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

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

БУКАТА ДМИТРО ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 637.11

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНІЗАЦІЇ ФЕРМИ ВРХ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

208 “Агроінженерія”

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

Керівник роботи
Боровський В.М.
старший викладач

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Буката Дмитро Олександрович. **Підвищення ефективності механізації ферми ВРХ з модернізацією доїльної установки.** – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

В кваліфікаційній роботі розроблено технічні рішення, які відповідають вимогам екологічних, санітарно-гігієнічних, протипожежних та інших чинних норм і правил.

У конструкторській частині запропоновано модернізацію водокільцевого вакуумного насоса ВВН-70, який вирізняється тим, що за рахунок установлення на робочому колесі перегородки, під час обертання колеса в порожнині насоса з боку приводу підвищується тиск води, товщина водяного кільця збільшується. При цьому перетікання з області нагнітання в область всмоктування зменшуються, що дає змогу насосу розвивати вищу продуктивність за мінімальних витрат води та мати максимальний ККД. Проведено розрахунок на міцніть деталей модернізованого водокільцевого вакуумного насоса. Креслення модернізованого водокільцевого вакуумного насоса та його деталей представлено в графічній частині проєкту.

Застосування водокільцевого вакуумного насоса в доїльній установці УДА-16Е дає змогу підвищити продуктивність праці на 0,008 т/год.

Ключові слова: механізація, молоко, водокільцевий вакуумний насос, проєктування, колесо.

ANNOTATION

Bukata Dmytro Oleksandrovych. Improving the efficiency of cattle farm mechanization with the modernization of the milking machine. *– Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The qualification work developed technical solutions that meet the requirements of environmental, sanitary, fire safety and other applicable standards and regulations.

In the design part, the modernization of the water ring vacuum pump VVN-70 is proposed, which is characterized by the fact that by installing a partition on the impeller, during the rotation of the impeller in the pump cavity on the drive side, the water pressure increases, the thickness of the water ring increases. At the same time, the flows from the discharge area to the suction area are reduced, which allows the pump to develop higher performance with minimal water consumption and maximum efficiency. The strength of the parts of the modernized water ring vacuum pump was calculated. Drawings of the modernized water-ring vacuum pump and its parts are presented in the graphic part of the project.

The use of a water-ring vacuum pump in the УДА-16Е milking machine allows to increase labor productivity by 0.008 t/h.

Keywords: mechanization, milk, water-ring vacuum pump, design, wheel.

ЗМІСТ

ВСТУП……..……..……5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА……...…8
РОЗДІЛ 2. МЕХАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ФЕРМІ…….…….22
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ….……..……..….28
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……..…..……..…..…….39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……...……...……..40

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Останнім часом, особливо з визнання сільськогосподарського напряму розвитку як пріоритетного, спостерігається підйом вітчизняного тваринництва. У тваринницькій галузі одним із найскладніших напрямів є молочне скотарство. Нині інтенсивно реконструюють старі ферми та будують нові комплекси, завозять з-за кордону дорогих племінних тварин, прагнучи в такий спосіб змінити ситуацію в кращий бік і наздогнати за продуктивністю європейські країни з розвиненим скотарством.

Збільшення виробництва продукції тваринництва в країні передбачається головним чином за рахунок впровадження інтенсивних технологій і нової техніки, підвищення продуктивності худоби, а також широкого використання різних форм господарювання.

Для успішного досягнення економічно ефективного виробництва продукції тваринництва необхідний комплекс заходів, що охоплюють питання кормовиробництва, утримання, відтворення стада та здоров'я тварин, оптимізації годівлі, процесів доїння.

Слід зазначити, що для розв'язання актуальних наукових і виробничих завдань з виробництва продукції тваринництва потрібні висококваліфіковані інженерні кадри, які вміють працювати в сучасних ринкових умовах.

Створення нових машин і обладнання має ґрунтуватися на суворо науковому підході, для комплексної механізації сільськогосподарського виробництва. Впровадження у виробництво нової системи машин дасть змогу зменшити експлуатаційні витрати на одержання продукції тваринництва на 20...25%, знизити прямі витрати праці в 1,5...1,9 раза порівняно з рівнем, досягнутим у господарствах країни.

Механізація приготування кормових сумішей здійснюється комплектами машин і обладнання, що входять до складу автоматизованих ліній, які

виконують взаємопов'язані операції без витрат ручної праці. Для роздачі кормів на фермах промисловість постачає як мобільні, так і стаціонарні роздавальники.

Для доїння корів у доїльних залах налагоджено випуск автоматизованих доїльних установок типу "Тандем" і "Ялинка", освоюється випуск установок типу "Карусель", які забезпечують доїння корів, масаж вимені, вимикання та знімання доїльних склянок, транспортування й облік видоєного молока, його охолодження та видачу концентрованих кормів тваринам залежно від надою.

Первинну обробку молока проводять за допомогою різних фільтрів, відцентрових очисників, пластинчастих охолоджувачів, резервуарів охолоджувачів із проміжним холодоносієм і холодильних машин, обладнаних системами автоматичного контролю температурного режиму.

Метою даного дипломного проекту є підвищення рівня механізації ферми ВРХ з модернізацією доїльної установки.

Тому, виходячи з поставленої мети, було сформульовано такі завдання досліджень:

- провести аналіз наявних технологічних схем лінії доїння та первинної обробки молока;

- розробити заходи для підвищення рівня механізації ферми;

- модернізувати водокільцевий вакуумний насос.

Об'єкт дослідження є технологічний процес первинної обробки молока на фермі ВРХ.

Предмет дослідження вплив конструктивно-технологічних параметрів доїльної установки на техніко-економічні показники технологічного процесу первинної обробки молока на фермі ВРХ.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Куликівський В. Л., Пилипович М. М., **Буката Д. О.,** Прокопенко А. О., Рубіс О. В. Підвищення ефективності машинного доїння корів шляхом розроблення та оптимізації доїльного обладнання. Сучасна концепція освітлення в птахівництві. Збірник тез X-ї всеукраїнської науково-практичної конференції

«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 20 квітня 2024 року. Житомир : ЖАТФК. С. 30-32.

2. Буката Д.О., Боровський В.М. Аналіз наявних технологічних схем лінії доїння та первинної обробки молока. Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти «*Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки*». м. Рівне, 9-10 травня 2024 року. Рівне : НУВГП. С.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для аграрних підприємств України представляє модернізований водокільцевий вакуумний насос.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 41 сторінка комп’ютерного тексту, містить 3 рисунки та 1 таблицю.

РОЗДІЛ 1
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз наявних технологічних схем лінії доїння та первинної обробки молока

Нині в Україні широко впроваджуються зарубіжні установки типу молокопровод фірм "Alfa-Laval Aqri" (Швеція), "Westfalia Landtechnic" (Німеччина), "Fullwood" (Велика Британія), "Gascoiqne Melotte" (Нідерланди), "Bavson" (США) та інших.

Широке поширення зазначених вище молокопроводів стримується високою вартістю. Тільки 5…7% господарств можуть купити такі молокопроводи. Іноді великі молочні заводи купують і встановлюють у господарствах імпортні молокопроводи, а господарства розплачуються за них продукцією протягом кількох років. При зростанні цін на продукцію господарства при цьому економічно програють.

Нині фірми випускають такі доїльні установки [1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10]:

1. Пересувні доїльні установки на 1 або 2 доїльних апарати.

Такі установки включають вакуумний насос, доїльний апарат, вакуум-регулятор, вакуумметр і кабель для підключення в однофазну або трифазну мережу. Застосовуються в особистих підсобних, фермерських господарствах і пологових відділеннях із поголів'ям до 10-15 корів [1, 2, 10]

2. Лінійні доїльні установки для доїння у відра. Такі установки випускаються багато українських виробників для поголів'я 32, 64, 96 і 128 голів за заявкою замовника. Це найпростіші установки [9, 10]

3. Лінійні доїльні установки для доїння в молокопровід, зі збором молока через молокопровід у загальну ємність АДМ-8А [1]

4. Доїльні установки з прохідними верстатами. Це установки УДС-ЗБ (випускаються здебільшого на 8 верстатів), а також установки УДС-3 з доїнням у відра і УДС-ЗА з доїнням у молокопровід.

УДС-ЗБ застосовують як на пасовищах, так і в доїльних залах. Обслуговують установку на 8 станків 2 доярки. Продуктивність 55-60 корів на годину. Обслуговуване поголів'я - до 200 корів.

За кордоном установки з прохідними верстатами ставлять піднятими, а місце між верстатами розташоване нижче, тому оператору зручніше працювати на таких установках.

5. За кордоном, у країнах розвиненого молочного скотарства, значного поширення набуло доїння корів на доїльних майданчиках на установках типу "Тандем" з індивідуальними прохідними верстатами, розміщеними один за одним уздовж траншеї; типу "Ялинка" з груповими верстатами, розміщеними під кутом до траншеї, та "Полігон" цих самих типів, але траншею виконано у вигляді ромба, тож замість двох боків, як у траншеї, у полігоні працюють чотири боки. За рівної кількості верстатів корови на установці "Полігон" меншими групами заходять до верстатів і виходять із них набагато швидше, ніж на установках із траншеєю.

Доїльні установки типу "Тандем" застосовують здебільшого за безприв'язного утримання і в деяких випадках за прив'язного утримання з використанням автоматичних прив'язей на непідібраному за тривалістю видоювання стаді [1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 110]

Наразі в Україні активно ведуться роботи з розроблення нових і модернізації наявних доїльних установок. Технічний рівень цих установок відповідає рівню зарубіжних доїльних установок. Ці установки забезпечують обмивання вимені корів перед доїнням; доїння і механічне додоювання наприкінці доїння; зняття доїльних склянок із вимені після закінчення доїння; транспортування молока молокопроводом до молочної під час доїння;

фільтрацію й охолодження молока під час транспортування [1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10].

Установки забезпечені автоматичною циркуляційною системою промивання та дезінфекції молочного обладнання підігрітим мийним розчином.

За бажанням споживачів установки можуть оснащуватися електронною системою, що дає змогу визначати щодня удій кожної корови під час кожного доїння, удій групи корів і всього стада за доїння, що дає змогу поліпшити умови роботи зоотехніка [1, 2, 3, 5].

Вибір доїльних машин залежить від способу утримання корів. За прив'язного утримання краще застосовувати доїння на установках із молокопроводом (АДМ-8А-1, АДМ-8А-2, УМД-200), а за безприв'язного - у доїльних залах на установках типу "Ялинка", "Тандем", "Паралель", на пасовищах (УДА-6А, УДА-8А, УДС-ЗА та УДС-3Б) [1, 2, 4].

Для аналізу вакуумних насосів порівняємо три їхні типи: водокільцеві, пластинчато-роторні та поршневі 2ВНК-3. З аналізу зазначених насосів встановлено, що найдешевшими, найпростішими за будовою і найнадійнішими в роботі є водокільцеві вакуумні насоси. За однакової продуктивності вони дешевші за ротаційні та поршневі, що має важливе значення для виробництва молока. Широкий типорозмір водокільцевих вакуумних насосів дає змогу на перших порах покривати їхній дефіцит для ферм із будь-яким поголів'ям за рахунок промислового виробництва [1, 2, 12].

Установки УВУ-60/45 мають низьку надійність у роботі, створюють шум понад 80 дБА, загазовують приміщення або навколишнє середовище масляними парами. У теплу пору року через відсутність надійної системи охолодження пластинчато-роторні насоси сильно нагріваються, не забезпечують стабільний вакуумний режим і виходять з ладу. Попадання в них води (під час промивання) або молока (під час доїння) спричиняє заклинювання пластин і поломку насоса. За незначного порушення вакуумного режиму порушується процес доїння корів і відбувається зниження їхньої

продуктивності, виникає захворювання вимені корів на мастит. Зрив доїння призводить до втрати 50% і більше разового надою у корів [1, 12].

На молочних фермах і комплексах утримують різне поголів'я дійних корів (від 50 до 1000 і більше), а вакуумні установки випускалися практично однієї продуктивності - 45 і 60 $м^3$ /год, тому на великих фермах і комплексах іноді в одному приміщенні їх встановлювали до 10 і більше штук. Це призводило до зменшення коефіцієнта активної потужності електродвигунів, більших витрат ручної праці на обслуговування, а також до більш швидкого нагрівання насосів і порушень технологічних режимів доїння корів [1, 2, 3, 4, 5, 10].

Застосовувані в установках УВУ-60/45 вантажні регулятори вакууму мають статичну похибку 0,8 кПа на 10 м3 повітря, що проходить через них. Під час під'єднання різної кількості доїльних апаратів на початку, середині та наприкінці доїння змінюється потік повітря через регулятори вакууму, що призводить до зміни величини вакууму в доїльній установці та порушення режимів доїння

Для виключення перерахованих вище недоліків розроблено типорозмірний ряд вакуумних установок для забезпечення стабільним вакуумом молочних ферм із різним поголів'ям корів.

Тривала надійність у роботі забезпечується пристроєм і принципом роботи водокільцевих насосів. Якщо в інших насосах (пластинчато-роторних, поршневих тощо) під час роботи відбувається тертя пластин, кілець об корпус насоса, то у водокільцевих насосів лопаті не торкаються корпусу насоса, а обертаються у водяному кільці. У результаті цього знос водокільцевих насосів набагато менший, ніж у інших. Крім цього, вони мають ще низку переваг: відносно рідкісний і простий ремонт, надійність в експлуатації та простота обслуговування [1, 2, 9].

Газоподібне середовище, що відсмоктується, в насосі не забруднюється мастилом. Насос не чутливий до потрапляння в нього крапельної рідини, а також дрібних механічних домішок (пилу, піску тощо) [1, 13].

Недоліками водокільцевих насосів є нижчий ККД і обмежена можливість використання їх поза приміщенням [1, 2, 14].

Розроблений типорозмірний ряд дає змогу вибрати оптимальну вакуумну установку для ферми з будь-яким поголів'ям корів, що виключає перераховані вище недоліки серійних вакуумних установок УВУ-60/45.

Первинна обробка та зберігання молока. Для очищення молока на фермах широко застосовують фільтри, які виготовляють із марлі (щонайменше трьох шарів), лавсану (один шар), вати, фланелі, металевої сітки та металевих кульок. Під час проціджування молока на поверхні фільтра затримуються частинки зі значним вмістом бактерій, і що більше осаду на фільтрі, то сильніше він розмиватиметься подальшими порціями молока і забруднюватиме його. Для зменшення забруднення фільтри з марлі та лавсану через певну кількість молока промивають, а ватяні фільтри замінюють новими. Через один фільтр цедилки рекомендується пропускати не більше двох фляг молока. Якщо осаду багато, то фільтри міняють частіше. Використані ватні фільтри знищують, а лавсанові та марлеві промивають у теплій воді з порошком і милом, добре прополіскують і сушать [1, 2, 4, 5, 7, 9, 12].

У лавсанових фільтрів швидкість проціджування молока вища, ніж у марлевих, і вони краще промиваються. Вони надійніші, ніж марлеві. Досвід експлуатації марлевих і лавсанових фільтрів показав, що за сильно забрудненого молока навіть за двоступеневого очищення такими фільтрами не вдається знизити кількість механічних домішок у молоці до допустимих норм. Водночас подвоєння шарів фільтрів різко підвищує гідравлічний опір молокопровідної лінії, внаслідок чого знижується подача молочних насосів.

Для кращого очищення молока застосовують відцентрові сепаратори-молокоочисники [1, 2, 6, 8, 10].

На молочних фермах частіше застосовують відцентрові очищувачі молока ОМ-1А; Ж5-ОМ2Е-С; Ж5-ОМБ-4С; ОСБ-1. Очищувач Ж5-ОМ2Е-С має відцентрове вивантаження осаду [1, 2, 9].

За останні роки було розроблено фільтри багаторазового використання для доїльних установок, молокоприймальних пунктів і невеликих молочних цехів. Усі вузли та деталі фільтрів виконані з кислотостійкої нержавіючої сталі. Свіжовидоєне молоко має здатність затримувати розвиток у ньому мікробів завдяки наявності в молоці бактерицидної речовини лактеніну. Збільшення терміну дії цієї речовини здійснюється на практиці охолодженням молока. Що швидше воно охолоджується і що нижча його температура, то довше зберігаються бактеріальні властивості молока. Так, у свіжого молока за температури 30°С період затримки розвитку бактерій триває 3 год, у швидко охолодженого до температури 10°С – 24 год, а в охолодженого до 5°С – 36 год. Залежно від тривалості зберігання та умов транспортування до молочного підприємства молоко на фермах необхідно одразу після доїння охолоджувати до температури 6…8°С, а на молокозаводи воно повинно надходити з температурою не вище 10°С [1, 2, 5, 8, 12].

Найпростішим методом є охолодження молока у флягах, які встановлюються в басейні з проточною холодною водою. Цей метод є трудомістким і дорогим. Необхідно постійно вручну перемішувати молоко, бо без перемішування воно охолоджується повільно й нерівномірно [1, 2, 7, 12].

Широкого поширення набуло охолодження молока в молочних вакуумованих цистернах ДФ-06.000 шляхом установлення на них рамок із труб і зрошення поверхні цистерни холодною водою. Цей метод потребує великої витрати води та ручного перемішування молока під час зберігання.

Найдосконалішим способом є охолодження молока в пластинчастих охолоджувачах. Вони застосовуються в установках ОМ-1А, а також у сучасних доїльних установках під час доїння в молокопровід і на майданчиках [10, 11, 12].

Пластинчастий охолоджувач складається з теплообмінних пластин, з одного боку яких рухається молоко, а з іншого - холодна вода. Відбувається теплообмін, за якого молоко охолоджується водою [1, 5, 12].

Охолоджувачі вибирають за поверхнею охолодження. Нині випускають пластинчасті охолоджувачі молока ОМ-1; ООП-3; типу АДМ; ОМО-2000 та ін.

Для забезпечення пластинчастих охолоджувачів або танків для зберігання молока крижаною водою слугують проточні водоохолоджувальні машини типів МВТ і МКТ, водоохолоджувальні машини з частковою акумуляцією холоду типів УВ-10, АВ-30, холодильні машини та установки з акумуляцією холоду.

Холодильні машини виготовляються у вигляді моноблока. Це значно скорочує витрати на монтаж на місці експлуатації, підвищує якість монтажу, оскільки машини проходять усі необхідні операції з перевірки щільності, сушіння, заправлення холодоагентом і мастилом, обкатки та налагодження на заводі [5, 7, 12].

Очищене й охолоджене молоко збирають і зберігають до відправки на молочний завод у спеціальних молочних танках. На молочних фермах для зберігання молока застосовують танки-термоси і танки-охолоджувачі молока. Своєю чергою танки-охолоджувачі бувають із проміжним холодоносієм (вода) або безпосереднього охолодження фреоном за допомогою вбудованого в дно танка випарника холодильної машини [5, 8, 11].

Найбільш часто застосовуваний спосіб зберігання молока в танках-охолоджувачах. Під час доїння в молокопровід або на доїльному майданчику молоко в потоці (під час доїння) спочатку охолоджується в пластинчастому охолоджувачі, а потім доохолоджується в молочному танку. Температура молока в танку-охолоджувачі автоматично підтримується в заданих межах. Молоко охолоджується до мінімальної температури, після чого за допомогою датчиків вимикається холодильна установка. У разі підвищення температури молока до заданої максимальної холодильна установка автоматично

вмикається, і відбувається охолодження молока до заданої мінімальної температури. Цикл охолодження періодично повторюється.

Для перемішування молока всі танки обладнані спеціальними мішалками. Кількість молока в танках визначають за допомогою мірної лінійки або датчиком поплавкового типу. Для промивання є спеціальні форсунки з трубами.

1.2 Вибір і розробка технологічної лінії

Для механізації доїння ВРХ можуть бути використані різні технічні та технологічні рішення. Вибір доїльних машин залежить від способу утримання корів. Як було зазначено вище, за безприв'язного утримання рекомендується застосовувати доїння в доїльних залах на установках типу "Ялинка", "Тандем", "Паралель". Типи та кількість доїльних установок на фермі обираємо з розрахунку тривалості одного доїння, що не перевищує 2-2,5 год [9, 10, 11].

Для проєктованої ферми приймаємо 3-х кратне доїння корів у доїльному залі на установці типу "Ялинка" УДА-16Е [6, 9, 10, 11].

Машинне доїння корів у доїльних приміщеннях містить у собі:

- організацію руху тварин у ДМБ і з нього в корівниках (виконує скотар-оператор);

- перегін чергової групи корів на переддоїльний майданчик, з переддоїльного майданчика в доїльне приміщення, а потім у корівниках або на вигульні майданчики.

Доїльні установки з АСУ призначені для автоматизованого доїння корів і для автоматичного збору та обробки індивідуальної біологічної інформації про тварин і перегрупування стада.

На установках з АСУ видоєні корови по скотопрогону потрапляють на роздільник потоку тварин і далі прямують до секції для відпочинку або до боксу для огляду чи зооветобслуговування. У приміщенні ДМБ має бути приміщення

для розміщення керуючої ЕОМ.

У верстатах доїльної установки розміщені антени системи розпізнавання номерів, блоки керування режимом доїння, датчики-лічильники надою молока, сигналізатори маститу, маніпулятори, кнопки введення інформації та сигнальний пристрій. У проході доїльної установки змонтовано мікроконтролери з інформаційним табло, комутатор системи розпізнавання. Для управління впуском і випуском корів застосовують рукоятки ручного управління і пневмоприводи дверей.

У кожному верстаті розпізнається номер корови, запитується інформація про неї і на блоці управління доїнням, розташованому у верстаті, висвічується інформація: не доїти, мастит, антибіотики тощо. За нею оператор вирішує як вчинити з твариною. Якщо відхиляючих сигналів немає, то оператор підводить маніпулятор, одягає доїльні стакани і ставить датчик маніпулятора на режим доїння. Після закінчення доїння та інтенсивності молоковіддачі 400 г/хв маніпулятор переходить у режим додоювання, а за інтенсивності 200 г/хв вимикаються доїльні стакани та виводяться з під корови. При цьому відомості про індивідуальний удій надходять у мікроконтролер доїльної установки, порівнюються з очікуваним удою і, якщо поточний удій менший від очікуваного більш ніж на 10%, висвічується сигнал "недодій". Операція доїння в цьому разі повторюється [4, 5, 9, 10, 11].

Після видоювання корови по скотопрогону проходять до розколу. Тут розпізнаються номери тварин, і ті з них, які мають бути виділені з потоку, направляються в бокс для обслуговування. При цьому зоотехнікам і ветеринарним лікарям видається з ЕОМ документ, що вказує, за якою ознакою виділена тварина і яку операцію обслуговування з нею рекомендується проводити [4, 7, 9, 10, 11].

За безприв'язного утримання формують групи корів, які відповідають вимогам правил машинного доїння за придатністю їх до машинної технології доїння.

Корів із нерівномірно розвиненими чвертями вимені доять доїльними апаратами, укомплектованими пульсаторами ПГ-2 (для попарного доїння) зі зміненим режимом роботи [6, 9, 10, 13].

Групи корів формуємо залежно від лактаційного періоду:

- новотільні (1-3 міс. після отелення);
- першої половини лактації (3-6 міс.);
- другої половини лактації (6 і більше міс.).

Порядок руху корів на доїння: спочатку новотільні, потім першої половини лактації та наприкінці другої половини лактації. Час перебування корів на переддоїльному майданчику не повинен перевищувати 20 хв.

Одним із завдань машинного доїння є отримання молока високої якості. Під якістю молока слід розуміти його біологічну цінність, придатність для переробки та безпеку для споживача. Молоко є дуже нестабільною за хімічними та фізичними показниками біологічною рідиною, у зв'язку з чим необхідне створення оптимальних умов для його виробництва, щоб надалі отримати високоякісну продукцію. У зв'язку з цим очищення його фільтруванням дає змогу унеможливити розчинення механічних домішок і знизити бактеріальну забрудненість [4, 8, 9, 10, 11].

Очищене від механічних домішок молоко має негайно охолоджуватися. Охолодження молока відразу після видоювання до температури, нижчої за 10 ˚С, забезпечує пригнічення розвитку патогенних бактерій. За охолодження молока до 4º С зростання бактерій не відбувається протягом 24 годин [2, 5, 7, 9, 10, 11].

Молоко ранкового та денного надою охолоджують до температури 6-8 ˚С, вечірнього – до 3..4 °С. Такий спосіб охолодження дає змогу зберігати на фермі до відправки на завод молоко вечірнього надою без зміни якості та змішувати його з молоком ранкового та денного надою.

Зберігання молока в господарстві здійснюється відповідно до санітарних і ветеринарних правил для молочних ферм, колгоспів, радгоспів і підсобних

господарств, підприємств з виробництва молока на промисловій основі, затверджених у встановленому порядку.

Транспортування молока на переробні підприємства здійснюється в молочних цистернах і з опломбованими кришками відповідно до правил, що діють на відповідному виді транспорту. Температура молока має бути не вищою за 10 ˚С [1, 7, 9, 10, 11].

1.3 Технологічний розрахунок обладнання для лінії доїння та первинної обробки молока

У нашому випадку доїння корів проводиться на доїльній установці типу "Ялинка" УДА-16Е.

Визначаємо кількість доїльних установок для ферми:

$$Z_{д.у} = \frac{m_д}{T \cdot Q_д} \text{ шт.} \quad (1.1)$$

де $m_д$ – кількість дійних корів;

T – час доїння корів (1,5...2,5 години);

$Q_д$ – годинна продуктивність доїльної установки (100 корів на годину).

$$Z_{д.у} = \frac{150}{2 \cdot 100} = 0{,}75.$$

Візьмемо одну доїльну установку УДА-16Е.

Доїти корів можна в будь-який час доби. Важливо, щоб доїння щодня проводилося в один і той самий час, оскільки у тварин виробляється умовний рефлекс на час. Визначаємо витрати часу оператора-дояра на виконання ручних операцій у розрахунку на одну корову. Продуктивність праці оператора зумовлюють ті ручні операції, які він має виконати в процесі доїння. Зменшення часу ручних робіт можна домогтися за рахунок автоматизації технологічних операцій і ліквідації транспортних робіт на більш досконалих доїльних установках. Час ручних робіт визначаємо за виразом [1, 7, 9, 10, 11]:

$$t_р = t_{осн} + t_{всп} + t_{тр}, \quad (1.2)$$

де $t_{осн}$ – витрати часу на підмивання вимені, витирання його насухо, здоювання перших 2...3 цівок молока та інші, хв;

$t_{всп}$ – час підключення та відключення доїльних апаратів, хв;

$t_{тр}$ – час на транспортування і переливання молока при доїнні у відро, хв;

Визначаємо продуктивність праці оператора за виразом

$$Q_0 = \frac{60}{t_р} = \frac{60}{0{,}8} = 75 \text{ корів/ год.} \quad (1.3)$$

Щоб видоїти стадо в заданий час, необхідно мати певну кількість доярів. На обслуговування однієї доїльної установки необхідну кількість доярів визначають за формулою [1, 3]:

$$Z_0 = \frac{m_д}{Q_0 \cdot T} = \frac{150}{75 \cdot 2{,}0} = 1 \text{ чол.} \quad (1.4)$$

Для обслуговування доїльної установки достатньо одного оператора.

Визначаємо кількість апаратів, необхідних одному оператору [1, 7, 9, 10, 11, 12]:

$$z_а = \frac{t}{t_р} = \frac{t_м + t_р}{t_р} = \frac{4 + 0{,}8}{0{,}8} = 6 \text{ штук,} \quad (3.5)$$

де $t_м$ – тривалість машинного доїння корови апаратом без заключного масажу та машинного додоювання (4 хвилини);

t – загальний час доїння однієї корови, хв.

Визначаємо фактичну продуктивність доїльної установки за формулою [1].

$$Q_{факт} = Q_0 \cdot Z_0 = 75 \cdot 1 = 75 \text{ корів/ год.} \quad (1.6)$$

Технологічний розрахунок підбору обладнання для первинної обробки молока проводиться на підставі початкових відомих умов. Для цього за заданими умовами визначається середній добовий удій за формулою:

$$Qдоб._{ср.} = m \cdot Qср._{год} / 365, \quad (3.7)$$

де m – поголів'я корів на фермі.

$$Qдоб._{ср.} = 200 \cdot 6500 / 365 = 3562 \text{ л}$$

Максимальний добовий удій враховується коефіцієнтом добової нераномірності та знаходиться з виразу

$$Q_{доб.\,max} = Q_{доб.\,ср} \cdot \alpha, \quad (3.8)$$

де α – коефіцієнт добової нерівномірності надою від 1,2 до 2,0.

Прийнявши α = 1,4, отримуємо

$$Q_{–.\,max} = 3562 \cdot 1,4 = 4987 \text{ л/добу.}$$

Добовий удій на фермі надходить нерівномірно. Зоотехніками визначено, що за дворазового доїння вранці надходить приблизно 60% добового надою, а у вечірнє доїння 40% добового надою. За триразового доїння вранці надходить 40% надою, а вдень і ввечері по 30% добового надою. За одноразового доїння все молоко надходить одночасно, тобто 100% [1, 7, 9, 10, 13].

Далі для підбору обладнання визначаємо разовий удій (ранковий, денний, вечірній за триразового доїння стада). Він враховується коефіцієнтом нерівномірності надходження молока і визначається за формулою [1, 4, 11].:

$$Q_{раз} = Q_{доб\ max} \cdot \beta, \quad (3.9)$$

де β – коефіцієнт нерівномірності надходження молока протягом доби. За триразового доїння $\beta_1 = 0,4$, $\beta_2 = \beta_3 = 0,3$.

Таким чином,

$Q_{раз\ утр} = 4987 \cdot 0,4 = 1995$ л, $Q_{раз\ дн} = Q_{раз\ веч} = 4987 \cdot 0,3 = 1496$ л.

Ємність V_1 повинна вміщати об'єм молока, що йде на пастеризацію та охолодження. При цьому береться максимальна кількість молока, яка йде по цій лінії. Для даного розрахункового прикладу це буде Q= 1995 л, кількість, що йде вранці на охолодження. Враховуючи коефіцієнт запасу ємності приймаємо $V_1 = 2$ м^3 або $V_1 = 2000$ л.

Для охолодження приймаємо охолоджувальну установку – танк-охолоджувач молока SMZ 60 закритого типу на 6000 л із системою автоматичного миття типу "Z", продуктивністю $Q_{max\ (охл)} = 2500$ л/год.

Тоді,

$$T_{ф.охл} = Q_{ост} / Q_{max\ (охл)} = 1995 / 2500 = 0,8 \text{ год.} \quad (1.10)$$

Висновки по розділу

Для перекачування молока з резервуарів застосовуємо молочний насос 36МЦ-6-12, продуктивністю 6000 л/год і потужністю 0,6 кВт. Для транспортування молока до споживача доцільно використовувати молоковоз АЦПТ-2,8 місткістю 2800 л.

РОЗДІЛ 2
МЕХАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ФЕРМІ

2.1 Механізація водопостачання та автопоїння

Механізація та автоматизація водопостачання тваринницьких ферм дає змогу значно скоротити витрати праці та знизити собівартість тваринницької продукції. Крім того, механізація водопостачання підвищує протипожежну безпеку приміщень і підвищує санітарний стан ферми. Вибір засобів механізації водопостачання проводиться з урахуванням середньодобової норми водоспоживання і виробничої потреби [2, 7, 9, 10, 12].

На проектованій фермі на одну корову на добу витрачається до 100 л води, на нетелей до 50 л. Вода витрачається на напування тварин, а також на інші виробничі потреби - технологічні, гігієнічні, господарські та протипожежні. Вода необхідна і в санітарно-побутових приміщеннях. На фермі споживається вода з підземних джерел. За допомогою насосної станції вода подається у водонапірну башту ємністю 50 $м^3$ і висотою 12 м, а потім трубопроводами до споживачів. Приймаємо водопровід із поліетиленових труб. Система водопостачання об'єднана господарсько-питна і протипожежна. За допомогою водонапірної вежі створюється необхідний напір у магістралі, регулюється добова витрата води і створюється її необхідний запас. Для закачування води застосовуємо відцентровий вихровий насос ВН-2Ц-6 зі встановленою потужністю 13,0 кВт і подачею 6,8...10,4 $м^3$ /год. Гаряче водопостачання на господарсько-питні та виробничі потреби молочного блоку здійснюється від водонагрівачів [4, 7, 9, 10, 11].

Для напування тварин застосовуємо групові поїлки типу ПГПЕ-1, обладнані системою підігріву та циркуляції води. Поїлки розраховані на 25-50 голів.

2.2 Механізація роздачі кормів

На фермі одним із найважливіших технологічних процесів є годівля тварин. Кожній тварині слід давати не тільки необхідні корми, а й готувати їх з урахуванням науково обґрунтованих вимог технологічного процесу. Досягти цього можна за допомогою правильно підібраного обладнання та машин [5, 7, 9, 10, 11].

Застосування засобів механізації для роздавання кормів великій рогатій худобі залежить від способу утримання тварин і типу тваринницького приміщення. За безприв'язного утримання корів у корівниках із широкими кормовими проходами, роздача кормів здійснюється мобільними роздавальниками КРФ-10, РСК-12, ІСРК-12, ПРСК-12, ЗРП-12, СРК-11В.

На проектованій фермі застосовуємо мобільний подрібнювач-змішувач-роздавальник кормів ІСРК-12 [3, 4, 9, 10].

Годівля тварин пропонується диференційована відповідно до технологічних груп, збалансованими, повнораціонними кормосумішами двічі на добу. Роздача кормів проводиться змішувачем-роздавальником кормів ІСРК-12 на кормовий стіл, доступ до кормового столу вільний [10, 11].

Відповідно до технології прийнято такий порядок завантаження кормів у змішувач: коренеплоди, концентрати, сіно, силос і сінаж.

У сховищі коренеплодів встановлюємо мийку МКЛ-10, продуктивністю 10 т/год. Коренеплоди шнеком подаються в мийку, а потім транспортером надходять до бункера-дозатора, розміщеного зовні будівлі, і в разі потреби вивантажуються в кузов ІСРК-12 або інші мобільні роздавальники кормів.

Концентровані корми в бункери-дозатори БСК-10 завантажуються автозавантажувачем ЗСК-10 [5, 11].

Рулони сіна звільняють від шпагату обв'язки і злегка розвалюють вручну. За поганого подрібнення і перемішування сіна слід у технологічний процес

додатково включити подрібнювач рулонів корму ІРК-145. Подрібнювач рулонів корму доцільніше перевести на електропривод із гідродинамічною муфтою.

Змішувач-роздавальник додатково перемішує всі компоненти корму, транспортує в корівники і здійснює вивантаження на кормовий стіл [3, 11].

2.3 Механізація доїння та первинної обробки молока

Для доїння дійного стада передбачено доїльно-молочний блок з автоматизованою доїльною установкою типу "Ялинка" УДА-16Е. Видоєне молоко перекачується транспортними молокопроводами в центральну молочну для охолодження і короткочасного зберігання в резервуарах [5, 12].

Охолодження - найкращий метод збереження натуральних властивостей молока. Екологічно доцільно охолоджувати молоко до 10° С, якщо час його зберігання не перевищуватиме 5 - 6 год; до 6 - 7° С - за умови зберігання не більш як 12 год; і до 4 - 5° С - за умови зберігання не більш як 24 год.

Досконаліші способи охолодження - апарати безперервної дії, що працюють із використанням штучного холоду і забезпечують охолодження молока в потоці без зіткнення з повітрям.

Для охолодження приймаємо охолоджувальну установку - танк-охолоджувач молока SMZ 60 закритого типу на 6000 л із системою автоматичного миття, оснащену компресорно-охолоджувальним агрегатом із комбінованим рекуператором тепла місткістю 500 л, що дає змогу нагрівати й використовувати воду для виробничих потреб, наприклад, під час санітарної обробки доїльного обладнання, підмивання вимені тварин тощо [7, 9, 10, 11].

Для перекачування молока з резервуарів застосовуємо молочний насос 36МЦ-6-12, продуктивністю 6000 л/год і потужністю 0,6 кВт. Доїння новотільних корів у пологовому відділенні організовано на міні-доїльній установці, видоєне молоко йде на випоювання телят у профілакторії [4, 11].

3.4 Механізація збирання гною та підтримання мікроклімату

Серед технологічних ліній, що застосовуються у тваринництві, особливе місце посідають лінії з прибирання гною з приміщень, його переробки та використання. Створення великих тваринницьких підприємств індустріального типу, підвищені вимоги до охорони водного і повітряного басейнів, необхідність використання всієї маси гною для удобрення полів загострили проблему механізації виконання всіх операцій. Створення сприятливих санітарних умов для роботи на фермі, підвищення продуктивності праці - найважливіші вимоги, які ставлять до систем технічних засобів для механізації збирання та утилізації гною [6, 9].

Для щоденного видалення гною з корівників застосовуємо обладнання скреперного типу для автоматизованого видалення безпідстилкового гною ОНС-1. Скрепера збирають гній із проходів і транспортують його в поперечний канал, з якого він подається в гноєзбірник [5, 7].

Наявність гноєзбірника дає змогу видаляти гній із приміщення незалежно від графіка роботи транспортних засобів, які відвозять гній у сховище або на поле. Із гноєзбірника гній транспортується по гноєпроводу за допомогою насоса АПН-6-300 у гноєсховище.

Від насосної станції прокладається напірний трубопровід з азбестоцементних труб діаметром 250...300 мм. Гній із тваринницьких приміщень видаляють періодично.

Із приміщень для сухостійних корів і пологового відділення застосовуємо бульдозерне прибирання гною зі зберіганням на майданчику для тимчасового зберігання гною, що розміщений у торці будівлі, та з подальшим навантаженням гною в тракторний причіп і транспортуванням у гноєсховище або безпосередньо до місць подальшого використання. З вигульних майданчиків гній у міру накопичення згрібається бульдозером і транспортується в гноєсховище [11, 12].

У міру заповнення майданчиків гній вивозиться на польові гноєсховища причепами ПСТ-9 в агрегаті з трактором Беларус-1221, ПСТ-12 з трактором Беларус-1523. Під час внесення органічних добрив транспортування на невеликі відстані можна здійснювати розкидачами органічних добрив МТТ-9 із трактором Беларус-1221, ПРТ-11 або МТУ-13 із трактором Беларус-1523, ПРТ-7 із трактором Беларус-82.1.

Гноєвидалення з доїльно-молочного блоку самопливно-сплавне. Занавожені стоки з доїльно-молочного блоку збираються в жижезбірники, з подальшим вивезенням на поля сівозміни. Для закачування рідини з жижезбірників застосовуємо агрегат перекачування гною АПН-100. Транспортування здійснюємо розкидачем рідких добрив МЖТ-6, який агрегатується з трактором Беларус-82.1 [2, 4, 10].

Для перемішування гною в гноєсховищі приймаємо занурювальний міксер гомогенізатор. Для навантаження гною в транспортні засоби приймаємо агрегат для перекачування гною АПН-300.

Перед внесенням гною, міксером робиться однорідна суміш, вологість якої становить від 92...96 %. Потім занурювальним насосом завантажують розкидачі РЖТ, МЖТ-11.

При використанні установки для розділення гною, стоки гною з виробничих корпусів спрямовуються в приймальний резервуар для поточного накопичення та усереднення (перемішування) перед процесом розділення. Для забезпечення процесу усереднення застосовується мішалка (міксер-гомогенізатор), яка створює однорідну консистенцію речовини на вході. Насос із подрібнювальним механізмом перекачує однорідну рідину в пресо-шнековий сепаратор. Після відокремлення твердий матеріал може бути звалений у купу або перевезений звичайними засобами, наприклад, трактором із причепом, а відокремлену рідину можна використовувати як рідке добриво [4].

Створення й автоматичне підтримування необхідних параметрів мікроклімату є важливою проблемою у тваринництві. Дослідженнями і

досвідом багатьох господарств встановлено, що через недотримання оптимального мікроклімату в приміщеннях для утримання тварин знижується їхня продуктивність, збільшується витрата кормів на отримання продукції, зростає відмінок падежу тварин, скорочуються строки експлуатації машин і будівель, зростають застудні захворювання обслуговуючого персоналу [1, 7, 9, 10, 11].

Для забезпечення приміщень чистим повітрям застосовуємо припливно-витяжну систему вентиляції з механічним спонуканням

РОЗДІЛ 3
КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ

3.1 Пристрій і принцип роботи доїльної установки типу "Ялинка" УДА-16Е

Доїльні установки УДА-Е [5] призначені для доїння корів на спеціальному майданчику (у залі), у станках типу "Ялинка", транспортування видоєного молока до молочного приміщення, обліку, фільтрації та збору молока до резервуару.

Доїльна установка складається з верстатного устаткування, молокопроводу, вакуумпроводу, молокоопорожнителя, доїльних апаратів, пристрою промивання та лінії обмивання вимені. Крім того, вони можуть бути оснащені системою ідентифікації (розпізнавання) тварин із занесенням даних щодо надою, здоров'я тварин до комп'ютера, а також автоматом промивання.

Для створення постійного вакууму в доїльних установках призначена вакуумна насосна станція СН-60А.

Водокільцева насосна станція містить у собі ємність із водою і вакуумний насос ВВН-70, встановлений на ємності, електродвигун і сполучну муфту.

Насос вакуумний водокільцевий ВВН-70 [6] призначений для створення стабільного вакууму, необхідного для машинного доїння корів на доїльних установках.

Насос ВВН-70 за основними параметрами уніфікований з пластинчато-роторним вакуумним насосом УВД 10.000 і може бути використаний для його заміни на вакуумних установках УВУ 60/45.

Насос може працювати від будь-якого приводу, що забезпечує потужність і частоту обертання ротора.

Технічні дані насоса ВВН-70 представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні дані вакуумного насоса ВВН-70

№ п/п	Найменування параметра	Значення параметра
1	Продуктивність насоса за вакууму 48 кПа (-0,49 кгс/см^2) і частоті обертання 1430 ±20 об/хв, м /год ^{3}	70+5%
2	Максимальна величина вакууму, кгс/см^2	0,80
3	Потужність приводу, кВт	4,0
4	Габаритні розміри, мм	345х275х250
5	Маса, кг	35

Конструкцію насоса представлено на рис. 3.1. Він складається з корпусу 1, двох торцевих кришок (лобовин) - передньої 2 і задньої 3, у яких розміщені опорні підшипники 4, несучий вал 5.

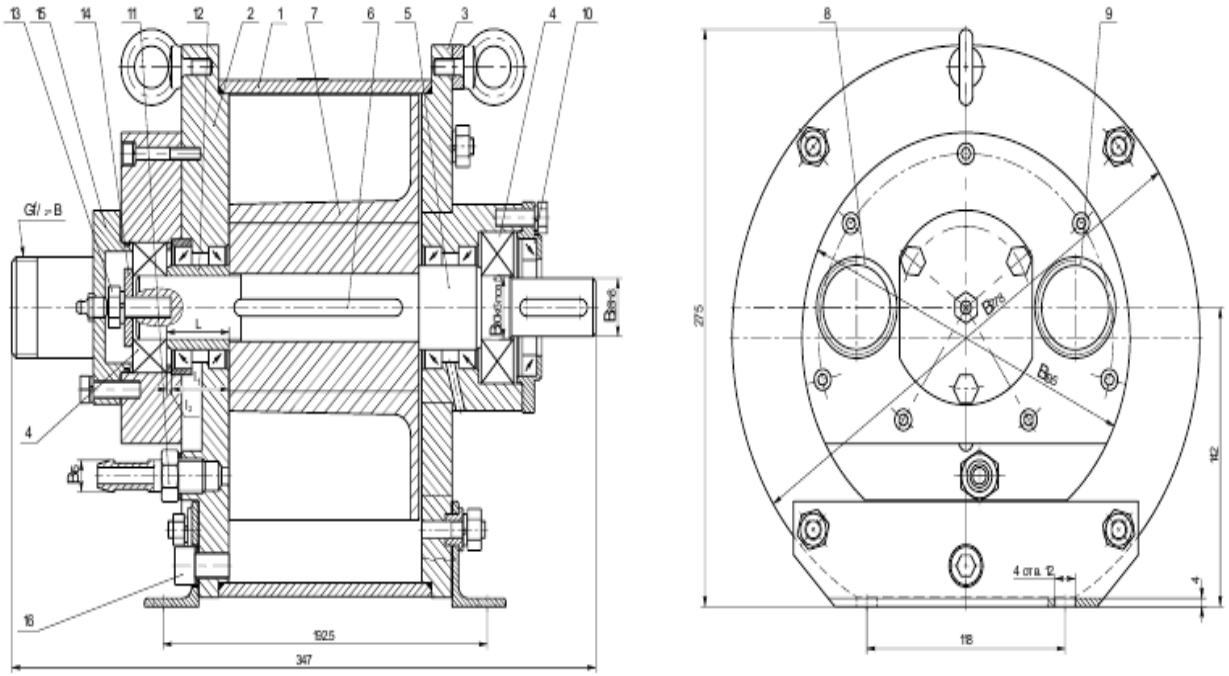

Рис. 3.1. Водокільцевий вакуумний насос ВВН-70: 1 – корпус; 2 – лобовина ліва; 3 – лобовина права; 4 – підшипник; 5 – вал; 6 – шпонка; 7 – колесо; 8 – патрубок всмоктувальний; 9 – патрубок вихлопний; 10 – манжета; 11 – патрубок подавання води; 12 – втулка; 13 – болт; 14 – шайба; 15 - кришка; 16 – пробка.

На валу, ексцентрично розташованому в корпусі, на шпонці 6 встановлено колесо 7, яке відкритим боком прилягає до лобовини 2 із зазором 0,20 ± 0,05 мм і дистанційна втулка 12.

У лобовині 2 є два серповидних вікна: всмоктувальне – більшого розміру і вихлопне – меншого розміру.

Всмоктувальна камера через патрубок 8 з'єднується з вакуумною системою доїльної установки, а вихлопна з'єднана патрубком 9 з вихлопною трубою.

Робоча порожнина насоса і гнізда підшипників розділені ущільненнями, що складаються з двох пар манжет 10, у проміжках між якими в корпусі є дренажні отвори.

У лобовині 2 є штуцер 11 для підведення води у внутрішню порожнину насоса.

Підшипник 4, встановлений у лівій лобовині 2, закріплений разом із колесом 7 і втулкою 12 на валу 5 шайбою 14 і болтом 13. Зовнішня обойма підшипника кришкою 15 зафіксована в лобовині.

Підшипник 4, встановлений у правій лобовині 3, - плаваючий.

Принцип роботи водокільцевого насоса показано на рис. 3.2.

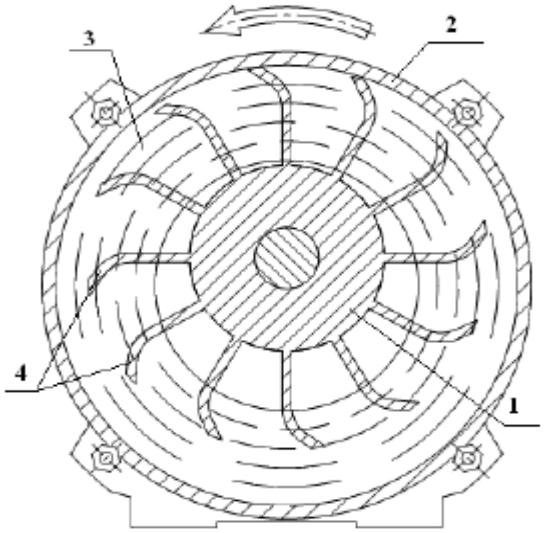

Рис. 3.2. Принцип роботи водокільцевого насоса: 1 – колесо; 2 – корпус; 3 – водяне кільце; 4 – лопать колеса

Під час обертання колеса 1 всередині корпусу 2 створюється обертове водяне кільце 3, що обертається.

Між двома поруч розташованими лопатями 4 колеса і водяним кільцем утворюються камери, що змінюють свій об'єм під час повороту колеса.

Під час обертання колеса в напрямку стрілки на лівій стороні насоса об'єм камер збільшується, і в них створюється розрядження, яке через всмоктувальне вікно в лобовині поширюється у вакуумпровід доїльної установки.

На правій стороні насоса об'єм камер зменшується і створюється надлишковий тиск. Повітря разом із надлишками води через вихлопне вікно в лобовині викидається у вихлопну трубу.

3.2 Опис і обґрунтування конструкторської розробки

Рідинно-кільцеві машини широко застосовуються в сільському господарстві - переробці плодоовочевої та молочної продукції, доїнні корів. Їхня конструкція проста, а зносу піддаються тільки підшипники, вал і його ущільнення. Тому ці машини довговічні в роботі. Недоліком рідинно-кільцевих машин є велика питома витрата потужності на обертання рідинного кільця. Питоме енергоспоживання ними сягає значної величини - 0,04 кВт· год/м^3 .

Під час обертання робочого колеса утворюється рідинне кільце, яке під дією відцентрової сили притискається до внутрішньої поверхні корпусу. Унаслідок ексцентричного розташування робочого колеса рідинне кільце відходить від втулки, збільшуючи робочий об'єм, у який через всмоктувальне вікно всмоктується повітря. Осередок, утворений внутрішньою поверхнею рідинного кільця, поверхнею втулки і лопатками, збільшує свій об'єм до певної величини кута повороту колеса. При цьому відбувається процес всмоктування. Під час подальшого повороту робочого колеса відбувається відсікання комірки від всмоктувального вікна і починається плавне стиснення повітря, що потрапило до комірки, завдяки зменшенню об'єму комірки. При досягненні в

комірці заданого тиску (під час повороту колеса на заданий кут) комірка сполучається з нагнітальним вікном, через яке стиснене повітря витісняється в нагнітальну порожнину і виходить з машини.

Продуктивність рідинно-кільцевої машини оцінюється величинами серпоподібної площі, довжини колеса і частоти обертання. Серпоподібна площа визначається діаметрами колеса і його втулки. Геометричні параметри колеса використовують у вигляді конструктивної характеристики - відношення радіусів втулки і колеса. Це співвідношення визначає розміри простору для стиснення повітря і величину втрат під час входу повітря в осередок і виходу з нього. Мале значення відношення радіусів втулки і колеса - ознака ефективної матеріаломісткості машини. Ефективність геометричної характеристики робочого колеса обумовлюється значенням ексцентриситету. Раціональна величина ексцентриситету забезпечує мінімальне занурення лопатей робочого колеса в рідину і, як наслідок, високу продуктивність і низьку питому споживану потужність і матеріаломісткість. Надмірний ексцентриситет виводить лопаті з рідинного кільця і збільшує просочування повітря з нагнітальної порожнини у всмоктувальну через утворену щілину та зменшує продуктивність машини. Малий ексцентриситет є причиною великого занурення лопатей у рідинне кільце і зменшення до 20% об'єму засмоктуваного повітря.

Недоліками розглянутого насоса є те, що він повністю не усуває перетікання з області нагнітання в область всмоктування.

Метою конструкторської розробки є підвищення ККД водокільцевого вакуумного насоса за рахунок застосування нового варіанта робочого колеса.

Досягнення поставленого завдання забезпечується тим, що на валу, ексцентрично розміщеному в корпусі, на шпонці 6 (рис. 3.3) встановлюємо колесо 7, відкритим боком прилягаюче до лобовини 2 із зазором 0,20 ± 0,05 мм, та дистанційну втулку 12, а в центрі колеса розташовуємо перегородку.

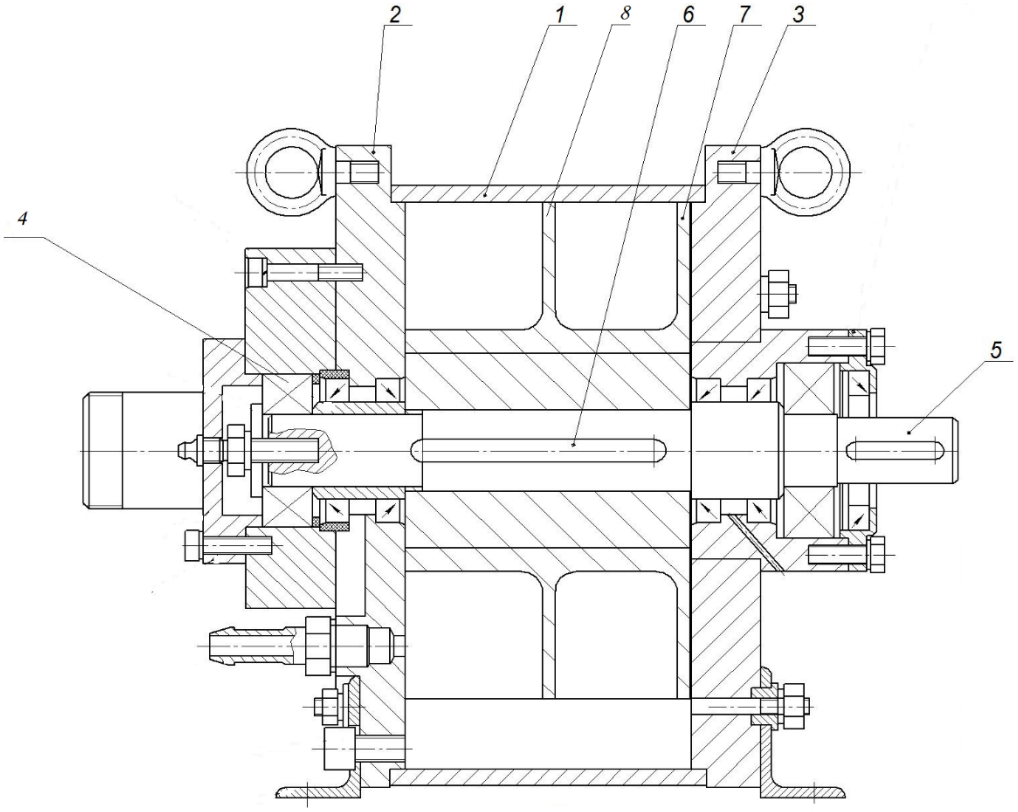

Рис. 3.3. Водокільцевий вакуумний насос ВВН-70 (модернізований): 1 – корпус; 2 – лобовина ліва; 3 – лобовина права; 4 – підшипник; 5 – вал; 6 – шпонка; 7 – колесо; 8 – перегородка

Завдяки встановленню в робочому колесі перегородки, під час обертання колеса в порожнині насоса з боку приводу підвищується тиск води, товщина водяного кільця збільшується. При цьому перетікання з області нагнітання в область всмоктування зменшуються, що дає змогу насосу розвивати вищу продуктивність за мінімальної витрати води і мати максимальний ККД.

3.3 Конструктивні та міцнісні розрахунки

Кут між лопатками робочого колеса розраховуємо для рівномірної розстановки [3]:

$$\beta = \frac{2\pi}{Z}, \tag{3.1}$$

де Z – кількість лопаток на робочому колесі.

$$\beta = \frac{2 \cdot 180}{16} = 22,5^{\circ}.$$

Кут закриття нагнітального вікна, заданий у межах $\beta...2\beta$, і в нашому випадку:

$$\varphi = 45^{\circ}.$$

Для приводу вакуумного насоса застосовується електродвигун AIP 100L4У31М1081, який має потужність N=4,0 кВт і частоту обертання n=1410 хв$^{-1}$.

Визначимо параметри, виходячи з таких співвідношень:

- кутова швидкість обертання, с$^{-1}$:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \tag{3.2}$$

- крутний момент, Н·м:

$$T = \frac{N}{\omega}, \tag{3.3}$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 1410}{30} = 147,58 c^{-1},$$

$$T = \frac{4000}{147,58} = 27,1 H \cdot м$$

Визначаємо діаметр вала ротора

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{27,1 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 18,9 \text{ мм} \tag{3.4}$$

З урахуванням запасу міцності і для з'єднання вала ротора з електродвигуном за допомогою стандартної муфти приймаємо найменший діаметр вала ротора під з'єднувальну муфту *d=28* мм.

Розрахунок вала на міцність

Міцність вважається забезпеченою, якщо найбільші дотичні напруження, що виникають у небезпечному перерізі, не перевищують допустимих:

$$\tau_{max} \leq [\tau_к], \tag{3.5}$$

де $[\tau_к]$ – допустимі напруження при крученні, $[\tau_к]$ = 30...40 МПа.

Найбільші напруги обчислюються за формулою:

$$\tau_{max} = T / W_p , \quad (3.6)$$

де T – допустимий крутний момент на валу вакуумного насоса, Н·м,

$$T= 27,1 \text{ Н·м};$$

W_p – полярний момент опору при крученні.

Визначаємо полярний момент опору при крученні:

$$W_p = \pi \cdot d^3 / 16,$$

де d – діаметр вала в небезпечному перерізі, мм.

$$W_p = 3,14 \cdot 28^3 / 16 = 4308 \text{ мм}^3 .$$

Визначаємо напруження кручення:

$$\tau_к = T/ W_p = 27,1 \cdot 10^3 / 4308 = 6,3 \text{ МПа}.$$

$$\tau_{max} \leq [\tau]_{.к}$$

Визначаємо амплітуду напруження циклу τ_a і середнє напруження циклу під час віднульового циклу:

$$\tau_a = \tau_m = \tau_к /2 = 6,3 /2 = 3,15 \text{ МПа}. \quad (3.7)$$

Приймаємо матеріал вала з такими характеристиками:

$$\sigma_в = 570 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot \sigma_в = 0,43 \cdot 570 = 246 \text{ МПа};$$

$$\tau_1 = 0,6 \cdot \sigma_{-1} = 0,6 \cdot 246 = 147 \text{ МПа}.$$

За таблицею 12.16 [7] приймаємо коефіцієнти k_τ і k_σ - ефективні коефіцієнти концентрації напружень:

$$k_\tau = 1,4 ; k_\sigma = 1,65.$$

За таблицею [7] приймаємо k_d - коефіцієнт впливу абсолютних розмірів.

Для d = 32 мм $k_d = 0,65$.

Для Ra = 3,2 коефіцієнт впливу шорсткості $k_f = 1,05$.

Коефіцієнт впливу поверхневого зміцнення $k_v = 1$.

Визначаємо загальний коефіцієнт концентрації напружень для цього перерізу втулки:

$$(k)_{\tau D} = (k_\tau / k_d + k_f -1)/ k_v = (1,4/0,65 + 1,05-1) / 1 = 2,2. \quad (3.8)$$

Визначаємо межі витривалості втулки в цьому перерізі:

$$(\tau)_{-1D} = \tau_{-1} / (k)_{\tau D} = 147 / 2,2 = 66,8 \text{ МПа}. \quad (3.9)$$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності за дотичними напруженнями:

$$S_\tau = (\tau)_{-1D} / \tau_a = 66,8 / 3,15 = 21,2. \quad (3.10)$$

$$S > [S] = 1,3....2,1.$$

Розрахунок шпонки на зминання

Призматична шпонка розраховується на зминання за формулою [8]:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l(h-t)} \le [\sigma_{зм}], \quad (3.11)$$

де T – крутний момент, що передається, Н·мм;

d – діаметр вала, мм;

l - довжина шпонки, мм;

(h-t) – висота грані шпонки в маточині, що працює на зминання, мм;

h – висота шпонки (h = 7 мм, таблиця 4.1 [8]), мм;

t_1 – глибина врізання шпонки в паз вала (t_1 = 4 мм, таблиця 4.1 [8]), мм;

$[\sigma_{зм}]$ – допустима напруга під час зминання, $[\sigma_{зм}]$ = 80...100 МПа.

Отже,

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 27100}{28 \cdot 50 \cdot (7-4)} = 12,9 \text{ МПа}.$$

$\sigma_{зм} \le [\sigma_{зм}]$ – умова міцності шпонки на зминання виконується.

Розрахунок сполучної муфти

Усі муфти стандартизовані й обирають залежно від умов експлуатації, величини розрахункового крутного моменту і діаметрів з'єднуваних валів.

Розрахунковий крутний момент визначаємо за формулою:

$$T_p = K \cdot T_H \quad (3.12)$$

де T_p – розрахунковий крутний момент, Н·м;

T_H – номінальний крутний момент на валу, Н·м;

K – коефіцієнт, що враховує режим роботи приводу. (К = 1,5 табл. 17 [8]).

$$T_p = 1,5 \cdot 27,1 = 40,7 \text{ , Н·м}$$

Для з'єднання в нашому випадку використовуємо пружну втулково-пальцеву муфту ДСТУ 21424-93, яка дає змогу гасити динамічні навантаження і компенсувати неспіввісність.

Напівмуфти виготовлено з чавуну СЧ 20 ДСТУ EN 1561:2010; матеріал пальців - сталь 45 ДСТУ 7809:2015; матеріал пружних втулок - гума з межею міцності під час розриву щонайменше 8 МПа.

Під час попереднього розрахунку ведучого вала визначено діаметр вихідного кінця ведучого вала під маточину пружної втулково-пальцевої муфти: $d_в$ = 32 мм.

Приймаємо муфту МУВП-125-32-1 ДСТУ 21424-93 [8, табл. 17].

Параметри муфти.

Максимальний момент T=125 Н·м, посадковий діаметр вала d=28 мм,

довжина маточини l = 125 мм, діаметр втулки $d_{вт}$ = 27 мм, довжина втулки $l_{вт}$ = 28 мм,

кількість пальців z= 4, діаметр розташування отворів втулок D_o = 84,

довжина пальця $l_п$ = 33 мм, діаметр пальця $d_п$ = 14 мм.

Перевірочний розрахунок полягає у визначенні тиску між пальцями і гумовими втулками (набору гумових кілець) за напруженнями зминання. Розрахунок проводимо за формулою 17.8 [8]:

$$\sigma_{ЗМ} = \frac{2 \cdot T_p}{Z \cdot D_o \cdot l \cdot d_{\text{П}}} \leq [\sigma_{ЗМ}], \text{ МПа} \qquad (3.13)$$

де Z = 4 – число пальців;

D_o =84 – діаметр кола розташування центрів пальців, мм;

l =28 – робоча довжина втулки (набору гумових кілець), мм;

$d_п$ =14 - діаметр пальців під гумою, мм;

$[\sigma_{зм}]$ – допустима напруга зминання для гумових втулок, $[\sigma_{зм}]$ = 2...4 Н/мм^2 .

$$\sigma_{ЗМ} = \frac{2 \cdot 27.1 \cdot 10^3}{4 \cdot 84 \cdot 28 \cdot 14} = 0{,}4 \leq 4$$

Умова виконується.

Крім того, пальці муфти розраховуємо на вигин:

$$\sigma_u = \frac{F_t \cdot l_1}{2 \cdot Z \cdot W} \le [\sigma_u] \qquad (3.14)$$

де F_t – окружна сила, визначається за формулою:

$$F_t = \frac{2 \cdot T_p}{D_1} \qquad (3.15)$$

l_1 – довжина пальця, мм;

W – момент опору вигину для перерізу пальця.

$$W = 0{,}1 \cdot d_П^3$$

$[\sigma_и]$ – напруга, що допускається під час вигину пальців, $[\sigma_и]$ = 80...90 МПа.

$$W_1 = 0{,}1 \cdot 14^3 = 274{,}4$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 27{,}1 \cdot 10^3}{84} = 645{,}2 \text{ , Н}$$

$$\sigma_u = \frac{645{,}2 \cdot 33}{2 \cdot 4 \cdot 274{,}4} = 9{,}7 < 80$$

Умова виконується

ВИСНОВКИ

Технічні рішення, прийняті в проєкті, відповідають вимогам екологічних, санітарно-гігієнічних, протипожежних та інших чинних норм і правил, за дотримання передбачених заходів.

У конструкторській частині запропоновано модернізацію водокільцевого вакуумного насоса ВВН-70, який вирізняється тим, що за рахунок установлення на робочому колесі перегородки, під час обертання колеса в порожнині насоса з боку приводу підвищується тиск води, товщина водяного кільця збільшується. При цьому перетікання з області нагнітання в область всмоктування зменшуються, що дає змогу насосу розвивати вищу продуктивність за мінімальних витрат води та мати максимальний ККД. Проведено розрахунок на міцніть деталей модернізованого водокільцевого вакуумного насоса. Креслення модернізованого водокільцевого вакуумного насоса та його деталей представлено в графічній частині проєкту.

Застосування водокільцевого вакуумного насоса в доїльній установці УДА-16Е дає змогу підвищити продуктивність праці на 0,008 т/год.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Семенченко О. В. Сучасні методи механізації молочної ферми. Київ: Техніка, 2023. 320 с.

2. Миколаєнко А. В. Механізація ферм великої рогатої худоби. Львів: Новий Світ, 2022. 300 с.

3. Губенко С. М. Модернізація доїльних установок на фермах ВРХ. Дніпро: Ліра, 2023. 280 с.

4. Коваль О. І. Технології механізації молочних ферм. Одеса: Астропринт, 2022. 340 с.

5. Іванченко П. І. Технічне обслуговування і ремонт доїльних установок. Харків: НТУ "ХПІ", 2021. 280 с.

6. Шевченко І. О. Ремонт і обслуговування доїльного обладнання. Львів: Світ, 2021. 290 с.

7. Білик В. О. Модернізація механізмів ферми ВРХ. Київ: Кондор, 2021. 380 с.

8. Ткачук О. М. Технічні засоби механізації молочних ферм. Вінниця: ТОВ "Меркьюрі-Поділля", 2021. 300 с.

9. Петренко, В. С. Інноваційні підходи до механізації доїльних установок. Львів: Світ, 2022. 310 с.

10. Мартинюк В. В. Підвищення ефективності механізації молочних ферм. Харків: Основа, 2020. 320 с.

11. Шведик М.С. Механізація тваринництва. Луцьк: Луцький НТУ, 2015. 136 с

12. Ревенко І.І. та ін. Проектування механізованних технологічних процесів тваринницьких підприємств. Київ : Урожай, 1999. 191 с.

13. Бойко І.Г. Теорія та розрахунок машин для тваринництва. Харків: Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ), 2002. 216 с.

14. Скорик О.П., Полупанов В.М. Проєктування технологій і технічних засобів для тваринництва. Харків: Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ), 2009. 429 с.

15. Трибрат Р.О. Моделювання технологічних процесів тваринництва. Миколаїв: Миколаївський національний аграрний університет (МНАУ), 2018. 70 с.