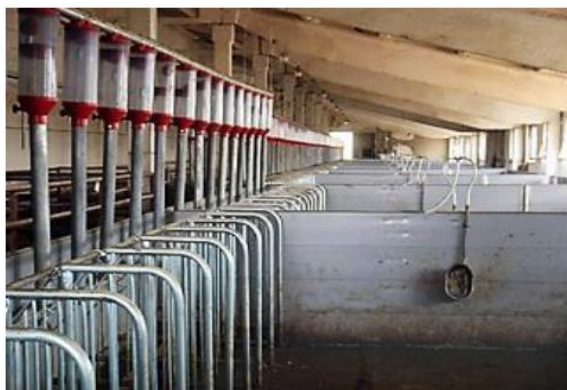


Рисунок 1.1. Станки для утримання поросних свиноматок

Свиноматки, ремонтні та поросні 2-го періоду містяться дрібногруповим способом у групових станка не більше 15 голів. Для забезпечення доступу свиноматок до корму у годівниці останніх розміщують із розрахунку одне кормомісце для однієї свиноматки. Перегородки ділять годівницю і частину станка або наполовину тулуба свиноматок, або одну третину його. Створюється «комбібокс», у якому свиноматка може не лише поїдати корм, а й індивідуально відпочивати.

Комплектація сектора: соскова напувалка; чашкова напувалка для поросят; годівниця для поросят, що причіплюється до ґрат; дозатор подачі корму бл + труба 2м; пластикова перегородка; опромінювач; обігрівальна плита + блок керування; випромінювач (рис. 1.2).



Рисунок 1.2. Станки для утримання свиноматок з поросятами

Сектор виконаний з пустотілого пластику, всередині встановлений станок свиноматки та місце для поросят. Свиноматку переводять у сектор за 1 тиждень до опоросу та тримають там 4 тижні після опоросу (період лактації) з поросятами. Створено сприятливі умови для утримання поросят – встановлюється місце з мікрокліматом (для обігріву – плита та інфрачервона лампа), окремою чашковою напувалкою з нержавіючої сталі та годівницею для привчання поросят до сухих кормів.

Станок запобігає тисненню поросят свиноматкою на 95%.

Індивідуальне годування та напування.

Підлога комбінована: пластикові та чавунні решітки.

Позаду даних індивідуальних боксів знаходиться вільна частина станка для проходу свиноматок для відпочинку. Крім того, навпроти кормових боксів і іншому краю станка облаштовується зона дефекації, підлога якої нижче на 8-10 см. Усі перегородки станка виконані суцільними, крім бічних у зоні дефекації. Вони повинні бути решітчастими для контактів із сусідніми свиноматками, і на них мають бути закріплені напувалки. Для такого способу

утримання свиноматок та поросят використовується станкове обладнання ОСМ-Ф-2.

Формування поголів'я в станках для дорощування та відгодівлі за типовими технологіями проводиться за екстер'єром: великі поросята відокремлюються від малих і т. д.

Відгодівля - від 35 до 110 кг.

Результати відгодівлі багато в чому залежать від кількості тварин у групі, впливає на стан їх нервової системи, взаємовідносини та поведінкові реакції. При визначенні виробничих груп слід виходити з того, що найбільш відповідні умови, що забезпечують нормальну життєдіяльність організму, створюються при індивідуальному розміщенні, що вже давно встановлено багатьма дослідженнями (рис. 1.3).



Рисунок 1.3. – Верстат для утримання свиней на відгодівлі

Простіше та надійніше годувати свиней сухими повноцінними комбікормами, використовуючи індивідуальні та групові дозатори та самогодівниці. При годівлі рідкими кормами важко, а часом і неможливо, передбачити для кожного поросят постійне індивідуальне кормове місце.

В базову комплектацію обладнання для сухого типу годування входить бункер для зберігання корму, транспортери та годівниці.

Найпростіші системи для роздачі рідкого корму включають резервуар для змішування корму з мішалкою, що подає насос, кільцевий трубопровід з клапанами для подачі корму. При використанні для приготування рідкого корму борошноподібних або гранульованих кормів застосовуються лопасті великих розмірів, що обертаються ($60-100\text{хв}^{-1}$).

Для роздачі кормів використовуються шайбовий транспортер. Схема транспортування сухих комбікормів наведена на рис. 1.4.

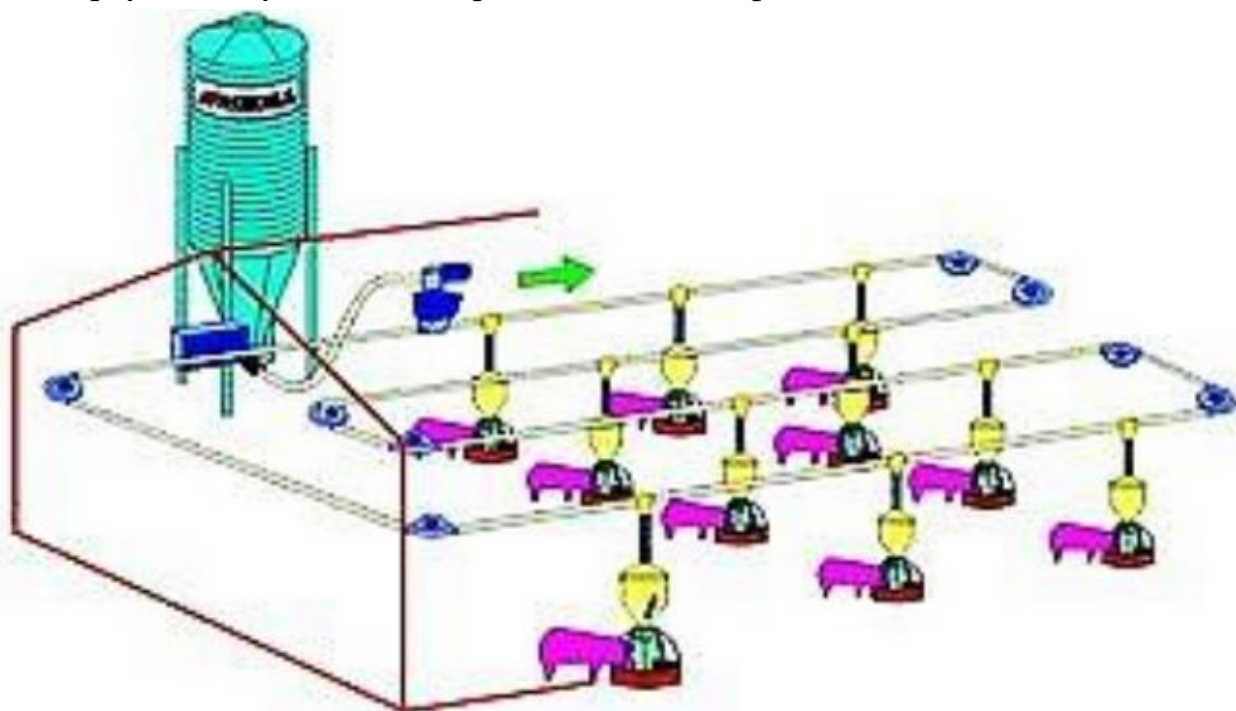


Рисунок 1.4. Типові схема транспортування сухих кормів

На фермі для напування тварин використовуються ніпельні (соскові) ПБС-1А напувалкам у порівнянні з чашковими. Чашкові ж напувалки використовуються для поросят при дорощуванні, їм простіше звикнути до таких напувалок. Виготовляють їх із нержавіючої сталі. Чашкові напувалки виготовляють з нержавіючої сталі або чавуну Farma 105.

Гноєвидалення у свинарниках

“Системи гноєвидалення впливають на мікроклімат свинарнику. Встановлення системи гноєвидалення сприяє зниженню захворюваності тварин і збільшення ефективності виробництва підприємства. Система гноєвидалення - життєва необхідність. Гній на свинофермах видаляють через щільні підлоги у двох варіантах, із застосуванням скребкового транспортера ТС-1 та гідросливом” [6, 7].

Установки УСН-8 та ТС-1 завдяки великій довжині можуть збирати гній з двох або більше тваринних приміщень. В даному випадку ділянки каналу між приміщеннями мають бути надійно утеплені на зимовий період. Крім того, необхідно передбачити подачу всередину каналів теплого повітря із тваринницького приміщення або від калориферу для запобігання замерзанню в них маси. Транспортувати гній вологістю 76-91% за межі території ферми чи комплексу у гноєсховищі доцільно за допомогою установок УТН-10.

Для обслуговування та ремонту установок встановлюють їх вище за нульову позначку. «Для подачі гною з приямка поперечного колектора в горловину насоса використовуються похилі транспортери типу ТСН при підстилковому утриманні тварин, а при безпідстилковому – шнекові» [6-8] (рис. 1.5).

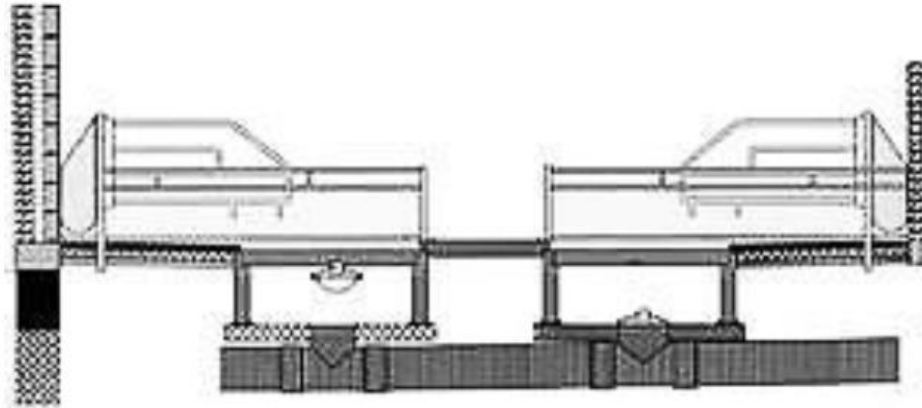


Рисунок 1.5. - Технологічна схема самоспливної системи гноєвидалення

«Сепаратор в автоматизованому процесі поділяє рідкий гній на тверду та рідку фракції. Після сепарування вода використовується як добриво для поливу та суха фракція – компост. Резервуари для гною можуть бути як відкритими, так і закритими, виготовляються із сталі або бетону» [6-8].

1.3. Висновки по розділу

В даному розділі проведено обґрунтування утримання тварин ТОВ «ДФУ Агро» та наведений розрахунок структури стада. Описані способи утримання тварин. Наведені найпростіші системи для роздачі корму, водо напування, забезпечення лінії для видалення гною.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, ОГЛЯД ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ

2.1. Аналіз існуючих конструкцій і обладнання для видалення та транспортування гною

Стаціонарні засоби для видалення гною поділяються на дві групи:

1. Періодичної дії - підвісні дороги, ручні візки;
2. Канатно-скреперні установки.

Скребкові транспортери мають два види руху: кругового і зворотно-поступового. В першому випадку скребкові транспортери значно забезпечують зниження затрат праці, але мають недоліки, як великий об'єм металу, що перевищує зусилля тяги в ланцюгах, відповідно така конструкція буде не надійною.

На відміну від транспортерів кругового руху, скребкові транспортери зворотно-поступального руху мають низку переваг. Найбільша перевага в тому, що гній подається найкоротшим шляхом, через це підвищується експлуатаційна надійність транспортера у зв'язку з тим, що відсутні довгі ланцюги, жорсткого з'єднання скребоків, що забезпечується стійка надійність механізму [3].

Скребковий транспортер ТСН-3Б, має продуктивність до 5,5 т/год відноситься до стаціонарних засобів видалення гною. Складається він із двох транспортерів: один-горизонтальний, другий вертикальний. Транспортери безпосередньо працюють незалежно один від одного. ТСН – 160 (рис. 2.1.), чимось схожий з установкою ТСН – 3Б, але, що стосується роботи, то він більш складний у застосуванні, це через те, що до його складу входить ланцюг круглоланцюговий [4].

Транспортер ТСН – 160 складається з горизонтального та похилого транспортерів, двох приводів, а також до його складу входить натяжний та поворотній пристрій.

Даний вид транспортера використовують практично у всіх корівниках.

Його установка ведеться безпосередньо у каналах, де збирається гній. В свою чергу канали повинні розташовуватися по всьому приміщенню, дуже близько прилягати до стійл і необхідно, щоб вони з'єднувалися в замкнутий контур лише поперечними каналами. Ланцюг починає рухатися, тим самим приводячи скребки в рух і тим самим вони починають транспортування гною в напрямі до транспортера похилого типу, який має два жолоби. Нижня

частина даного транспортера обов'язково повинна розташовуватися внизу приміщення.

Гній транспортується скребками горизонтального транспортера і починає потрапляти на похилий транспортер, точніше в його нижню частину. Верхню частину транспортера розташовують зовні приміщення і необхідно піднімати його над землею, для того, щоб якнайкраще і зручніше розташовувався інший засіб, наприклад, вантажівка чи причіп.

Знову ж таки завдяки дії ланцюга та скребкам похилого транспортеру, гній потихеньку переміщається нагору і скидається до кузова вантажівки чи причепа.

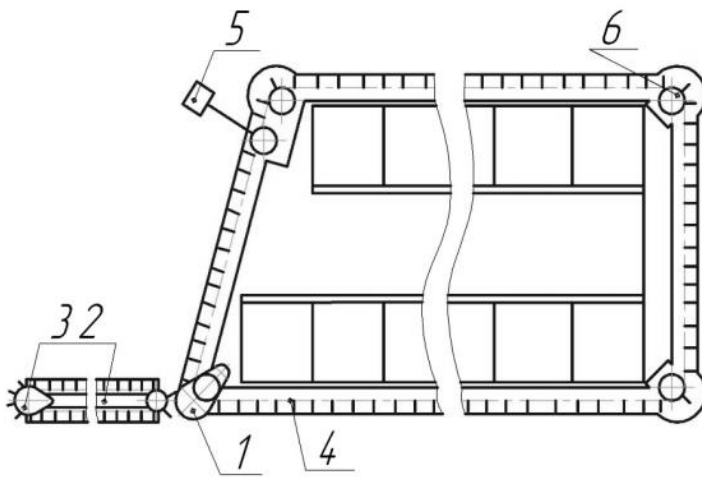


Рисунок 2.1 – Схема скребкового гноєприбирального транспортера ТСН – 160: 1, 3 – привід похилого та горизонтального транспортера; 2, 4 – похилий та горизонтальні транспортери; 5, 6 – натяжний та поворотний пристрої

Скреперна установка УС-12 знайшла широке застосування на свинофермах, де безпідстильний гній прибирають з-під щілин у підлогах. Пересуваючись тварини вдавлюють гній у щілини в підлозі і тоді гній потрапляє на канал, який розташований подовжньо [7].

Даний вид установок складається з установки конвеєрного типу та скребків, які рухаються зворотно-поступально. Можна говорити про низку переваг таких транспортерів, якщо порівнювати їх із скребковими. По-перше завдяки штанзі, яка теж працює у зворотно-поступальному русі, гній надходить до місця викиду їх у причіп швидким шляхом. По-друге, напрямні зірочки та блоки, можуть зберігати свою експлуатаційну надійність, у той час, якщо транспортуванням гною відсутня. За допомогою напрямних та жорсткої штанги запобігається підйому скребків та забезпечується стійка робота конвеєра [10].

Якщо в приміщеннях рядні або 4 ряди, доцільно застосовувати установку УН – 3,0 (рис 2.2). Даний вид установки складається зі штангових транспортерів у кількості двох штук та такої ж кількості зі зворотно-поступальним рухом. Всі ці транспортери мають загальний привід.

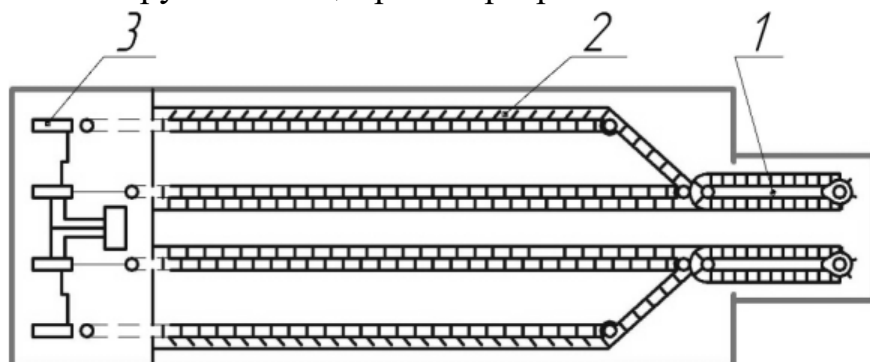


Рисунок 2.2. Схема транспортера гноєприбирального зворотно-поступального руху (штангового) УН-3,0: 1 – похилий транспортер; 2 – горизонтальний штанговий транспортер; 3 – привід штангового транспортера

Для подачі в транспортні засоби чи гноєсховища установку комплектують похилими транспортерами чи скреперною установкою УСН-8.

Також на фермах використовують гідравлічний спосіб видалення гною. Який простий у використанні та має високу продуктивність і забезпечує максимальне збереження азоту в гною та жижі [8].

Завдяки зворотно-поступальним рухам органів скреперної установки УС - Ф - 170, можна використовувати не тільки механічне транспортування гною, а й подавати до приміщення. Друга назва скреперної установки дельта – скрепер. Вони мають гноєприбиральні контейнери, причому поперечні, які допомагають механічно видалити гній та транспортувати його.

Даний вид установки застосовується лише у тих приміщеннях, де вологість повітря менше ніж 80% і в яких використовується безпідстилкова система (рис. 2.3).

Тяговий орган даної установки є робочим, так як він складається з ланцюга, який у свою чергу складається з двох відрізків, двох штанг і чотирьох скреперів. Розглядаючи перший відрізок установки, можна сказати, що він складається з з'єднаного ланцюга. Два задні відрізки теж з'єднуються. В свою чергу, проміжні штанги з'єднують перші та другі відрізки скреперів.

Канал розміщують в приміщеннях поздовжньо для пересування гною. І завдяки конструкції установки УС – С – 170 гній, що рухається, потрапляє вже в подовжній канал.

Для того, щоб дана установка почала працювати в автоматичному режимі, необхідно натиснути кнопку "Старт". І починається переміщення

каналом, де збирається гній, скребки розкриваються, захоплюючи гній і транспортують його до поперечного каналу. Друга пара скреперів розташовується в протилежній остронь приміщення, рухаючись у протилежному напрямку починає здійснювати холостий хід. Скрепер переднього виду починає скидати гній у той момент, коли підходить до люка. І знову скрепери починають рухатися у напрямку протилежному один до одного. За рахунок того, що скрепери мають різні величини ходу, то вони перекривають один одного. Гній прибирається спеціальним обладнанням, поперечним гноєприбиральним конвеєром КНП – 10.

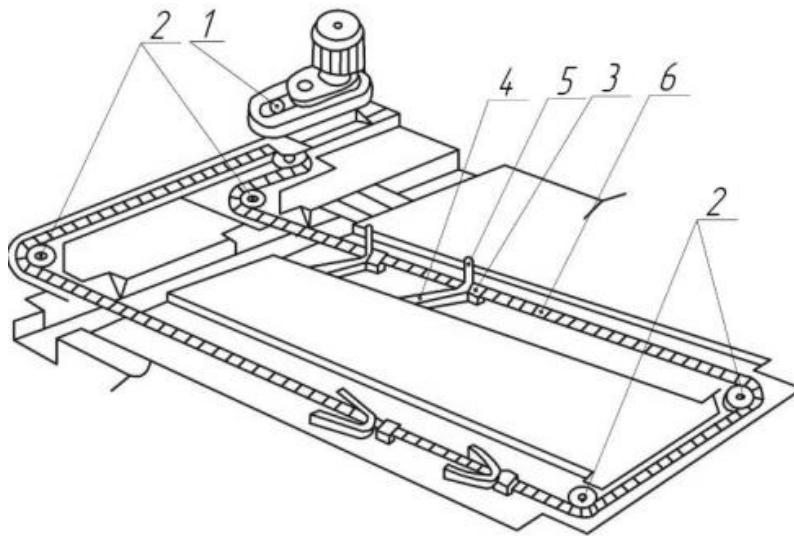


Рисунок 2.3 – Схема скреперної установки УС-Ф-170: 1 – привід; 2 – пристрій поворотній; 3 – повзун; 4 – скрепер лівий; 5 – скрепер правий; 6 – ланцюг

Транспортер гвинтового виду (рис. 2.4) складається з перекритої решітки, заглибленим гноєзбірним каналом, в якому безпосередньо розташовується робочий орган гвинтового вигляду. Він виконується за типом спіралі 3, всередину якої встановлюється вісь 4. З одного боку, з'єднується з муфтою 2, на якій знаходяться провідний та ведений диски та привід 1. Привід розташований на ділянці каналу з торця. Відповідно іншою стороною з'єднується каналом, який з протилежної сторони [8].

Вісь, поздовжнього напрямку 4 в торці каналу жорстко закріплена з одним кінцем. Спіраль 3 з'єднується з муфтою, на якій розташований ведений диск і встановлюється так, щоб у неї була можливість обертатися навколо осі поздовжнього спрямування. Ось одним кінцем з'єднана з приводом, а він у свою черга з'єднаний з веденим диском муфти за допомогою підшипника.

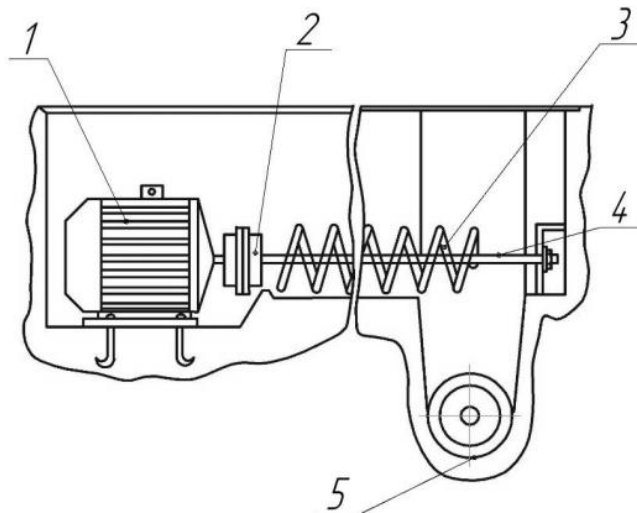


Рисунок 2.4 – Схема транспортера гвинтового типу: 1 – електродвигун; 2 – муфта; 3 – спіраль; 4 – повздовжня вісь; 5 – поперечний транспортер

У приміщеннях застосовуються різні системи прибирання гною, такі, як прямого зливу та транспортування, рециркуляційна, лотково-відстійна та самопливна. Якщо прибирання гною відбувається всередині ферми або на майданчиках де вигулюють тварин, то застосовується система прямого зливу.

Забирають гній за допомогою води, подаючи струмінь в зону збирання. Ця система видалення має мінуси. Вологість у приміщенні збільшується, відповідно, це погано впливає на тварин. [2].

Відстійна лотково-шиберна система – це канали, які розміщують вздовж станків глибиною близько 0,7 м, при цьому роблять нахил у бік де зберігається гній приблизно 0,02. Канали, які входять у гноєсховище, є поперечними і поздовжні. Вони закриваються шиберними заслінками. При заповненні водою заслінки відкриваються і подають гній у гноєсховище. В основному цю систему застосовують, коли містять тварин у безпідстилковому приміщенні [8].

Для транспортування гною, що одержується при механічних способах збирання, використовують візки різної місткості, бульдозери (твердий гній), пневматичні (УПН-15), гідрофіковані поршневі установки УТН-10 (напіврідкий гній).

Застосування пневматичних та поршневих гідрофікованих установок дозволяє значно покращити санітарно-гігієнічні умови праці, знизити у 4...5 разів площу для внутрішньо-фермського транспорту порівняно з мобільними засобами [4, 8]. Можливість переміщення безпідстилкового гною пневматичними та гідрофікованими установками доведена багатьма дослідженнями [1, 3, 9, 10]. Разом з тим обмежена відстань переміщення - 300...700 м, висока вартість пристроїв для подачі гною, що транспортується,

необхідність розведення гною водою, складність обслуговування та ризик у роботі є недоліками пневматичних і поршневих гідрофікованих установок. [8, 13].

Для перевезення рідкого гною з мобільних засобів, що серійно випускаються промисловістю, найбільшого поширення набули машини РЖТ-8, РЖТ-16, МЖТ-10 та ін., обладнані автономними вакуумними (забірними) насосами та розподільними пристроями (відцентрові насоси). Управління наповненням, перемішуванням, розподілом гною по полю здійснюється дистанційно.

За відсутності автономних засобів завантаження напіврідкого та рідкого гною у транспортні засоби застосовують установки НПК-30, УН-10, шнекові насоси НШ-50, НЖН-200, ПНЖ-250 та інші.

Проаналізувавши характеристики насосів (табл. 2.1), ми дійшли висновку, що для транспортування гною від гноєзбірників до цеху виробництва органічних добрив підходять насоси НЖН-200 і ПНЖ-250, напір 200 кПа, які створюють буде достатнім для подолання опору мережі 149кПа. Споживна потужність НЖН-200-22кВт, ПНЖ-250-37,5кВт [4-7].

Таблиця 2.1

Характеристика насосів для завантаження і перекачування гною [4-7].

Марка	Продуктивність, м ³ /год	Тиск, мПа	Потужність, кВт	Маса, кг	Вологість гною, %
Насос відцентрово-шнековий НШ-50	до 70	0,1	10,0	596	90 і більше
Насос відцентрово-шнековий з подрібненням НЖН-200	75...200	0,2	22,0	1150	88...95
Насос відцентровий з подрібнювачем НЦИ-Ф-100	80...100	0,1	11,0	456	92...95
Насос відцентровий вертикальний завантажувальний НВ-150	150	0,14	30,0	750	92 і більше
Насос завантажувальний	до 160	0,1	17,0	305	94 і більше
Навантажувач-подрібнювач ПНЖ-250 (відцентровий з подрібненням)	до 250	0,2	37,5	-	93

Для транспортування гною вибираємо завантажувач напіврідкого гною (напір 150кПа, продуктивність 100 м³/год).

2.3. Процес роботи та будова розробленого насосу

Завантажувач гною використовується в тваринницьких приміщеннях, до яких входять декілька гноезбірників. Пристрій для транспортування гною складається з циліндричного корпусу 1, основного 2 та допоміжного гвинта 3, завантажувальних отворів 4, електроприводу 5, муфти 6 та напірного патрубку 7. Шнек є основним робочим органом транспортного пристрою, який виконаний зі збільшеним кроком і зменшувальним діаметром. Модернізація даного завантажувального насосу полягає в тому, що в циліндричному корпусі 2 встановлений додатковий гвинт 3, який виконаний таким чином, що крок поступово зменшується, а діаметр – збільшується.

Через завантажувальні отвори 4 гній (рис. 2.5) надходить в циліндричний корпус спочатку на допоміжний 3, а далі на основний 2 гвинти. Далі під тиском направляється через напірний патрубок для вивантаження на подальшу обробку.

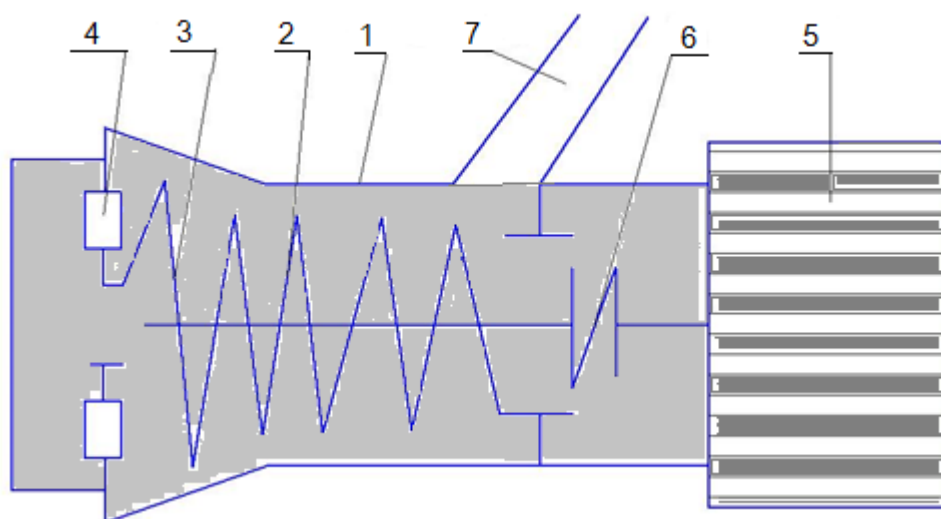


Рисунок 2.5 – Пристрій для транспортування гною: 1 – циліндричний корпус; 2 – гвинт основний; 3 – гвинт допоміжний; 4 – завантажувальні отвори; 5 – електропривід; 6 – муфта; 7 – напірний патрубок.

2.3. Розрахунок лінії видалення та транспортування гною

Вихід гною в приміщенні залежить багатьох чинників. В першу чергу це поголів'я тварин на фермі. Далі можна розглянути, як його утримують на фермі, як його доглядають, кормлять і обов'язково вік. Таким чином розрахунок часу транспортера буде враховувати з прибирання гною з одного приміщення, тобто скільки часу працював транспортер в одному приміщенні,

прибираючи гній. Кількість гною, що виходить за добу, можна визначити за формулою (2.1):

$$Q_{\text{ср.доб}} = (q_k + q_c + q_v + \Pi) \cdot m, \quad (2.1)$$

де q_k – виділення калу за добу однією твариною, кг [4];

q_c – виділення сечі однією твариною за добу [4];

q_v – необхідна кількість води за добу для змивання гною, для однієї тварини [4];

Π – необхідна кількість підстилки для однієї тварини, кг;

m – кількість тварин на фермі.

Максимальний добовий вихід гною враховуючи коефіцієнт добової нерівномірності і знаходиться із виразу:

$$Q_{\text{мак.доб}} = Q_{\text{ср.доб}} \cdot \alpha, \quad (2.2)$$

де α – коефіцієнт добової нерівномірності.

Необхідно враховувати норму гною на фермі за добу, однієї доби вона буде більше, в інші менше. Для своїх розрахунків ми будемо використовувати разовий вихід гною, щоб підібрати обладнання, яке ми могли б використати.

$$Q_{\text{раз}} = Q_{\text{ср.доб}} \cdot \beta, \quad (2.2)$$

де β – коефіцієнт нерівномірності надходження гною протягом доби, $\beta_1 = 0,6$ та $\beta_2 = 0,4$ [4-6].

Потім максимальну продуктивність потокової лінії видалення гною визначають за максимальну величину $Q_{\text{раз}}$ тобто, у даному розрахунку по ранковій $Q_{\text{раз1}}$

$$Q_{\text{ПТЛ}} = \frac{Q_{\text{раз1}}}{T_{36}}, \quad (2.3)$$

де T_{36} – тривалість збирання гною за один раз (зоотехнічний норматив), $T_{36} = 1$ год. [4-6].

У подальших розрахунках за максимальною продуктивністю визначають усі необхідні параметри машин технологічної лінії, потім підбирають

машини за каталогом (довідником) та перераховують роботу машин на фактичне час T_{ϕ} за формулою:

$$T_{\phi} = \frac{Q_{\text{ПТЛ}}}{Q_{\text{маш}}}, \quad (2.4)$$

де $Q_{\text{ПТЛ}}$ – максимальна розрахункова кількість гною, що надходить на переробку, т;

$Q_{\text{маш}}$ – продуктивність машини, що вибирається за каталогом, т/год.

Для перекачування гною з гноезбірника до гноєсховища вибираємо насос (продуктивність 63 м³/год, тиск-0,1 МПа; потужність-11кВт, щільність напіврідкого гною 1014 кг/м³) [8].

Визначаємо продуктивність додаткового гвинта за формулою:

$$Q = 3.6q_{\Gamma} * v * K_n, \quad (2.5)$$

де q – розділення маси гною, кг/м;

v – швидкість конвеєра, м/с;

K_n – коефіцієнт продуктивності, $K_n = 0,1 \dots 0,3$ для напіврідкого гною вологістю 85...90%), [15].

Розподільна маса вантажу

$$q_{\Gamma} = \frac{(D_c^2 - d_{\Gamma}^2)\pi\rho}{4}, \quad (2.6)$$

де D_c – середнє значення діаметра додаткового гвинта, м, приймаємо $D_B = 0,25\text{м}$;

d_{Γ} – діаметр валу додаткового гвинта, м;

ρ – маса гною об'ємна, кг/м³, ($\rho = 1014$ кг/м³) [6];

$\pi = 3,14$,

$$d_{\Gamma} = 0,35 + 0,1D_c \quad (2.7)$$

$$d_b = 0.35 + 0.1 \cdot 0.25 = 0.065 \text{ м}$$

$$q_{\Gamma} = \frac{0.25^2 - 0.065^2}{4} \cdot 3.14 \cdot 1014 = 36.5, \text{ кг/м}$$

Осьову швидкість гвинта визначимо за наступною формулою:

$$V_b = \omega * H, \quad (2.8)$$

де ω – кутова швидкість гвинта, с⁻¹;

H – шаг додаткового гвинта, м;

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (2.9)$$

де n – частота обертання додаткового гвинта, хв⁻¹ [8], приймаємо $n = 1500$ хв⁻¹;

$$\omega = \frac{3.14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ с}^{-1},$$

$H = (0,4 \dots 1,0)$, $D_c = 0,077 \dots 0,25$ м, приймаємо $H = 0,080$ м.

$$V_b = 157 \cdot 0,080 = 12,5 \text{ м/с}$$

Кут поступового підйому гвинтової лінії шнека:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{\pi \cdot d_{cp}}, \quad (2.10)$$

$$\text{де } d_{cp} = \frac{D_c - d_b}{2} = \frac{0,25 - 0,06}{2} = 0,09 \text{ м},$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,09}{3,14 \cdot 0,08} = 0,05$$

$$\alpha = \arctg 0,05 = 19,9^\circ.$$

Кут збільшення гвинтової траєкторії гною залежить від кута піднімання гвинтової лінії, приймаємо $\vartheta_b = 16^\circ$.

При визначних параметрах гвинтова швидкість завантажувача складає:

$$V = \frac{13}{\operatorname{Ctg} 19,9 + \operatorname{Ctg} 15} = 1,8 \text{ м/с},$$

продуктивність додаткового гвинта (насоса) складає:

$$Q = 3,6 \cdot 36 \cdot 1,8 \cdot 0,1 = 23,3 \text{ кг/с} = 83 \text{ т/год}$$

З розрахунку виходить, що продуктивність додаткового гвинта насосу складає $Q = 90$ т/год, що більше за $Q_{ск} = 65$ т/год, тобто завантажувальний насос повністю задовольняє за всіма розрахунками для відкачування. При цьому забезпечується запас по виробництву ($k_3 = 1,5$), що обов'язково необхідне для перекачувального обладнання по на великих свинокомплексах [5, 6].

Діаметр основного гвинта складає $d = 0,065$ м, додаткового гвинта приймаємо $D = 0,25$ м, Зважаючи на співвідношення між кроком і діаметром гвинта, приймаємо крок основного гвинта $h = 0,16$ м.

Визначаємо потужність привода (кВт) [5, 7]:

$$P = \frac{k_3 \cdot k_n \cdot Q \cdot H_n \cdot q}{3600 \cdot \eta_0} (\omega_0^1 + 1), \quad (2.11)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу [5], $k_3 = 1,5$;

k_n – коефіцієнт, який показує перевантаження [5], $k_n = 1,6$;

Q – продуктивність транспортера, т/год;

H_n – висота підйому гною, $H_n = 1,5$ м;

q – $9,81 \text{ м/с}^2$;

ω_0^1 – коефіцієнт опру, $\omega_0^1 = 2,2$;

η_0 – ККД конвеєра, $\eta_0 = 0,7$;

$$P = \frac{1.5 \cdot 1.6 \cdot 90 \cdot 1.5 \cdot 9.81}{3600 \cdot 0.6} (2.2 + 1) = 7.48 \text{ кВт}$$

Вибираючи електродвигун необхідно врахувати запас потужності для перевантаження [8]

$$P_{\text{дв}} = k_n \cdot P, \quad (2.12)$$

де k_n - коефіцієнт перевантаження [7],

$$P_{\text{дв}} = 1,6 \cdot 7,48 = 11,3 \text{ (кВт)}$$

Вибираємо електродвигун з каталогу з найближчим значенням потужності $P_{\text{дв}} = 12$ кВт, тип 4А-180S4У3- асинхронний 50 Гц, 220/380В.

Розрахунок гвинта

Так як транспортер гною вертикальний, то гвинт відповідно будемо розраховувати на розтяг під впливом повздовжніх сил P_b^{11} [7]; а також на кручення крутним моментом.

Розрахунок крутного моменту T_b (Н.м), що діє на вал гвинта, визначаємо за формулою [8]

$$T_b = \frac{P}{\omega} = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot n}, \quad (2.13)$$

де P – потужність, яка затрачається на приведення в рух вал шнека, Вт,
 $P = 12 \cdot 10^3$ Вт;

n – частота обертання електродвигуна, $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$ [8],

$$T_b = \frac{30 \cdot 12000}{3.14 \cdot 1500} = 70 \text{ Н.м}$$

Повздовжня сила, що діє на гвинт P_a (Н) визначаємо за наступною формулою:

$$P_a = \frac{2K_c^{11} \cdot T_b}{d \cdot \text{tg}(\alpha_{cp} + \varphi)}, \quad (2.14)$$

де K_c^{11} – коефіцієнт, що враховує радіус витка, який більший за радіус, рівнодіючої сили опору витка при обертанні, $K_c^{11} = 1,25$;

α_{cp} – кут підйому гвинтової лінії, град;

φ – кут тертя гною об матеріал гвинта, $\varphi = 5^\circ$,

$$\text{tg} \alpha_{cp} = \frac{k_w \cdot h}{d}, \quad (2.15)$$

де h – крок гвинта, $h = 160$ мм;

d – діаметр гвинта, $d = 220$ мм,

$$\text{tg} \alpha_{cp} = \frac{0.4 \cdot 160}{220} = 0,29,$$

$$\alpha_{cp} = \text{arctg} 0,29 = 19,8^\circ.$$

Осьова сила, що діє на вал буде складати:

$$P_a = \frac{2 \cdot 1.25 \cdot 70 \cdot 10^3}{220 \cdot \operatorname{tg}(19.8^\circ + 5^\circ)} = 2027 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр вала гвинта з умови міцності на кручення зварного з'єднання труби з кінцем валу [8].

Визначаємо міцність зварного з'єднання. На шнек діє осьова сила, яка складає: $P_a=2045\text{Н}$, тому визначаємо зварний шов на розтяг [9].

$$P = [\sigma_p^1] \cdot l_{зв} \cdot S, \quad (2.16)$$

де $[\sigma_p^1]$ – допустиме значення напруження для матеріалу зварного шва при розтягу, $[\sigma_p^1]=0,9[\sigma_p]$ [9];

$[\sigma_p]$ – допустиме значення напруження при розтягу для матеріалу основної деталі, $[\sigma_p^1] = 160\text{МПа}$;

$l_{зв}$ – довжина зварного шва, м,

$$l_{зв} = \pi \cdot d_{cp}, \quad (2.17)$$

де d_{cp} – середній діаметр труби [7],

$$d_{cp} = \frac{0.06 - 0.05}{2} + 0.06 = 0.065 \text{ м};$$

S – товщина стінки труби, $S=0,005\text{м}$;

Тоді $P=147 \cdot 10^3 \text{Н}=147\text{кН}$.

Визначаємо діаметр вала за наступною формулою [8]:

$$d_k \geq \sqrt[3]{\frac{16T_b}{\pi[\tau]}}, \quad (2.18)$$

де d_k – діаметр вала, мм;

$[\tau]$ – допустиме значення напруження на кручення, $[\tau]=20\text{Н/мм}^2$,

$$d_k \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 70 \cdot 10^3}{3.14 \cdot 20}} = 28 \text{ мм}$$

Отже, з проведених розрахунків та конструктивних міркувань, вал гвинта шнека будемо виконувати пустотілим, який буде складатись з труб та приварених фланців. Перевіримо розрахунок на міцність при крученні частини валу за наступними формулами [9]:

$$\tau = \frac{16T_b}{\pi \cdot d_b^3(1 - a^4)} \leq [\tau], \quad (2.19)$$

де τ – напруження кручення;

T_b – крутний момент, $T_b=70 \cdot 10^3 \text{ Н*мм}$;

$$a = \frac{d_b}{d_0}, \quad (2.20)$$

де d_b – зовнішній діаметр вала пустотілого, за даними складає $d_b=60 \text{ мм}$;

d_0 – внутрішній діаметр частини вала пустотілого, за даними складає $d_0=50 \text{ мм}$;

$[\tau]$ – допустиме значення напруження на кручення, $[\tau]=20\text{Н/мм}^2$ [9],

$$\tau = \frac{16 \cdot 70 \cdot 10^3}{3.14 \cdot 60^3 \cdot \left[1 - \left(\frac{50}{60}\right)^4\right]} = 3.1\text{Н/мм}^2 < [\tau]=20\text{Н/мм}^2,$$

Отже, при визначені виконується умова міцності.

2.4. Висновки по розділу

У даному розділі проведений аналіз існуючих конструкцій і обладнання для видалення та транспортування гною. Описаний процес роботи та наведена будова завантажувального насоса. Розраховано лінії видалення та транспортування гною.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА КОНСТРУКТОРСЬКОЇ РОЗРОБКИ

Для визначення техніко-економічної оцінки запропонованого завантажувального насосу в господарстві необхідно спочатку визначити, які будуть затрати на розробку насосу, а також визначити очікуваний економічний річний ефект від зниження собівартості продукції.

Витрати на розробку пристрою вважаються як додаткові капітальні, які складаються з вартості матеріалів, оплати праці та вартості деталей:

$$K = C_m + C_n + C_d, \quad (3.1)$$

де C_m – ціна матеріалів для розробки завантажувального насосу, грн.;

C_n – оплата праці робітників, грн.;

C_d – вартість необхідних деталей, грн.,

$$C_m = C_{\text{шн}} + C_{\text{к}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{в тр}},$$

де $C_{\text{шн}}$ – вартість шнека, $C_{\text{ш}}=6500$ грн;

$C_{\text{к}}$ – ціна корпусу, $C_{\text{кор}}=3450$ грн;

$C_{\text{тр}}$ – ціна вивантажувальної труби, $C_{\text{тр}}=1079$ грн;

$C_{\text{в тр}}$ – ціна завантажувальної труби, $C_{\text{в тр}}=1332$ грн,

$$C_m = 6500 + 3450 + 1079 + 1332 = 12361 \text{ грн};$$

$$C_n = T \cdot t \cdot k, \quad (3.2)$$

де T – погодинна оплата працівника грн./год;

t – час роботи, год, $t_1=40$, $t_2=16$;

T_2 – годинна оплата зварювальника і токаря, $T_2=130$ грн;

k – кількість працівників, чол.

$C_{n1}=5200$ грн, $C_{n2}=2080$ грн,

$$C_n = 5200 + 2080 = 7280 \text{ грн}$$

$$C_d = C_{\text{дв}} + C_{\text{бол з}} + C_{\text{м}}, \quad (3.3)$$

де $C_{\text{дв}}$ – ціна двигуна, грн.;

$C_{\text{бол з}}$ – ціна болтових з'єднань, грн.;

$C_{\text{м}}$ – ціна манжетів-ущільнювачів, грн.,

$$C_{\text{куп}} = 6500 + 150 + 140 = 6790 \text{ грн},$$

$$K_{\text{дод}} = 12361 + 7280 + 6790 = 26431 \text{ грн}$$

Отже, для вдосконалення завантажувального насоса необхідно затратити 26431 грн. Економічний ефект складає:

$$E_p = (C_1 - C_2) \cdot K_{\text{вкл}}, \quad (3.4)$$

де C_1 – вартість серійного насосу [15] ;

C_2 – собівартість роботи розробленого насосу;

$K_{\text{вкл}}$ – кількість включень, днів [16],

$$E_p = 75000 - 26431 = 48569 \text{ грн.}$$

Відповідно до розрахунку економія в господарстві розробленого насоса для прибирання гною дає економію в 48569 грн.

Термін окупності додаткових капітальних вкладень складає:

$$T_{ок} = \frac{K_{оод}}{E_p}, \quad (3.5)$$

$$T_{ок} = \frac{48569}{75000} = 0,64 \text{ року.}$$

ВИСНОВКИ

При впровадженні запропоновано розробки на ТОВ «ДФУ Агро» забезпечиться повна механізація потокового технологічного процесу гноєвидалення на фермі.

Впровадження в технологічну лінію видалення гною запропонованого завантажувального насоса дасть змогу збільшити продуктивність даного процесу. Надійна робота й продуктивність запропонованого насосу перекачування напіврідкого гною забезпечиться при певних параметрах конструкції: діаметр шнека – 250 мм, крок гвинта – 160 мм і частота обертання – 1500хв^{-1} .

Шляхом порівняння базової лінії видалення гною і проектуємої, ми отримали економічний аналіз. Провели розрахунок вартості завантажувального насоса та термін її окупності.

Дякуючи даній конструкторській розробці розрахований економічний ефект у порівнянні з прототипом складає 48569 грн., що дозволить розробці окупитись менше ніж за один рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Белехов, І.П. Механізація і автоматизація тваринницьких ферм і комплексів [Текст] /І.П. Белехов, В.О. Лесников. – К.: Освіта, 1993. – 240с.
2. Курсове та дипломне проектування по механізації тваринницьких ферм [Текст] /І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; за ред. О.В. Нанки. – Харків: НМЦ ХНТУСГ, 2003. – 356с.
3. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва/ І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. О.П. Скорика, О.І. Фісяченка. – Харків, 2004. – 272 с.
4. Павленко С.І. Аналіз і обґрунтування технологічних процесів компостування сільськогосподарських органічних відходів тваринного походження / С. І. Павленко, О.О. Ляшенко, Д.М. Лисенко, В.І. Харитонов // Збірник наукових праць ВНАУ. – 2012 – № 2.
5. Нова сільськогосподарська техніка/ В.А. Ясенецький, В.С. Куліш, М.П. Мечта та ін.; За ред. В.А.Ясенецького. – К.: Урожай, 1991. – 320 с.
6. Механізація виробництва продукції тваринництва: Підручник/ І.І.Ревенко, Г.М.Кукта , В.М.Манько та ін.; За ред. І.І.Ревенка. – К.: Урожай, 1994. – 264 с.
7. Письменов В. Н. Механізація приготування і використання гною / В. Н. Письменов, Г. В. Горновесов. - К. : Урожай, 1975. – 144 с.
8. Машина для тваринництва та птахівництва // За редакцією В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника, Дослідницьке, УкрНДІВПТ ім. Погорілого – 2009. - 207 с.
9. Машина та обладнання для тваринництва: підручник [Текст] /О.А. Науменко, І.Г. Бойко, О.В. Нанка, В.М. Полупанов та ін.; за ред. І.Г. Бойка. – Том 1. – Харків: Видавництво ЧП «Черв'як», 2006. – 225с.
10. Механізація виробництва продукції тваринництва [Текст] /І.І. Ревенко, Г.М. Кукта, В.М. Манько, В.Д. Роговий, Б.І. Шабельник, В.М. Сиротюк, О.В. Дацишин.; за ред. Ревенка І.І. – К.: Урожай, 1994. – 264с.
11. Хомик Н.І. Машина та обладнання для тваринництва: курс лекцій. Ч. 2 / Хомик Н.І., Довбуш А.Д. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2013. – 224с.
12. Шкатов О.С. Про можливість застосування електрогідроімпульсного способу очищення відходів тваринницького виробництва / О. С. Шкатов, Т.Б. Гур'єва, С.В. Любвицький Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2000. – Вип. 1 (8). – С.31-34.
13. https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/tsapk_3/page8.html
14. <https://nasos-ukraina.com.ua/ua/g5590696-nasosy-dlya-navoza>

15. Омельченко, О.О. Довідник з механізації тваринницьких і птахівничих ферм та комплексів [Текст] /О.О. Омельченко, В.Д. Ткач. – К.: Урожай, 1982. – 270с.
16. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва [Текст] /І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; за ред. О.П. Скорика, О.І. Фісяченка. – Хакрів: НМЦ ХНТУСГ, 2004. – 275с.