

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня "Магістр"
на тему:

**Обґрунтування складу комплекту устаткування виробничого контролю
параметрів доїльних установок**

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМз-1-19
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Гусар Ігор Миколайович

Керівник: _____ Алієв Ельчин Бахтияр огли

Рецензент: _____ Яропуд Віталій Миколайович

Дніпро, 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

МВІТ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Гусар Ігор Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування складу комплексу устаткування виробничого контролю параметрів доїльних установок

керівник роботи Алієв Ельчин Бахтияр огли, д-р техн. наук, старш. дослід., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« _____ » _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі тваринництва та існуючого устаткування для контролю параметрів молочно-доїльного обладнання. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Патентно-інформаційні дослідження устаткування для контролю вакуумметричних параметрів доїльного обладнання. 2. Теоретичні дослідження зміни техніко-технологічних параметрів молочно-доїльного обладнання під час експлуатації. 3. Програма та методика експериментальних досліджень. 4. Результати експериментальних досліджень. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність технічного обслуговування доїльної установки. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (5 аркушів, А4). 2. Теоретичні дослідження (4 аркуша, А4). 3. Експериментальні дослідження (4 аркуша, А4)
4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (2 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Алієв Е. Б., професор		
2	Алієв Е. Б., професор		
3	Алієв Е. Б., професор		
4	Алієв Е. Б., професор		
5	Кравець В. В., доцент		
6	Вінніченко І. І., професор		
Нормоконтроль	Гаврильченко О. С., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний		
2	Теоретичний		
3	Експериментальний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Демонстраційна частина		

Студент

_____ (підпис) _____ **Гусар І.М.**
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис) _____ **Алієв Е. Б.**
(прізвище та ініціали)

Гусар І. М. Обґрунтування складу комплексу устаткування виробничого контролю параметрів доїльних установок. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

Вступна частина дипломної роботи містить обґрунтування актуальності теми, сформульовані мета та задачі, приведено методи досліджень. Патентно-інформаційні дослідження устаткування для контролю вакуумметричних параметрів доїльного обладнання дозволили обґрунтувати напрямки вирішення поставленої мети та задач. В другому розділі проведено теоретичну оцінку показників надійності вакуумної системи доїльні установки, теоретичний розрахунок спрацьованості лопаток пластинчасто-роторного вакуумного насосу, дослідження спрацьованості дійної гуми доїльного апарату з урахуванням теорії старіння, теоретичну оцінку показників надійності двотактного пульсатора доїльного апарату. Розроблено експериментальний зразок комплексу устаткування контролю параметрів доїльних установок. В результаті експериментальних досліджень встановлені закономірності зміни техніко-технологічних параметрів молочно-доїльного обладнання в залежності від тривалості його експлуатації. Розроблено карту безпеки праці по вакуум-силовій установці. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

Ключові слова: доїльне обладнання, техніко-технологічні параметри, діагностика, контроль, сервіс

ЗМІСТ

Вступ	8
1 ПАТЕНТНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВАКУУММЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДОЇЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ	9
1.1 Класифікація відмов доїльних установок	9
1.2 Оцінка впливу відмов доїльних установок на ефективність машинного доїння	15
1.3 Оцінка впливу величини вакууму у вакуумній системі на ефективність машинного доїння	17
1.4 Оцінка впливу частоти пульсацій і співвідношення тактів доїльного апарату на ефективність машинного доїння	20
1.5 Оцінка впливу натягнення дійної гуми на ефективність машинного доїння	22
1.6 Аналіз існуючих технічних засобів визначення техніко- технологічних параметрів доїльного обладнання	23
1.7 Висновки з розділу	27
1.8 Мета і завдання досліджень	27
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕХНІКО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОЛОЧНО-ДОЇЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ	29
2.1 Теоретична оцінка показників надійності вакуумної системи доїльні установки	29
2.2 Теоретичний розрахунок спрацьованості лопаток пластинчасто- роторного вакуумного насосу	37
2.3 Дослідження спрацьованості дійної гуми доїльного апарату з урахуванням теорії старіння	42
2.4 Теоретична оцінка показників надійності двотактного пульсатора доїльного апарату	47
2.5 Висновки з розділу	53
3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	54

3.1	Експериментальний зразок комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок	54
3.2	Випробування експериментального зразка комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок	56
3.3	Методика експериментальних досліджень зміни техніко-технологічних параметрів молочно-доїльного обладнання в залежності від тривалості його експлуатації	60
3.4	Висновки до розділу	63
4	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	64
4.1	Результати калібрування метрологічних характеристик комплекту устаткування	64
4.2	Результати експериментальних досліджень зміни техніко-технологічних параметрів в залежності від тривалості експлуатації молочно-доїльного обладнання	72
4.3	Аналіз відповідності результатів експериментальних досліджень теоретичним даним	74
4.4	Висновки з розділу.....	75
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	76
5.1	Дослідження шкідливих і небезпечних факторів при роботі доїльної установки	76
5.2	Вимоги та заходи щодо безпеки для розробленої вакуум-силової установки	80
5.3	Карта безпеки праці по вакуум-силовій установці	86
5.4	Висновки з розділу.....	88
6	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ	89
6.1	Розрахунок економічної ефективності	89
6.2	Висновки з розділу.....	92
	ВИСНОВКИ	93
	Список використаних джерел	95
	Додатки	101

ВСТУП

Своєчасне обслуговування доїльного обладнання – одна з умов виходу українських виробників молока на світовий ринок, а також інтеграція до вимог СОТ та Європейського Союзу. Незважаючи на досить високий рівень розвитку доїльного обладнання та молочного обладнання, якість цієї послуги залишається незадовільною для комплектів сучасних ліній доїльного виробництва. Це пов'язано з тим, що молочні ферми не мають можливості постійно проводити планову перевірку своїх доїльних залів, що призводить до відхилень від нормальної роботи. Доїння тварин – це складний процес функціонування біотехнічної системи «людина – машина – тварина». Машинна частина системи повинна відповідати фізіологічним потребам тварин і забезпечувати: повну стимуляцію лактаційного рефлексу; якісне доїння корів з певною періодичністю; захист молочної залози та тіла тварини від шкідливого впливу машини; отримання високоякісного молока. Це можливо лише за умови підтримання доїльного обладнання в робочому стані, при якому коефіцієнт готовності повинен бути не менше 0,98.

Наслідками використання доїльних залів, що не відповідають міжнародним технічним і технологічним вимогам (ISO 3918 [1], ISO 5707 [2] і ISO 6690[3]), є значний технологічний вплив на мікроструктуру молока та фізіологічний стан тварин. Через недостатню їх надійність значно зростають витрати на обслуговування та ремонт; розрахунки показують, що за амортизаційний період витрати досягають таких сум, які в кілька разів перевищують первісну вартість установок. Приблизно чверть агрегатів, що знаходяться в експлуатації, постійно не працює. У багатьох випадках вони приходять в непридатність і списуються вже через три-чотири роки, в той час як за нормами повинні працювати не менше семи років. Наведені факти надають проблемі підвищення надійності доїльних установок важливе значення і вимагають невідкладного її вирішення. Цю проблему можна вирішити завдяки впровадженню системи виробничого контролю техніко-технологічних параметрів доїльного обладнання.

1 ПАТЕНТНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВАКУУММЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДОЇЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Класифікація відмов доїльних установок

Машинне доїння корів – один з небагатьох виробничих процесів, в яких машина тісно пов'язана з твариною, впливає на його поведінку, продуктивність, стан здоров'я [4, 5, 6, 7, 8]. У зв'язку з цим актуальним є питання підвищення експлуатаційної надійності доїльних установок.

Через недостатню надійність доїльних установок значно зростають витрати на обслуговування і ремонт; розрахунки показують, що за амортизований період витрати досягають таких сум, які в декілька разів перевершують первинну вартість установок [9]. Приблизно чверть агрегатів, що знаходяться в експлуатації, постійно не працює (табл. 1.1). У багатьох випадках вони робляться непридатними і списуються вже через три-чотири роки, тоді як за нормами повинні працювати не менше семи років.

Таблиця 1.1 – Класифікація відмов доїльних установок

Найменування відмови	Визначення відмови
Раптова відмова	Відмова, що характеризується стрибкоподібною зміною значень одного або декількох технічних параметрів доїльної установки
Поступова відмова	Відмова, що характеризується поступовою зміною значень одного або декількох параметрів доїльної установки
Незалежна відмова елементів	Відмова одного елемента доїльної установки, не обумовлена відмовами інших
Залежна відмова елемента	Відмова елемента установки, обумовлена відмовою інших
Відмова, що переважає	Багаторазово виникаюча відмова одного і того ж характеру, що самоусувається
Конструкційна відмова	Відмова, що виникає в результаті недосконалості або порушення встановлених правил або норм конструювання
Виробнича відмова	Відмова, що виникла в результаті недосконалості чи порушення технологічного процесу виготовлення або ремонту доїльної установки
Експлуатаційна відмова	Відмова, що виникла в результаті порушення встановлених правил або умов експлуатації доїльної установки

Практика технічної експлуатації доїльних установок переконує в тому, що існуючий рівень їх надійності не відповідає сучасним вимогам. Так, вже після 350 – 400 годин експлуатації ймовірність їх безвідмовної роботи знижується до нуля [10].

Ці факти надають проблемі підвищення надійності доїльних установок важливе значення і вимагають невідкладного її рішення.

Питання надійності деталей машин в застосуванні до певних галузей промисловості знайшло відображення в роботах Р.В. Кугеля, І.П. Полканова, В.П. Попова, А.С. Пронікова, А.І. Селіванова, М.П. Сергеева, В.Н. Трейєра, І.А. Ульмана [11, 12, 13, 14], а також стосовно профілю своєї спеціальності в працях багатьох дослідників [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22].

Проблеми надійності засобів механізації тваринницьких ферм досліджені в роботах Н.А. Димшиця, Я.І. Шефтера, А.І. Жиліна, В.С. Мкртумяна, Н.Р. Мамедова, В.А. Стремина, В.Т. Козлова, В.А. Крешика та інших [23, 24, 25]. В них викладені основні вимоги до параметрів доїльних установок, визначені показники надійності для подальшого їх вдосконалення. Питання оцінки надійності доїльних установок висвітлене в працях СибНИИМЭ, Челябінського ИМЭСХ, Оренбурзького СХИ, ВНИИТИМЖ.

Проте, в цих роботах недостатньо повно представлена інформація про характер і причини відмов; не вказуються чинники, що впливають на надійність і призводять до зміни робочих параметрів доїльних установок; не чітко розроблені питання оцінки експлуатаційної надійності. Крім того, зазначена міра залежності безвідмовності роботи установок від якості і повноти виконання робіт по їх технічному обслуговуванню. У багатьох дослідженнях доїльна установка розглядається тільки в початковому наближенні, без зв'язку з умовами експлуатації.

Основні терміни і поняття надійності доїльних установок визначені відповідно до Державного стандарту 27002-83 [26].

Головними об'єктами, що вивчаються теорією надійності, є відмови виробів, закономірності їх виникнення і шляхи усунення.

Відмова – подія, що полягає в порушенні працездатності.

Працездатність – стан доїльної установки, при якому вона виконує задані функції за параметрами, що відповідають вимогам технічної документації і фізіології тварини.

Довговічність – властивість доїльної установки зберігати працездатність до граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонтів.

Стосовно предмета дослідження умовимося називати системою сукупність спільно діючих технічних засобів, що складають доїльну установку. Тоді її частини (вакуумний насос, вакуумрегулятор, вакуумний трубопровід, доїльний апарат і т. д.) можуть бути названі елементами досліджуваної системи.

Методи розрахунку надійності визначаються наступними показниками: критеріями надійності виробів, тобто кількісними характеристиками надійності; характером початкових даних; видом відмов; законом розподілу часу між відмовами; конструктивними особливостями виробів і мірою їх готовності [27].

Дослідженнями В.Т. Козлова і В.А. Стреміна встановлено, що доїльна машина є відновлюваною системою безперервної дії, пов'язаною з обслуговуванням тварин [28].

Відмова системи викликає зрив технологічного процесу машинного доїння, а це призводить до таких наслідків, як неповне видоювання, самозапуск і захворювання тварин маститом [29, 30, 31, 32].

Під відмовою доїльної установки розуміється такий стан, при якому її технічні параметри виходять за межі допустимих значень, порушуючи її працездатність.

Тривалість роботи доїльної установки між відмовами залежить від різних чинників, які не постійні в часі. Це вологість, температура, склад повітряного середовища; якість регулювальних робіт і технічного обслуговування; кваліфікація обслуговуючого персоналу та інші. Внаслідок їх дії терміни служби деталей, вузлів і агрегатів доїльної установки є випадковими величинами.

З точки зору надійності до роботи доїльних установок пред'являються особливі вимоги, оскільки тварини дуже чутливі до перебоїв у функціонуванні

доїльних установок. У зв'язку з цим своєчасне виявлення чинників, що впливають на відмови, визначення характеристики, що забезпечує безвідмовність роботи доїльної установки, дозволяють зберегти її працездатність в заданих режимах і умовах експлуатації. Окрім цього, створюються умови для контролю і керування відмовами.

Таким чином, для забезпечення нормального функціонування технологічного процесу машинного доїння необхідно повністю виключити відмови доїльних установок, пов'язані з порушенням оптимальних режимів роботи, для чого слід проводити завчасно профілактичні операції.

Як показали результати досліджень (табл. 1.2), сучасні доїльні установки не мають стабільності робочих параметрів. В процесі експлуатації їх техніко-економічні показники, як правило, різко погіршуються [33].

Таблиця 1.2 – Ваккууметричні параметри сучасних доїльних установок

Марка доїльного апарату	Межа оптимального вакууму, кПа	Діапазон коливань вакууму, кПа
Темп	44,0...48,0	4,0
Стимул	45,3...53,3	8,0
ДА-3М (тритактовий)	50,6...53,3	2,7
Волга	50,6...53,3	2,7
Майга	48,0...50,7	2,7

Спостереження працівників СибНІИМЭ, Цілинної філії ГОСНИТИ та інших наукових колективів за роботою доїльних установок в господарствах показують, що в середньому через місяць їх експлуатації виявляються різного роду несправності та порушення регулювань [34, 35, 36, 37, 38]. Усі вони, як правило, є наслідком помилок, допущених при проектуванні, виготовленні і експлуатації.

Завдання сьогодення, щоб добре спроектована, добре виготовлена, детально випробувана і правильно експлуатована апаратура не відмовляла в роботі [39].

Відмови можна розділити на дві групи:

1. Відмови, що виникли в результаті грубих помилок або в принциповій схемі чи конструкції доїльних установок, або в технологічних режимах обробки; недотримання вимог конструкторської і технологічної документації при виготовленні, застосування некондиційних матеріалів і елементів, слабкий контроль за якістю виробів в процесі їх виготовлення. Відповідно до прийнятої класифікації відмов доїльних установок (табл. 1.1) ці відмови віднесені до конструкційних. Вони можуть бути усунені шляхом підвищення культури проектування і виробництва, поліпшення якості контролю. У цю ж групу можна віднести відмови доїльних установок, викликані недбалою експлуатацією, недотриманням її правил, порушенням встановленого процесу виготовлення, ремонту або технічного обслуговування.

2. Відмови в доїльних установках, задовільно спроектованих і виготовлених, які відбуваються внаслідок порушення взаємодії окремих елементів або їх групи. Попередження таких відмов вимагають від оператора досконалого володіння своєю спеціальністю, вміння аналізувати фізико-хімічні процеси, що відбуваються при роботі доїльної установки.

Грані між цими групами не є чіткими і постійними. По мірі підвищення культури проектування і виробництва критерії оцінок грубості помилок, що викликають відмови, змінюватимуться. Очевидно, надалі більше матимуть місце відмови другої групи.

Загальноприйняте ділення відмов доїльних установок на раптові (явні) і поступові (приховані) є умовним. У практиці будь-яка відмова настає, як правило, в результаті накопичення незворотних змін в елементах. Зміни їх параметрів і технічних характеристик у часі, обумовлені фізико-хімічними процесами, що відбуваються, є найбільш загальною причиною поступових відмов.

Під дією різних експлуатаційних чинників в елементах доїльної установки відбувається неухильне наростання зносу і деформація деталей, змінюється зносостійкість поверхонь тертя, порушується координація взаємного розташування зв'язаних елементів і тому подібне. Такі явища у механізмах будь-якого типу неминучі, вони призводять до виникнення поступових відмов, що

погіршує експлуатаційні та інші показники машин [40, 41].

Тому класифікація відмов доїльних установок за їх фізичною природою повинна ґрунтуватися передусім на урахуванні фізико-хімічних процесів, які побічно або безпосередньо впливають на працездатність елементів і викликають виникнення відмов, та умов їх протікання.

Процеси, що відбуваються в елементах і виробках доїльної установки, визначаються принципом її дії, конструкцією, використовуваними матеріалами, технологією виготовлення, режимами і умовами роботи.

З усієї сукупності фізичних або фізико-хімічних процесів, що протікають у виробі, слід виділити ті, що викликають найбільшу кількість відмов при заданих режимах і умовах роботи. До них, в першу чергу, відносяться такі, що викликають старіння матеріалів і знос окремих елементів доїльної установки.

Експлуатаційні чинники, впливають на процеси виникнення відмов за наступною схемою: по-перше, внаслідок поступової зміни характеристик і параметрів елементів відбуваються поступові відмови; по-друге, при змінах значень цих характеристик і параметрів, з підвищенням інтенсивності впливу до деякого критичного рівня, виникає раптова відмова.

Класифікацію експлуатаційних дій можна провести за наступними ознаками:

1. За умовами виникнення впливаючого чинника. До них можна віднести дії, визначувані довкіллям, що впливають на елементи незалежно від того, працюють вони або ні, і дії, що впливають на елементи тільки в умовах їх активної роботи. Перші визначаються вологістю, атмосферним тиском і його зміною, хімічним складом довкілля і так далі. До других відносяться механічні навантаження, тепло, що виділяється елементами або виникає в самому працюючому елементі (тертя).

2. За характером зміни в часі. Розрізняють два типи таких дій: до першого відносять збурення, які після виникнення або залишаються постійними, або закономірно змінюються (наприклад, за синусоїдальним законом) під час експлуатації доїльної установки. Ці дії, як правило, викликають поступові або

раптові відмови. До другого типу відносяться дії, що є випадковими функціями часу – стаціонарними, квазістаціонарними і нестаціонарними. Вони частіше викликають збої і відмови, що перемежаються.

Величина дії експлуатаційних чинників знаходиться в прямому зв'язку з режимом зберігання і активністю експлуатації доїльної установки.

У теорії найбільший інтерес представляє розділення відмов доїльних установок за типом експлуатаційної дії на раптові (явні) і поступові (приховані).

Внутрішній механізм процесів, що передують відмові і порушенню технічних параметрів доїльної установки, може бути вичерпно проаналізований тільки у кожному конкретному випадку, для кожного елемента системи, за заданих умов експлуатації і режимів роботи.

На практиці слід виділити небагато основних процесів, які за заданих умов визначали б надійність доїльної установки.

З усього цього можна зробити висновок, що основні фізико-хімічні процеси, які викликають старіння і знос елементів доїльних установок, кінець кінцем призводять до появи відмов, що перемежаються, і знижують ефективність машинного доїння.

1.2 Оцінка впливу відмов доїльних установок на ефективність машинного доїння

В якості основного засобу праці при виробництві молока виступає живий організм, який вимагає постійного контролю за технічними параметрами доїльної установки, що впливають на нього в процесі машинного доїння. Основними параметрами, від яких залежить ефективність взаємодії тварини і машин, є:

- величина вакууму;
- частота пульсацій доїльного апарату;
- співвідношення тактів доїльного апарату;
- натягнення дійної гуми в доїльному стакані.

Відхилення наведених параметрів від оптимальних характеризується як

відмова доїльної установки.

Разом з цим, слід виділити експлуатаційні відмови, що виникають через незадовільну роботу оператора (дояра). Характерними прикладами таких відмов є неправильне надягання доїльних стаканів, переповнювання ємностей молоком, порушення технології машинного доїння і т.д.

Ці відмови можуть бути усунені в організаційному порядку, тому надалі вони нами не розглядатимуться.

Дослідженнями В.А. Стреміна і В.Т. Козлова встановлено, що для тварини відмови вакуумної магістралі є більш небезпечними, ніж відмови доїльного апарату. Відмова одного і навіть двох доїльних апаратів знижують тільки ефективність їх використання, відмова ж вакуумної лінії призводить до зупинки процесу машинного доїння. Встановлено, що відмови доїльних апаратів тягнуть за собою відмови вакуумної магістралі.

При роботі доїльних апаратів повітря, що засмоктується через пульсатор, колектор і доїльні стакани, поступає по вакуумній магістралі у вакуумний насос. При цьому, за рахунок пульсатора і колектора доїльного апарату, на виході створюється пульсуючий потік повітря, який по вакуумному шлангу поступає у вакуумпровід. За наявності відмов доїльного апарату (вихід за межі допустимих значень частоти пульсацій і співвідношення тактів) коливання вакууму у вакуумній магістралі значно збільшуються і виходять за межі допустимих значень. Це, зрештою порушує режим роботи доїльної установки і негативно впливає на організм тварини.

Дослідження показали, що відновлення нормальних технічних параметрів роботи доїльної установки після короткочасного їх порушення не призводить до обов'язкового відновлення фізіологічного стану тварин. У цих випадках вони часто отримують травми вимені.

Початок таких захворювань відбувається приховано і виявляється тільки після того, як хвороба вже явно виражена. Тому, щоб попередити захворювання тварин, дуже важливо не допускати навіть короткочасних порушень параметрів, при яких повинні працювати доїльні установки.

Дослідженнями Ю.Н. Беляєвського встановлено, що робота на доїльних установках з порушеними параметрами призводить до гальмування рефлексу молоковіддачі у тварини, а це зрештою призводить до важкого захворювання вимені і до вибраковування корів. В періодичній літературі [42, 43] є великий матеріал про вплив режиму роботи доїльних установок на організм тварини, його продуктивність, швидкість доїння і так далі.

З аналізу літератури визначимо відмови доїльних установок і вплив їх на організм тварини.

1.3 Оцінка впливу величини вакууму у вакуумній системі на ефективність машинного доїння

Дослідженнями В. Ф.Корольова встановлено, що на зміну коливань вакууму і частоти пульсацій при доїнні корови реагують так само, як на зміну доярки, тобто тимчасово, доки не звикнуть до нового режиму, знижують удій. Крім того, коливання вакууму в доїльних установках чинять патологічну дію на вим'я корови. Так, дані Донецької дослідної станції і дослідження І.І. Балкового щодо впливу коливання вакууму на молочну залозу показали, що до 32 % корів захворюють маститом, молочна продуктивність їх знижується на 23 %, лактаційний період скорочується на 25 %.

Зарубіжні дослідники вважають, що чинниками негативного впливу на здоров'я тварин є коливання вакуумного режиму у вакуум-проводі, частота пульсацій і співвідношення тактів доїльного апарату, недостатнє натягнення соскової гуми в доїльному стакані.

За багаторічними спостереженнями В.І. Мутовина і його співробітників, найбільш безпечними для вимені корів є вітчизняні доїльні установки з доїльними апаратами "Волга", працюючі в трьохтактному режимі, при доїнні в переносні відра з вакуумом 48...52 кПа.

Проте, ті ж апарати стають небезпечними для здоров'я тварин, якщо вони працюють не в оптимальному режимі. При вакуумі нижче певного рівня сфінктер

повністю не відкривається, збільшується час виведення молока з вимені тварини, що призводить до зниження продуктивності доїльної установки. Мінімальний вакуум для слабодійних корів складає 6,7...10,0 кПа, а для тугодійних 26,6...33,3 кПа

Недостатній вакуум найсильніше позначається на доїнні тугодійних корів – вони видоюються дуже повільно. Встановлено, що вакуум величиною 50,7 кПа є оптимальним, оскільки забезпечує досить швидке доїння у більшості корів, не викликає у них занепокоєння і наповзання стаканів на соски.

Підвищення величини вакууму обмежується патологічною дією його на соски корів. Річ у тому, що під час доїння, коли з вимені витікає молоко, вакуум діє лише на кінчик соска, не завдаючи йому великої шкоди. Але як тільки витікання молока з вимені припиняється, вакуум починає поширюватися всередину вимені. За дослідженнями Ю.І. Беляєвського, при тривалій дії вакууму ніжні тканини внутрішньої порожнини вимені запалюються, розриваються капіляри і дрібні кровоносні судини, що призводить до важкого захворювання.

Можливість проникнення підвищеного вакууму в цистерни соска і вимені корови, вказує Н.Н. Белянчиков, обумовлена тим, що швидкість виділення альвеолярного молока набагато нижча за швидкість виведення молока, тому зайве підвищення вакууму є недоцільним. Зарубіжні дослідники відзначають, що при підвищенні вакууму часто відбувається наповзання стаканів на вим'я тварини, це викликає збільшення машинного додоювання і загального часу доїння.

Оптимальною величиною робочого вакууму для трьохтактного доїльного апарату, як відмічає В.Ф. Корольов, є 50,6...53,3 кПа. Збільшення вакууму вище 53,3 кПа викликає гіперемію сосків, яка у деяких корів не проходить до наступного доїння, про це свідчать багаторічні спостереження В.І. Мутовина і його співробітників, а також дослідження, проведені С.Г. Аббасовим. А. Соколов і Г. Талалаєв вважають підвищення вакууму понад 50,6 кПа взагалі неприпустимим.

Дуже важливо підтримувати в певних межах величину вакууму під соском, вона має бути 38,0...40,0 кПа [44]. Навіть постійне значення вакууму у

вакуумпроводі (50,6 кПа) викликає в міжстінному просторі в такт стискання коливання вакууму в межах 29,3...50,6 кПа. Тому величину вакууму у вакуумпроводі слід підтримувати у встановлених межах.

Багаторічні дослідження щодо впливу зміни меж вакууму на фізіологію вимені тварини, що проводяться ученими інституту фізіології імені І.П. Павлова, дозволили визначити його оптимальну величину для вітчизняних доїльних апаратів і встановити межі їх коливань (табл. 1.2).

За кордоном стандартами регламентовано, що зміна величини вакууму в доїльних установках при доїнні не повинна перевищувати 2,6 кПа. Як видно з таблиці 1.2, для окремих радянських марок доїльних апаратів межі оптимального вакууму (50,6...53,3 кПа) збігаються з показниками для зарубіжних апаратів, а допустимі коливання складають не більше 2,6 кПа.

Колівання робочого вакууму під час доїння призводять до порушення стереотипу, що викликає гальмування рефлексу молоковіддачі, збільшення часу доїння, зниження продуктивності тварин. Іншими словами, вакуум в трубопроводах доїльної установки має бути не лише певної величини, але постійним впродовж усього доїння.

На практиці коливання вакууму у вакуумпроводах існуючих доїльних установок в 2 – 3 рази перевищують норми. Як показали дослідження, коливання вакууму широко поширеного трьохтактного доїльного апарату "Волга" в межах 4,0...5,3 кПа викликає його зміну в підсосковій камері в 3 – 4 рази при доїнні у відро. Таким чином, навіть незначна зміна вакуумного режиму у вакуумпроводі може викликати істотні порушення фізіологічного процесу машинного доїння тварин.

З аналізу періодичної літератури витікає, що доїння повинне проходити при сталому вакуумному режимі (48,0... 50,7) + 2,7 кПа. Вихід величини робочого вакууму за межі 48,0...50,7 кПа і коливання його у вакуумпроводі понад 2,7 кПа являє собою відмову доїльної установки, що переважається.

1.4 Оцінка впливу частоти пульсацій і співвідношення тактів доїльного апарату на ефективність машинного доїння

В процесі роботи доїльної установки частота пульсацій і співвідношення тактів доїльного апарату мають бути стабільними. Роботи К.І. Кавешникової [45], Ф.Х. Клауфа, У.Г. Уітлстоуна і ряду інших авторів про вплив основних параметрів доїльних апаратів на показники машинного доїння дозволяють встановити оптимальні межі цих параметрів в схемі трьохтактного апарату для співвідношення тривалості тактів смоктання – стискання – відпочинок (60-10-30 %) і для частоти пульсацій 60 хв^{-1} . Були спроби розширити вказані межі в бік форсування режимів роботи апарату, наприклад, Е.О. Зих [46]. Але при багатократній перевірці поліпшення показників доїння не підтвердилося і такий апарат не знайшов практичного застосування.

В.Ф. Корольов і У.Г. Уітлстоун відзначають, що нестабільність частоти пульсацій впливає на процес доїння негативно, оскільки зміна цього параметра спричиняє за собою зменшення молоковіддачі.

Деякі майстри машинного доїння і зоотехніки необґрунтовано вважають, що збільшення частоти пульсацій в межах $70...100 \text{ хв}^{-1}$ підвищує продуктивність доїльного апарату і зменшує час доїння. Доведено, що зі збільшенням частоти пульсацій порівняно багато часу витрачається на переходи від одного такту до іншого. Час такту відпочинку при 100 хв^{-1} на хвилину займає 15-20 % замість 30 % при нормальній частоті (60 хв^{-1} на хвилину). В результаті цього порушується кровообіг в сосці. Подібну думку поділяють Е. Єланська і Н. Керимов. У своїх дослідженнях вони дійшли висновку, що частота пульсацій в трьохтактному доїльному апараті має бути 60 хв^{-1} на хвилину.

Н.Г. Деєв [47] експериментальною перевіркою впливу частоти пульсацій на тривалість доїння і удій встановив, що збільшення її з 60 хв^{-1} до 90 хв^{-1} не лише не прискорює процес доїння, а навпаки, уповільнює його на 11,8 %, знижуючи молочну продуктивність в середньому на 9,2 %. Подібні висновки роблять і зарубіжні дослідники, вважаючи збільшення частоти пульсацій понад 60 хв^{-1}

неефективним засобом поліпшення процесу доїння.

Якщо порушення частоти пульсацій доїльного апарату гальмують молоковіддачу із-за порушення умовно-рефлекторної діяльності центральної нервової системи тварини, збиваючи його із звичного ритму доїння, то зменшення величини співвідношення тактів прямо знижує рівень безумовного рефлексу і погіршує умови евакуації молока. Збільшувати ж величину співвідношення тактів неможливо внаслідок забезпечення безпеки молочної залози тварини.

Окрім частоти пульсацій і співвідношення тактів доїльного апарата, на показники доїння істотно впливає характер перехідних процесів у міжстінних камерах доїльних стаканів, залежний від часу спорожнення і наповнення цих камер повітрям. Припустимо, що при деякій швидкості зміни силової дії дійної гуми на сосок, так само як і для оптимуму частоти пульсацій, створюються нормальні умови для підтримки рефлексу. Дослідниками відзначено, що при занадто різких змінах цієї взаємодії, що настають при швидкому підвищенні тиску повітря в міжстінних камерах, настає гальмування рефлексу у тварини, у зв'язку з чим погіршуються показники доїння. При цьому у корів підвищується відсоток захворювання маститом.

Зарубіжні науковці встановили, що при швидкій зміні тиску в міжстінній камері при переході від смоктання до стискання, в підсосковій камері стакана він зростає настільки, що стає вищим за внутрішньососковий. Під дією різниці цих тисків молоко зі стакана нагнітається назад в сосок. При різкому стисканні самого соска молоко частково підіймається назад в цистерну вимені. Зростаючий при цьому гідравлічний опір і пов'язані з ним больові відчуття у тварини гальмують рефлекс молоковіддачі. Швидке зниження тиску в міжстінних камерах нешкідливе і бажане, оскільки веде до більш раннього відкриття соскової гуми, подовжуючи тим самим такт смоктання. Відхід від заданого режиму в міжстінних камерах може спричиняти за собою недостатнє розкриття дійної гуми в такті смоктання, погіршення умови евакуації молока або неповне зачинення гуми в такті стискання, яке не забезпечує необхідного захисту соска від підсоскового вакууму. Крім того, перше порушення може викликати "мокре доїння", коли

кінчик соска постійно омивається молоком.

Спеціальні дослідження, проведені В.П. Бабкіним (СРСР), К.Н. Гупфауером (ФРН), Д.М. Філіпсом (Австралія), по з'ясуванню впливу швидкості перехідних процесів в міжстінних камерах на технологічні показники машинного доїння показали, що час перехідного процесу від такту смоктання до такту стискання не повинен перевищувати 0,1 с. Більш ефективно вплив часу перехідних процесів на швидкість доїння проявляється при великих разових удоях – 4-9 л. При удоях менше 4 л такий вплив майже не відчутний і різниці в підвищенні швидкості доїння при різній тривалості перехідних процесів не простежується.

Таким чином, доїльний апарат, безпосередньо впливаючи на молочну залозу, відіграє важливу роль в регулюванні рефлексу молоковіддачі. Порушення оптимальних параметрів (табл. 1.3) доїльного апарату в процесі доїння класифікуються як поступові відмови доїльної установки.

Таблиця 1.3 – Оптимальні значення параметрів вітчизняних доїльних апаратів в період доїння у стадії щедрої молоковіддачі

Марка апарату	Величина вакууму, кПа	Частота пульсацій, хв ⁻¹	Величина такту, кПа		
			смоктання	стискання	відпочинок
ДА-3М	50,7	60	60	10	30
"Волга"	50,7	60	64	II	25
"Супутник"	50,7	60	56	12	32
"Майга"	47,6	80...90	70	30	• —
"Темп"	42,6	150...200	100	—	—
"Стимул"	45,6...50,7	60...80	67	• —	33

1.5 Оцінка впливу натягнення дійної гуми на ефективність машинного доїння

Дія доїльного апарату на організм тварини здійснюється через доїльні стакани.

Найважливішою деталлю двокамерного доїльного стакана є дійна гума. Вона контактує з вим'ям тварини і від її технічного стану залежить дотримання правильної експлуатації доїльної установки, продуктивність тварин, а часто і їх

здоров'я.

Вітчизняні і зарубіжні дослідники [48, 49] вважають, що найбільш негативні наслідки на організм тварин викликають підвищена жорсткість дійної гumi і недостатнє натягнення її в доїльному стакані.

Дійна гума, що поставляється промисловістю, при одній і тій самій довжині має різну жорсткість. Перевірка дослідної партії показала, що під дією сили 58,8 Н величина подовження коливається від 29 до 44 мм.

Стакан має постійну довжину. Звідси очевидно, що дійна гума з різною жорсткістю в стаканах матиме різне натягнення, тому окремі долі вимені видоюватимуться з різною швидкістю.

Така нерівномірна дія зрештою призведе до зниження продуктивності й захворювання тварин маститом. Тому перед зборкою стаканів уся дійна гума повинна пройти контроль на жорсткість, після чого її розбивають по цьому признаку на групи, в яких різниця по довжині при зусиллі 58,8 Н була б не більше 5 мм.




Зміна технічного стану дійної гumi з відхиленням від допустимих значень буде поступовою відмовою доїльної установки.



1.6 Аналіз існуючих технічних засобів визначення техніко-технологічних параметрів доїльного обладнання





Комплект устаткування контролю техніко-технологічних параметрів доїльного обладнання, що буде розроблено внаслідок досягнення поставленої мети, не має вітчизняних аналогів. В порівнянні з зарубіжними аналогами комплект устаткування дозволить, окрім визначення технічних параметрів доїльного обладнання (максимальний, мінімальний і середній статичний та максимальний динамічний тиск (пульсації) вакуумної системи, тривалість і баланс фаз та період пульсацій), проводити прогнозування параметричної надійності вузлів доїльного обладнання в процесі діагностики стану і сервісного обслуговування доїльного обладнання, пошук оптимальних параметрів вузлів



доїльного обладнання в процесі виробничих випробувань. Його собівартість буде значно меншою за вартість існуючих аналогів (DeLaval VPR100 – 2300€, GEA WestfaliaSurge PulsoTest – 1900€) (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Закордонні аналоги вимірювачів технічних параметрів доїльного обладнання

Вид	Назва	Характеристика	Виробник, бібліографічні дані
1	2	3	4
Електронний вимірювач параметрів доїльного обладнання Електронний вимірювач пульсації	<p>MilkoTest MT 52</p> 	<p>Вимірювальний пристрій для комплексної діагностики доїльних установок.</p> <p>Тиск: діапазон: +20 – -100 кПа, похибка: ± 0.6 кПа, частота опитування: 400 Гц.</p> <p>Температура: діапазон: -50 – +150 °С, похибка: ± 0.1 °С.</p> <p>Тахометр: діапазон: 500 – 5000 об/хв; похибка менше 5 об/хв; роздільна здатність: 1 об/хв.</p> <p>Вимірювання часу молоковіддачі.</p>	<p>http://www.bepro.ch/messtechnik_mt52.html</p>
	<p>Тестер серії VPR100</p> 	<p>VPR100 – професійний прилад, призначений для тестування доїльних установок.</p> <p>Тиск: діапазон: + 10 – - 80 кПа, похибка: ± 0.6 кПа, роздільна здатність: 0.1 кПа, частота опитування: 300 Гц.</p> <p>Тахометр: Діапазон: 0 – 10 000 об/хв, похибка менше 5 об/хв, роздільна здатність: 1 об/хв.</p> <p>Повітряний потік: Згідно з використовуваним витратоміром повітря.</p> <p>Зовнішні датчики: Діапазон: + 10 – -80 кПа, похибка: ± 0.6 кПа, роздільна здатність: 0.1 кПа, частота опитування: 300 Гц.</p>	<p>ДП ДеЛаваль (Україна) http://www.delaval.com.ua http://www.delaval.ru/Products/Service-and-parts/DeLaval_performance_tester_VPR100.htm?wbc_purpose=basAb</p>
	<p>Вимірювач параметрів доїльного обладнання TEST-1</p> 	<p>Призначений для збору, обробки і зберігання інформації про змінні параметри технологічних процесів виробництва продукції агропромислового комплексу. При найповнішій конфігурації створений вимірювач включає:</p> <ul style="list-style-type: none"> три датчики вакуумметричного тиску (похибка 0,15 %); штучний сосок-датчик з двома 	<p>Науково-дослідний інститут "ELIRI" S. A. (Молдова) http://www.eliri.md/index.php?lang=ru&f=mc_test_1</p>

1	2	3	4
		<p>вбудованими сенсорами – вакуумметричного (від 0 до 90 кПа) і гідродинамічного (від мінус 20 до +30 кПа) тисків;</p> <ul style="list-style-type: none"> • датчик надмірного тиску (до 700 кПа); • датчик абсолютного тиску (0,250 кПа) для вимірювання атмосферного тиску; • датчик потоку повітря (10-8000 л/хв); • безконтактний тахометр для вимірювання швидкості обертання валів двигунів насосів; • зонд для вимірювання напруги постійного струму до 42 V; • кільцевий зонд для вимірювання електричного опору молока; • 2 датчика температури. 	
	<p>Pulsotest Vacuoscope / Minipulsotest</p> 	<p>Прилад призначений для проведення вимірювань у польових умовах. Вимірювані параметри: показники пульсацій (тривалість і співвідношення фаз) та флуктуації вакууму.</p>	<p>Компанія “Meditation Precision” (Іспанія). http://www.pulsografo.net/pulsotest_syncro.htm</p>
	<p>EXENDIS PT-V Pulsatortester.</p> 	<p>Прилад призначений для вимірювання головних технологічних показників роботи доїльних установок. Зокрема містить вбудований міні-принтер, що дозволяє відобразити часові залежності пульсацій та флуктуацій вакууму в вакуумній системі доїльної установки.</p>	<p>Компанія “Exendis B.V.” (Нідерланди) http://www.exendis.com/index.asp?type=30&PaginaID=62&CatID=243&SubID=171&ADID=5 http://www.pulsatortester.com/PTV_en-20050426.pdf</p>
	<p>Pulsotester Vacuoscope Comfort</p>	<p>Призначений для діагностики пульсаторів доїльних установок, зокрема для вимірювання тривалості та співвідношення фаз пульсацій вакууму.</p>	<p>Компанія “Meditation Precision” (Іспанія). http://www.pulsografo.net/pulsotest_comfort.htm</p>

1	2	3	4
	 <p>Pulsotester Comfort</p> 	<p>Призначений для вимірювання вакууму, пульсацій і швидкості обертання ротору електродвигуна в доїльних установках.</p> <p>Тиск: діапазон: + 20 – - 60 кПа, похибка: ± 0.6 кПа, частота опитування: 200 Гц.</p> <p>Тахометр: діапазон: 0 – 15 000 об/хв, похибка менше 10 об/хв.</p> <p>Зовнішні датчики: діапазон: + 20 – -60 кПа, похибка: ± 0.6 кПа, частота опитування: 200 Гц</p>	<p>GEA WestfaliaSurge GmbH (Німеччина) www.westfaliasurge.com http://www.westfalia.com/Images/PulsoTest_Comfort_LowRes_DE_109740_tcm60-65356.pdf</p>
Електронний вакуумметр	<p>DIGITAL VACUUM METER DVM-01</p> 	<p>Цифровий вакуумметр призначений для контролю рівня вакууму в вакуумній системі доїльної установки з метою попередження захворювання дійних корів маститом. Передбачає можливість вимірювання як негативного, так і позитивного тиску.</p>	<p>Компанія “Medition Precision” (Іспанія). http://www.pulsografo.net/vacuometro.htm</p>
Електронний вимірювач витрат повітря вакуумного насосу	<p>DVG DIGITAL вакуумметр</p>  <p>AIRFLOWMETER AFM-3000</p>  <p>AIRFLOWMETER AFM</p>	<p>До складу набору входять:</p> <ul style="list-style-type: none"> - витратомір повітря AFM 3000; - з'єднувальні елементи; - насадка для розширення діапазону вимірювань; - цифровий вакуумметр. <p>Витратомір повітря призначений для проведення діагностики вакуумного насосу, зокрема для визначення його продуктивності та витоків повітря в вакуумній системі.</p> <p>For fully automatic Air Flow-Measurement 10-3400 lt/min (5%) Прилад призначений для повністю автоматизованого вимірювання витрат повітря. Діапазон вимірювання: 10 – 3400 л/хв</p>	<p>Компанія “Medition Precision” (Іспанія). http://www.pulsografo.net/kit.htm</p> <p>Компанія “Medition Precision” (Іспанія). http://www.pulsografo.net/audalimetro.htm</p> <p>Компанія “Medition Precision” (Іспанія). http://www.pulsografo.net/NUEVO-2.htm</p>

1	2	3	4
		похибка – не більше 5 %.	
	MICROAIRFLO WMETER MAF 	Призначений для визначення наявності та величини витoku повітря в вакуумній системі доїльної установки. Діапазон вимірювання: 0 – 50 л/хв.	Компанія “Mediton Precision” (Іспанія). http://www.pulsografo.net/NUEVO-3.htm

1.7 Висновки з розділу

1. В результаті аналізу впливу відмов молочно-доїльного обладнання на ефективність машинного доїння було встановлено, що основними параметрами, від яких залежить ефективність взаємодії тварини і машин, є величина вакууму (18 %), частота пульсацій доїльного апарата (14 %), співвідношення тактів доїльного апарата (14 %), сила натягу дійкової гуми в доїльному стакані (16 %).

2. З аналізу впливу відмов молочно-доїльного обладнання на ефективність машинного доїння було встановлено, що доїння повинне проходити при сталому вакуумному режимі 48,0-52,0 кПа, частота пульсацій повинна знаходитись у межах 50-65 хв⁻¹, співвідношення тактів пульсацій – 0,5-0,7, сила натягу дійкової гуми – 50-70 Н.

3. В результаті патентно-інформаційних досліджень обрані прилади-аналоги для вимірювання технічних параметрів доїльного обладнання: MilkoTest MT52, DeLaval VPR100, GEA WestfaliaSurge PulsoTest.

1.8 Мета і задачі досліджень

Метою досліджень є підвищення ефективності експлуатації молочно-доїльного обладнання шляхом застосування комплексу устаткування виробничого контролю параметрів доїльних установок.

Для досягнення поставленої мети необхідно рішення наступних задач:

- проведення аналізу впливу відмов вакуумної системи молочно-доїльного обладнання на технологічний процес машинного доїння;
- визначення функціональної залежності зміни техніко-технологічних параметрів вакуумної системи молочно-доїльного обладнання в залежності від тривалості її експлуатації;
- розробити комплект устаткування виробничого контролю параметрів доїльних установок і провести калібрування його метрологічних параметрів;
- проведення експериментальних досліджень впливу техніко-технологічних параметрів вакуумної системи молочно-доїльного обладнання на ефективність машинного доїння і зміни їх в залежності від тривалості експлуатації;
- визначення техніко-економічної ефективності застосування комплексу устаткування виробничого контролю параметрів доїльних установок.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОЛОЧНО-ДОЇЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

2.1 Теоретична оцінка показників надійності вакуумної системи доїльні установки

Для підвищення рівня функціональної надійності доїльної установки в цілому необхідно якнайкраще знати показники надійності її складових елементів. В.К. Дедков і Н.А. Северцев [50] під функціональною надійністю об'єкта розуміють властивість об'єкта безвідмовно працювати впродовж певного інтервалу часу експлуатації при дотриманні технічного обслуговування і поточного ремонту. Таким чином, під функціональною надійністю вакуумної системи слід розуміти здатність безвідмовно виконувати свої функції впродовж встановленого напрацювання на заданому рівні в реальних умовах експлуатації при своєчасному і повному виконанні операцій технічного обслуговування і поточного ремонту. Виходячи з аналізу робіт Л.П. Карташова, Ю.А. Цоя, Н.М. Морозова, С.В. Мельникова, В.Г. Коби, Ю.А. Симарева, Л.П. Кормановського, П.В. Андрєєва, В.П. Похваленського, А.А. Артюшина, В.С. Мкртумяна та інших авторів [51, 52, 53, 54, 55, 56], встановлено, що для обґрунтування функціональної надійності вакуумної системи передусім необхідно визначити значення імовірнісно-статистичних показників і встановити закони їх розподілу. На основі отриманих оцінок показників і законів розподілу, використовуючи загальні прийоми і методи теорії надійності, стає можливим визначити функціональну надійність вакуумної системи.

Метою досліджень є отримання теоретичних залежностей показників надійності вакуумної системи доїльної установки.

Для аналізу взаємозв'язку показників ефективності роботи доїльної установки, за які приймаємо загальнотехнічні характеристики – продуктивність (W), час доїння (τ_d), затрати ручної праці (Z_r); характеристики отримуваної

продукції – надій на 1 фуражну корову (H), якість ($Я$) (засміченість, бактеріальна обсеменінність, кислотність) і жирність молока ($Ж$); характеристики безпеки тварин – травматизм (T), захворюваність маститом (M) і передчасний запуск ($П_3$), з її конструктивно-технологічними параметрами, що характеризують надійність функціонування цієї системи, можна записати наступний вираз:

$$E(t) = \begin{pmatrix} W & \tau_d & З_{II} \\ H & Я & Ж \\ T & M & П_3 \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

В результаті проведеного причинно-наслідкового аналізу чинників, що викликають ті або інші наслідки, було виділено чотири основні групи чинників:

1. Чинники, що характеризують відбір і підготовку тварин до машинного доїння (відбір за придатністю тварин до машинного доїння, привчання до машинного доїння, виклик повноцінного рефлексу молоковіддачі).

2. Чинники, що характеризують стан і надійність функціонування доїльних установок (правильність виконання монтажних робіт, автоматизація відключення доїльних апаратів, стабілізація вакуумного режиму, стабільна подача вакуумного насоса, герметичність і засміченість молочно-вакуумної лінії, навантаження на доярку і кількість обслуговуваних доїльних апаратів).

3. Чинники, що характеризують стан і надійність функціонування доїльних апаратів (комплектність, стабільність частоти пульсацій і співвідношення тактів, нормативна маса підвісної частини, цілісність і герметичність соскової гуми).

4. Організаційно-технологічні чинники процесу машинного доїння (дотримання правил машинного доїння, порядок доїння корів).

Для визначення ймовірності того, що система доїння в певний момент часу, тобто впродовж періоду доїння τ_d , ефективно працюватиме, визначаємо ймовірність надійного функціонування, ймовірність безвідмовної роботи або ймовірність набуття оптимальних значень показників, що характеризують цю ефективність. Але в даному випадку нас більше цікавлять впливи конструктивних чинників на показники ефективності використання доїльної установки. В цілому

саме від надійності функціонування цих вузлів залежатиме ефективність використання доїльної установки.

Вакуумна система доїльної установки (рис. 2.) складається з $4+7N$ елементів (4 послідовних елемента – вакуумний насос ВН, вакуумний балон ВБ, вакуумрегулятор ВР, вакуумпровід ВП і N паралельних елементів – доїльні апарати ДА, до складу яких входять 3 послідовних елемента – пульсатор П, вакуумні шланги Ш, колектор К та 4 доїльні стакани ДС, що з'єднані паралельно), кожен з яких має певні характеристики надійності:

- ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$;
- щільність розподілу часу безвідмовної роботи $f(t)$

$$f(t) = -\frac{dP}{dt}; \quad (2.2)$$

- інтенсивність відмов системи $\lambda(t)$ в момент часу t

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}; \quad (2.3)$$

- середній час безвідмовної роботи системи (наробіток на відмову) T

$$T = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (2.4)$$

Під послідовним з'єднанням, з точки зору надійності, розуміють таке, при якому відмова будь-якого елемента призводить до відмови системи в цілому. Під паралельним з'єднанням розуміють таке, при якому відмова системи настає тільки при відмові усіх її елементів (відмова не настає, якщо працездатний хоч би один елемент).

Якщо розглянути доїльну установку, що є системою з кінцевим часом відновлення кожного зі сполучених елементів, то згідно теорії надійності [5], ймовірність безвідмовної роботи системи в цілому ми можемо представити у вигляді:

$$P(t) = P_{ВН}(\tau_D) \cdot P_{ВБ}(\tau_D) \cdot P_{ВР}(\tau_D) \cdot P_{ВП}(\tau_D) \times \\ \times \left(-P_{П}(\tau_D) \cdot P_{Ш}(\tau_D) \cdot P_{К}(\tau_D) \cdot \left(-P_{ДС}(\tau_D) \right)^N \right) \quad (2.5)$$

Таким чином, для отримання найбільшої ефективності використання до-

їльної установки необхідно, щоб $P(t) \rightarrow 1$.

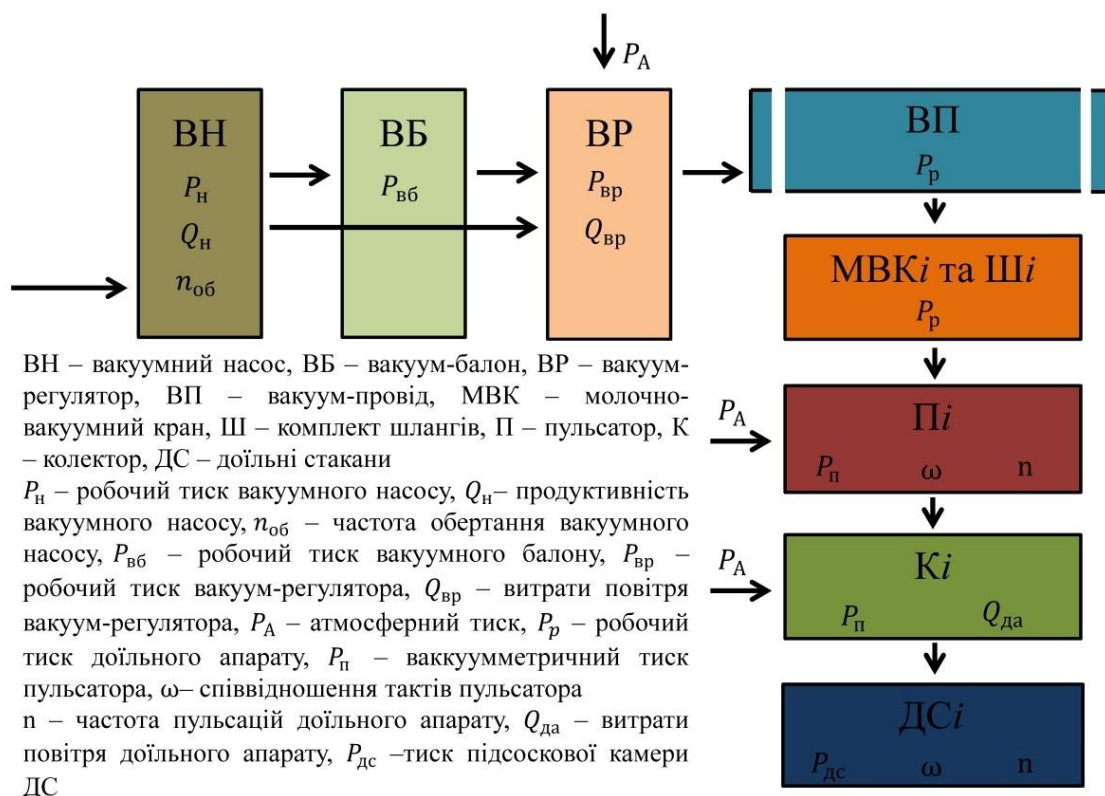


Рисунок 2.1 – Структурно-функціональна схема доїльної установки

Дослідження [55] свідчать про те, що ймовірність роботи вузлів доїльної установки слідує законам розподілу: нормальному, Вейбулла-Гнеденко, експоненціальному та ін. І, як правило, для опису розподілів відмов сільськогосподарських машин або їх систем вибирається один з перелічених законів.

При дослідженні імовірнісних характеристик надійності центральне місце займає вибір і оцінка параметрів таких теоретичних розподілів (законів розподілів), які найкраще узгоджуються з емпіричними розподілами ймовірності досліджуваних величин.

У зв'язку з різноманіттям причин і умов виникнення відмов, для опису надійності застосовують декілька законів розподілів, які встановлюють шляхом апроксимації результатів випробувань або спостережень в експлуатації.

Теорія ймовірності пропонує багато законів розподілів, але лише деякі з них

застосовуються для практичних розрахунків показників надійності [56].

Нормальний розподіл (розподіл Гауса) [54] є найбільш універсальним, зручним і широко вживаним для практичних розрахунків.

Розподіл завжди підкоряється нормальному закону, якщо на змінення випадкової величини впливає багато приблизно рівнозначних чинників. Нормальному розподілу слідує напрацювання багатьох відновлюваних і невідновних виробів, розміри і похибки вимірювань деталей і так далі.

Щільність розподілу відмов оцінюється за формулою:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}} dt \quad (2.6)$$

Розподіл має два незалежні параметри: математичне очікування a і середнє квадратичне відхилення σ .

Ймовірність безвідмовної роботи відповідно дорівнює:

$$P(t) = 1 - \int_{-\infty}^t f(t) dt = 0,5 - \Phi\left(\frac{t-a}{\sigma}\right) \quad (2.7)$$

де $\Phi(x)$ – функція Лапласа:

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx \quad (2.8)$$

Розподіл Вейбулла – досить універсальний розподіл, що охоплює шляхом варіювання параметрів широкий діапазон випадків зміни ймовірності. Він задовільно описує напрацювання деталей і вузлів технологічного устаткування за втомними руйнуваннями, застосовується також для оцінки надійності за припрацювальних відмовах.

Розподіл характеризується наступною функцією вірогідності безвідмовної роботи:

$$P(t) = e^{-\lambda t^\delta} \quad (2.9)$$

Щільність розподілу відмов:

$$f(t) = \lambda \delta t^{\delta-1} e^{-\lambda t^\delta} = \lambda \delta t^{\delta-1} P(t) \quad (2.10)$$

Форма залежності параметрів надійності від часу відповідно до розподілу Вейбулла залежить від параметра δ .

Доїльна установка є сукупністю окремих відновлюваних систем, які, у свою чергу, складаються з послідовно і паралельно з'єднаних елементів.

Як показав попередній аналіз надійності вакуумної системи доїльної установки, виникаючі відмови слідуєть двом законам розподілу: Гауса і Вейбулла.

Тоді ймовірність безвідмовної роботи окремих елементів вакуумної системи представляється таким чином:

- для вакуумного насоса ВН:

$$P_{ВН}(t) = e^{-\lambda_{ВН} t^{\delta_{ВН}}} \quad (2.11)$$

- для вакуум регулятора ВР:

$$P_{ВР}(t) = 0,5 - \Phi\left(\frac{t - a_{ВР}}{\sigma_{ВР}}\right) \quad (2.12)$$

- для вакуумного балона ВБ:

$$P_{ВБ}(t) = 0,5 - \Phi\left(\frac{t - a_{ВБ}}{\sigma_{ВБ}}\right) \quad (2.13)$$

- для вакуумпровода ВП:

$$P_{ВП}(t) = 0,5 - \Phi\left(\frac{t - a_{ВП}}{\sigma_{ВП}}\right) \quad (2.14)$$

- для пульсатора П:

$$P_{П}(t) = 0,5 - \Phi\left(\frac{t - a_{П}}{\sigma_{П}}\right) \quad (2.15)$$

- для вакуумних шлангів Ш:

$$P_{Ш}(t) = 0,5 - \Phi\left(\frac{t - a_{Ш}}{\sigma_{Ш}}\right) \quad (2.16)$$

- для колектора К:

$$P_{К}(t) = 0,5 - \Phi\left(\frac{t - a_{К}}{\sigma_{К}}\right) \quad (2.17)$$

- для доїльних стаканів ДС:

$$P_{ДС}(t) = 0,5 - \Phi\left(\frac{t - a_{ДС}}{\sigma_{ДС}}\right) \quad (2.18)$$

Використовуючи формули (2.11) – (2.18), отримаємо вираз функції

надійності вакуумної системи у вигляді:

$$P(t) = e^{-\lambda_{BH} t^{\delta_{BH}}} \cdot \left(0,5 - \Phi\left(\frac{t-a_{BB}}{\sigma_{BB}}\right) \right) \cdot \left(0,5 - \Phi\left(\frac{t-a_{BP}}{\sigma_{BP}}\right) \right) \cdot \left(0,5 - \Phi\left(\frac{t-a_{BII}}{\sigma_{BII}}\right) \right) \times \\ \times \left(1 - \left(0,5 - \Phi\left(\frac{t-a_{II}}{\sigma_{II}}\right) \right) \cdot \left(0,5 - \Phi\left(\frac{t-a_{III}}{\sigma_{III}}\right) \right) \cdot \left(0,5 - \Phi\left(\frac{t-a_K}{\sigma_K}\right) \right) \cdot \left(1 - \left(0,5 - \Phi\left(\frac{t-a_{DC}}{\sigma_{DC}}\right) \right) \right) \right)^4 \right)^N \quad (2.19)$$

Знайдемо похідну від виразу $0,5 - \Phi\left(\frac{t-a}{\sigma}\right)$:

$$\frac{d}{dt} \left(0,5 - \Phi\left(\frac{t-a}{\sigma}\right) \right) = \frac{d}{dt} \left(0,5 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{t-a}{\sigma}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{t-a}{\sigma}}^0 e^{-\frac{x^2}{2}} dx \right) = \\ = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{t-a}{\sigma}}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx \right) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.20)$$

Тоді щільність відмов вакуумної системи можна представити у вигляді:

$$f(t) = -\frac{dP}{dt} = -P(t) \frac{d \ln P(t)}{dt} \quad (2.21)$$

В результаті проведення математичних обчислень отримуємо:

$$\ln P(t) = -\lambda_{BH} t^{\delta_{BH}} + \ln\left(\frac{1}{2} - \Phi_{BB}\right) + \ln\left(\frac{1}{2} - \Phi_{BP}\right) + \ln\left(\frac{1}{2} - \Phi_{BII}\right) + \\ + N \ln\left(1 - \left(\frac{1}{2} - \Phi_{II}\right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_{III}\right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_K\right) \left(1 - \left(\frac{1}{2} - \Phi_{DC}\right) \right) \right)^4 \right) \quad (2.22)$$

звідси

$$\frac{d}{dt} \ln P(t) = -\lambda_{BH} \delta_{BH} t^{\delta_{BH}-1} - \frac{\frac{d\Phi_{BB}}{dt}}{\frac{1}{2} - \Phi_{BB}} - \frac{\frac{d\Phi_{BP}}{dt}}{\frac{1}{2} - \Phi_{BP}} - \frac{\frac{d\Phi_{BII}}{dt}}{\frac{1}{2} - \Phi_{BII}} + \\ + N \frac{\frac{\frac{d\Phi_{II}}{dt}}{\frac{1}{2} - \Phi_{II}} + \frac{\frac{d\Phi_{III}}{dt}}{\frac{1}{2} - \Phi_{III}} + \frac{\frac{d\Phi_K}{dt}}{\frac{1}{2} - \Phi_K} + 4 \frac{\frac{d\Phi_{DC}}{dt}}{1 - \left(\frac{1}{2} - \Phi_{DC}\right)}}{1 - \left(\frac{1}{2} - \Phi_{II}\right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_{III}\right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_K\right) \left(1 - \left(\frac{1}{2} - \Phi_{DC}\right) \right)^4} - 1 \quad (2.23)$$

В результаті отримуємо формулу для щільності відмов вакуумної системи:

$$\begin{aligned}
P(t) = & e^{-\lambda_{BH} t^{\delta_{BH}}} \left(\frac{1}{2} - \Phi_{BB} \right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_{BP} \right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_{BP} \right) \times \\
& \times \left[1 - \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\Pi} \right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{Ш}} \right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{К}} \right) \left(1 - \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{ДС}} \right) \right)^4 \right]^N \times \\
& \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[-\lambda_{BH} \delta_{BH} t^{\delta_{BH}-1} \sqrt{2\pi} - \frac{\sigma_{BB}}{\frac{1}{2} - \Phi_{BB}} - \frac{\sigma_{BP}}{\frac{1}{2} - \Phi_{BP}} - \frac{\sigma_{BP}}{\frac{1}{2} - \Phi_{BP}} + \right. \\
& \left. - \frac{\sigma_{\Pi}}{\frac{1}{2} - \Phi_{\Pi}} - \frac{\sigma_{\text{Ш}}}{\frac{1}{2} - \Phi_{\text{Ш}}} - \frac{\sigma_{\text{К}}}{\frac{1}{2} - \Phi_{\text{К}}} - 4 \frac{\left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{ДС}} \right)^3 \frac{1}{\sigma_{\text{ДС}}} e^{-\frac{\epsilon_{\text{ДС}}^2}{2\sigma_{\text{ДС}}^2}}}{1 - \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{ДС}} \right)^4} \right] + \\
& + N \frac{1}{\frac{\left(\frac{1}{2} - \Phi_{\Pi} \right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{Ш}} \right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{К}} \right) \left(1 - \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{ДС}} \right) \right)^4 - 1}}
\end{aligned} \tag{2.24}$$

Інтенсивність відмов вакуумної системи може бути визначена за формулою:

$$\begin{aligned}
\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = & \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[-\lambda_{BH} \delta_{BH} t^{\delta_{BH}-1} \sqrt{2\pi} - \frac{\sigma_{BB}}{\frac{1}{2} - \Phi_{BB}} - \frac{\sigma_{BP}}{\frac{1}{2} - \Phi_{BP}} - \frac{\sigma_{BP}}{\frac{1}{2} - \Phi_{BP}} + \right. \\
& \left. - \frac{\sigma_{\Pi}}{\frac{1}{2} - \Phi_{\Pi}} - \frac{\sigma_{\text{Ш}}}{\frac{1}{2} - \Phi_{\text{Ш}}} - \frac{\sigma_{\text{К}}}{\frac{1}{2} - \Phi_{\text{К}}} - 4 \frac{\left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{ДС}} \right)^3 \frac{1}{\sigma_{\text{ДС}}} e^{-\frac{\epsilon_{\text{ДС}}^2}{2\sigma_{\text{ДС}}^2}}}{1 - \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{ДС}} \right)^4} \right] + \\
& + N \frac{1}{\frac{\left(\frac{1}{2} - \Phi_{\Pi} \right) \cdot \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{Ш}} \right) \cdot \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{К}} \right) \cdot \left(1 - \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{ДС}} \right) \right)^4 - 1}}
\end{aligned} \tag{2.25}$$

Середнє напрацювання вакуумної системи на відмову знаходимо за формулою:

$$\begin{aligned}
T = & \int_0^{\infty} P(t) dt = \\
= & \int_0^{\infty} e^{-\lambda_{BH} t^{\delta_{BH}}} \left(\frac{1}{2} - \Phi_{BB} \right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_{BP} \right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_{BP} \right) \left[1 - \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\Pi} \right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{Ш}} \right) \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{К}} \right) \left(1 - \left(\frac{1}{2} - \Phi_{\text{ДС}} \right) \right)^4 \right]^N dt \tag{2.26}
\end{aligned}$$

Отримані теоретичні залежності показників надійності вакуумної системи доільної установки. Отримані розрахункові формули ймовірності безвідмовної

роботи, щільності розподілу часу безвідмовної роботи, інтенсивності відмов системи, середнього часу безвідмовної роботи системи.

2.2 Теоретичний розрахунок спрацьованості лопаток пластинчасто-роторного вакуумного насосу

Нормальний експлуатаційний режим вакуумної системи залежить від вакуумного насоса. Від його роботи і технічного стану залежатиме робота усіх вузлів і агрегатів, що входять в доїльну установку. Основними параметрами, що характеризують стан вакуумного насоса, є його продуктивність і вакуумметричний тиск, що максимально розвивається на всмоктуванні.

Параметри доїльної установки пов'язані між собою, і зміна одного призводить до зміни іншого. При падінні продуктивності насоса більш ніж на 20 % від паспортної, відбуваються значні за величиною і тривалістю коливання тиску (до 10...18 кПа замість регламентованих 2 кПа [2]), що призводить до гальмування рефлексу молоковіддачі, втрати продуктивності і жирності молока.

Однією з умов зниження збитків від відмов доїльних установок є вдосконалення вакуумних насосів [57]. Їх раптові відмови викликають зупинку процесу доїння корів. Провівши аналіз роботи вакуумної системи доїльної установки, можна зробити висновок про те, що її працездатність залежить від надійності кожного елемента системи. При цьому основним елементом у вакуумній системі є вакуумний насос. Розглядаючи конструктивні причини, ми бачимо, що на продуктивність пластинчасто-роторного вакуумного насоса впливає надмірний знос поверхонь – найбільший вплив робить торцевий знос лопаток насоса, що сполучаються із кришками насоса. Відхилення конструктивних параметрів (ширина, товщина і форма верхньої кромки) пластин викликає втрату їх стійкості в процесі роботи вакуумного насоса. Знання граничного зносу пластин дозволяє планувати раціональну періодичність їх заміни.

Метою є дослідження умов і обґрунтування допустимого зносу лопаток.

Величина робочого вакууму доїльної установки залежить від статичного вакуумметричного тиску і його коливань $P = P_{cm} - \Delta P$. Для визначення залежності коливань вакуумметричного тиску від продуктивності вакуумної системи скористаємося формулою перепаду тисків [58]:

$$\Delta P = \left(\frac{\beta \cdot l}{D_{ВП}} \right) \cdot \frac{\rho \cdot V_{ВП}^2}{2} \quad (2.27)$$

де β – коефіцієнт тертя, Па · с;

l – довжина вакуумпроводу, м;

$D_{ВП}$ – діаметр вакуумпроводу, м;

ρ – густина повітря, кг/м³;

$V_{ВП}$ – швидкість потоку, м/с;

ΔP – перепад тисків, кПа.

Далі використовуємо формулу визначення витрати:

$$Q = \frac{\rho V_{ВП} \pi D_{ВП}^2}{4} \quad (2.28)$$

Виразимо швидкість потоку з формули (2.28) і підставимо у формулу (2.27), проведемо математичні обчислення і отримаємо:

$$\Delta P = \frac{8Q^2 \beta \cdot l}{\rho \pi^2 D_{ВП}^5} \quad (2.29)$$

Фактична продуктивність насоса визначається за формулою:

$$Q = K_{\text{об}} \cdot n_{\text{об}} \cdot V_u \quad (2.30)$$

де $n_{\text{об}}$ – частота обертання ротора, с⁻¹;

$K_{\text{об}}$ – коефіцієнт заповнення камери, що залежить від конструкції насоса і частоти його обертання (за даними Мжельского Н.І. він може коливатися в досить широких межах $K = 0,3 \dots 0,9$);

V_u – робочий об'єм циліндру, м³:

$$V_u = L \left(\frac{1}{4} (D^2 - d^2) \cdot \varphi \cdot Z \cdot e \right) \quad (2.31)$$

де L – довжина лопаток, м;

D – діаметр статора, м;

d – діаметр ротора, м;
 φ – товщина лопаток, м;
 Z – число лопаток;
 e – ексцентриситет, м:

$$e = \frac{1}{2} (\Phi - d) \quad (2.32)$$

Враховуючи (2.32) і (2.31), приведемо вираз (2.30) до наступного вигляду:

$$Q = \frac{K \Phi_{об} \cdot n_{об} \cdot L}{4} (\Phi - d) (\Phi + d - 2\varphi Z) \quad (2.33)$$

Наступним етапом було дослідження залежності фактичної продуктивності насоса від часу напрацювання t з урахуванням зносу лопаток. Як показують експериментальні дослідження [59], на продуктивність насосу впливають внутрішні перетікання повітря, які виникають в основному крізь торцеві щілини. Тому в процесі зносу лопаток внаслідок їх тертя об кришку насоса розмір торцевої щілини збільшується, тим самим зменшуючи об'ємну продуктивність насоса (рис. 2.2).

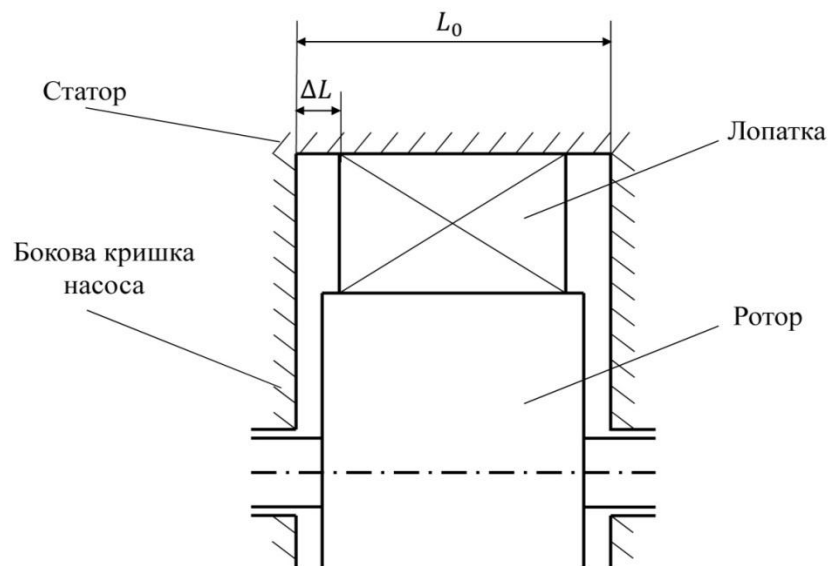


Рисунок 2.2 – Торцеві щілини пари лопатка-кришка насоса

Представимо довжину лопаток як функцію напрацювання:

$$L = L_0 - 2\Delta L(t) \quad (2.34)$$

де L_0 – початкова довжина лопаток, м;

$\Delta L(t)$ – функція зносу лопаток, м.

Розглянемо криву зносу пари лопатка-кришка насосу (рис. 2.3)

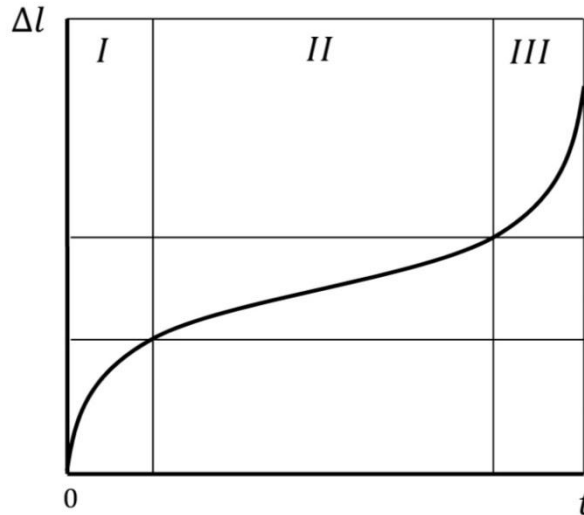


Рисунок 2.3 – Крива зносу пари лопатка-кришка насосу

На кривій зносу можна виділити три ділянки, що відповідають трьом стадіям зносу: I – приробіток поверхонь пари лопатка-кришка насосу; II – лінійний знос, що спостерігається при нормальній експлуатації насосу; III – стадія катастрофічного зносу [60].

Оскільки при нормальній роботі вакуумного насосу спостерігається лінійний знос пари лопатка-кришка насосу, то функція зносу лопаток має вигляд [61]:

$$\Delta L(t) = \frac{C_\gamma \cdot g \cdot F \cdot t}{h \cdot b} \quad (2.35)$$

де C_γ – характеристика зносостійкості матеріалів трибосистеми, Па^{-1} ;

g – швидкість лінійного зносу, м/с;

F – сила між парою лопатка-кришка насосу, Н;

h – довжина лопатки, м;

b – ширина лопатки, м;

t – час наробітку, с;

Знайдемо величину робочого тиску вакуумної системи доїльної установки, звівши вирази (2.29) і (2.33) – (2.35) у єдине рівняння:

$$P = P_{cm} - \frac{\beta \cdot l}{2\rho\pi^2 D_{ВП}^5} \left[K \left(\frac{C_{\gamma} \cdot g \cdot F \cdot t}{h \cdot b} \right) \left(\frac{L_0}{2} - d - 2\varphi Z \right) \right]^2 \quad (2.36)$$

Згідно з конструкцією доїльної установки та конструктивними параметрами ротаційного вакуумного насосу з текстолітовими лопатками¹, отримуємо графік залежності робочого тиску вакуумної системи від часу наробітку (рис. 2.4).

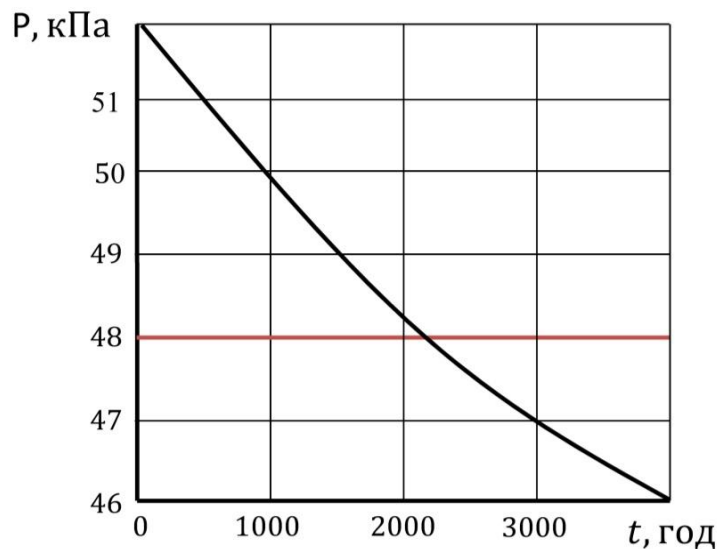


Рисунок 2.4 – Залежність величини робочого тиску вакуумної системи від часу наробітку лопаток пластинчасто-роторного вакуумного насосу

В результаті проведених досліджень були отримані теоретичні залежності, що дозволяють визначити спрацьованість лопаток пластинчасто-роторних вакуумних насосів і теоретичний час їх наробітку. Встановлено, що теоретичний час спрацьованості пластин складає близько 2000 год.

¹ $P_{cm} = 52$ кПа, $L_0 = 0,032$ м, $d = 0,088$ м, $D = 0,105$ м, $Z = 4$, $\varphi = 0,005$ м, $n = 1500$ об/хв,
 $k = 0,3$, $L_0 = 1,2$ $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $L_0 = 1,8 \cdot 10^{-6}$ Па·с, $l = 12$ м, $D_{ВП} = 0,025$ м

2.3 Дослідження спрацьованості дійної гуми доїльного апарата з урахуванням теорії старіння

Практика свідчить, що тимчасові зупинки машин у тваринництві порушують весь режим певної виробничої лінії, а це впливає на фізіологічні функції тварин, порушення яких призводить до зниження продуктивності. Тому одним із найважливіших питань є постійне підтримання фермських машин та обладнання в працездатному стані. Це, зокрема, значною мірою стосується і доїльного обладнання [62].

Основними операціями щоденного технічного обслуговування є перевірка стану вакуумних установок, забезпечення їх працездатності та огляд доїльних апаратів для вчасного виявлення пошкоджених і спрацьованих гумових деталей.

Дослідження засвідчили, що для одержання високоякісної продукції потрібно вчасно та якісно проводити технічне обслуговування доїльного обладнання, а саме проводити аналіз спрацьованості дійної гуми.

Метою досліджень є визначення впливу часу роботи дійної гуми на її спрацьованість.

Відомо, що з часом дійна гума спрацьовується. Це значним чином пов'язано з постійною її пульсацією під час доїння. В результаті цього змінюється її динамічний модуль Юнга. Розв'яжемо задачу пружного стану однорідної дійної гуми, що працює у холостому режимі (взаємодія з соском не враховується). Для поставленої задачі враховується деформація, що виникає по довжині дійної гуми. Її поперечний переріз представлений на рис. 2.5.

До внутрішньої поверхні дійної гуми $r = R_1$ прикладений постійний вакуумметричний тиск [63]:

$$\sigma_r|_{r=R_1} = P. \quad (2.37)$$

де R_1 – внутрішній радіус дійної гуми, м;

P – робочий тиск вакуумної системи доїльної установки, кПа.

На зовнішній поверхні дійної гуми $r = R_2$ під час такту стискання виникає

атмосферний тиск [63],

$$\sigma_r|_{r=R_2} = P_A \quad (2.38)$$

де R_2 – зовнішній радіус дійної гуми, м;

P_A – атмосферний тиск, кПа.

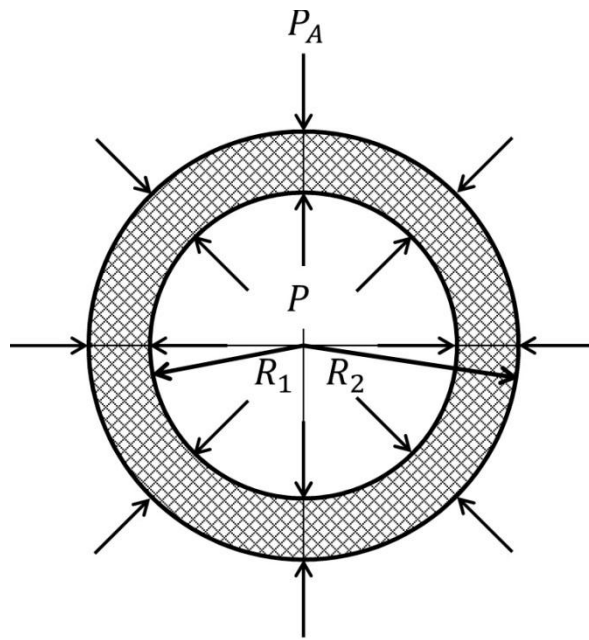


Рисунок 2.5 – Поперечний переріз дійної гуми

Для розв’язання поставленої задачі розглянемо всі напруження, що діють на елементарну площу в полярних координатах (рис. 2.6).

Рівняння рівноваги [64] має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} & \left(\sigma_r + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr \right) \left(r + dr \right) d\theta - \sigma_r r d\theta - \left(\sigma_\theta + \frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} d\theta \right) dr \sin \frac{d\theta}{2} - \\ & - \sigma_\theta dr \sin \frac{d\theta}{2} + \left(\tau_{r\theta} + \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial \theta} d\theta \right) dr \cos \frac{d\theta}{2} - \tau_{r\theta} dr \cos \frac{d\theta}{2} = 0; \\ & \left(\sigma_\theta + \frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} d\theta \right) dr \cos \frac{d\theta}{2} - \sigma_\theta dr \cos \frac{d\theta}{2} + \left(\tau_{\theta r} + \frac{\partial \tau_{\theta r}}{\partial r} dr \right) \left(r + dr \right) d\theta - \\ & - \tau_{\theta r} r d\theta + \left(\tau_{r\theta} + \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial \theta} d\theta \right) dr \sin \frac{d\theta}{2} = 0. \end{aligned} \right\} \quad (2.39)$$

де r, θ – полярні координати;
 σ_r, σ_θ – нормальні напруженості;
 τ_r, τ_θ – дотичні напруженості.

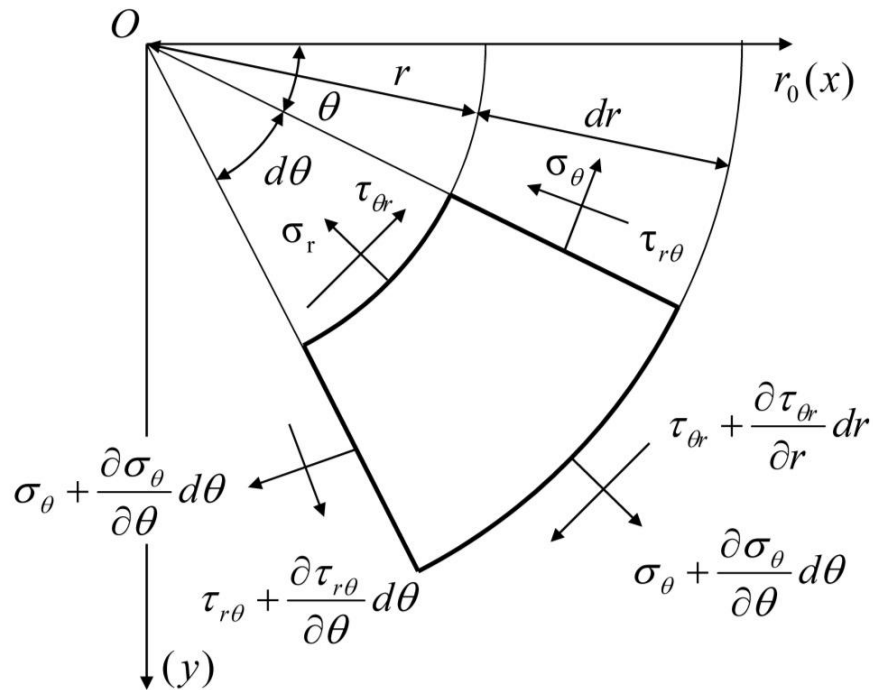


Рисунок 2.6 – Елементарна площа в полярних координатах

Припустимо, що має місце осьова симетрія, тобто кутове зміщення відсутнє, а радіальне u залежить тільки від радіуса r і часу t . Враховуючи це, система рівнянь (2.39) набуває вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial \theta} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} &= 0; \\ \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} + \frac{2\tau_{r\theta}}{r} &= 0. \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{d\sigma_r}{dr} = \frac{\sigma_\theta - \sigma_r}{r} \quad (2.40)$$

Закон Гука для поставленої задачі має вигляд:

$$\begin{cases} \varepsilon_r = \frac{1}{E} \left[\sigma_r - \nu (\sigma_\theta + \sigma_z) \right] \\ \varepsilon_\theta = \frac{1}{E} \left[\sigma_\theta - \nu (\sigma_r + \sigma_z) \right] \\ \varepsilon_z = \frac{1}{E} \left[\sigma_z - \nu (\sigma_r + \sigma_\theta) \right] \end{cases} \quad (2.41)$$

де E – модуль пружності Юнга, кПа;

ν – коефіцієнт Пуассона;

$\varepsilon_r, \varepsilon_\theta, \varepsilon_z$ – відносні деформації.

З системи рівнянь (2.41) виразимо σ_r і σ_θ :

$$\sigma_\theta = \frac{E}{2\nu^2 + \nu - 1} \left[\nu \sigma_r - (\nu - 1) \sigma_z + \varepsilon_z \right] \quad (2.42)$$

$$\sigma_r = \frac{E}{2\nu^2 + \nu - 1} \left[\nu \sigma_\theta - (\nu - 1) \sigma_z + \varepsilon_z \right] \quad (2.43)$$

Справедливі наступні вирази для деформацій:

$$\varepsilon_\theta = \frac{u(r)}{r}, \quad \varepsilon_r = \frac{du(r)}{dr}. \quad (2.44)$$

Підставляючи (2.42) – (2.44) у (2.40), отримуємо диференціальне рівняння другого порядку:

$$\frac{d^2 u}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{du}{dr} - \frac{u}{r^2} = 0 \quad (2.45)$$

Розв'язком рівняння (2.45) є $u = Ar + \frac{B}{r}$. Підставляючи отриманий розв'язок

у (2.44) і (2.42), маємо

$$\sigma_\theta = \frac{E}{2\nu^2 + \nu - 1} \left[\left(A + \frac{B}{r^2} \right) \nu - (\nu - 1) \left(\left(A - \frac{B}{r^2} \right) + \varepsilon_z \right) \right] \quad (2.46)$$

$$\sigma_r = \frac{E}{2\nu^2 + \nu - 1} \left[\left(A - \frac{B}{r^2} \right) \nu - (\nu - 1) \left(\left(A + \frac{B}{r^2} \right) + \varepsilon_z \right) \right] \quad (2.47)$$

де A, B – коефіцієнти інтегрування.

Враховуючи граничні умови (2.37) і (2.38), отримуємо коефіцієнти

інтегрування:

$$B = \frac{1 + \nu}{E} \frac{R_1^2 R_2^2 (P - P_A)}{R_1^2 - R_2^2} \quad (2.48)$$

$$A = \frac{2\nu^2 + \nu - 1}{E} \frac{R_2^2 P_A - R_1^2 P}{R_1^2 - R_2^2} - \nu \varepsilon_z \quad (2.49)$$

Підставляючи вирази для A, B у (2.46) і (2.47), остаточно маємо напруженість:

$$\sigma_\theta = \frac{PR_1^2 - P_A R_2^2}{R_1^2 - R_2^2} - \frac{R_1^2 R_2^2 (P - P_A)}{R_1^2 - R_2^2} \frac{1}{r^2} \quad (2.50)$$

$$\sigma_r = \frac{PR_1^2 - P_A R_2^2}{R_1^2 - R_2^2} + \frac{R_1^2 R_2^2 (P - P_A)}{R_1^2 - R_2^2} \frac{1}{r^2} \quad (2.51)$$

$$\sigma_z = \nu \left(\sigma_r + \sigma_\theta \right) + E \varepsilon_z = 2\nu \frac{PR_1^2 - P_A R_2^2}{R_1^2 - R_2^2} + E \varepsilon_z \quad (2.52)$$

Дані щодо старіння гуми, отримані у роботі [65], можуть бути апроксимовані експоненціальною залежністю динамічного модуля Юнга:

$$E(t) = E_{\text{дн}} + (E_{\text{ок}} - E_{\text{дн}}) e^{-kt} \quad (2.53)$$

де $E_{\text{дн}}$ і $E_{\text{ок}}$ – початкове і кінцеве значення динамічного модуля, кПа;

k – константа швидкості, год⁻¹.

Враховуючи, що сила натягу дійної гуми $F_H = \sigma_r S = \frac{\pi \sigma_r}{2} (R_2^2 - R_1^2)$, і підставляючи (2.53) у (2.52), отримуємо:

$$F_H = \pi \nu (PR_1^2 - P_A R_2^2) \frac{\pi \varepsilon_z}{2} (R_2^2 - R_1^2) (E_{\text{дн}} + (E_{\text{ок}} - E_{\text{дн}}) e^{-kt}) \quad (2.54)$$

Згідно з експериментальними даними [63] і конструктивними параметрами дійної гуми², отримуємо графік залежності сили натягу дійної гуми від часу наробітку (рис. 2.7).

² $P = 50$ кПа, $P_A = 102$ кПа, $\nu = 0,75$, $\varepsilon_z = 0,005$ м, $k = 3,5 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹, $R_1 = 0,011$ м, $R_2 = 0,018$ м, $E_{\text{ок}} = 18$ кПа

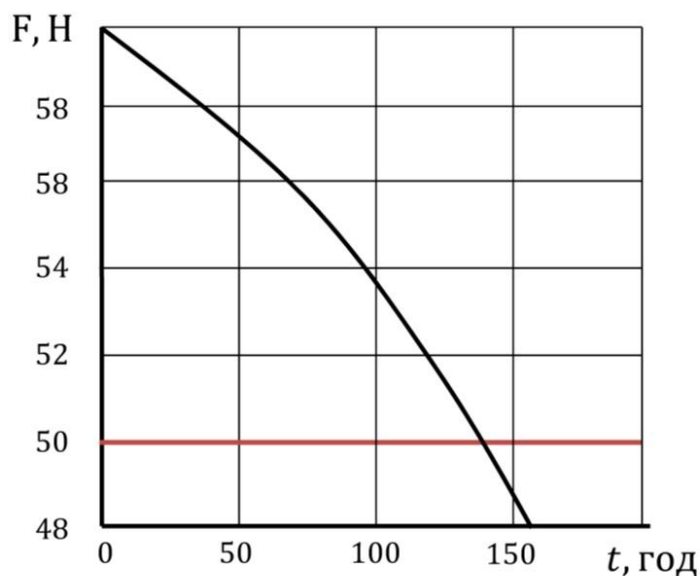


Рисунок 2.7 – Графік залежності сили натягу дійної гуми від часу наробітку

Враховуючи зоотехнічні вимоги (сила натягу дійної гуми повинна знаходитись в межах від 50 до 70 Н [2]) та рис. 2.7, отримуємо, що теоретичний час спрацьованості дійної гуми становить близько 130 год, що підтверджується технічною документацією (заміну дійної гуми слід проводити через кожні 100...180 годин експлуатації).

В результаті проведених досліджень отримані теоретичні залежності, що дозволяють визначити спрацьованість дійної гуми у холостому режимі і теоретичний час її наробітку. Встановлено, що теоретичний час спрацьованості дійної гуми складає близько 130 год.

2.4 Теоретична оцінка показників надійності двотактного пульсатора доїльного апарату

Детально вивчений характер зміни основних показників безвідмовності вузлів доїльного апарату показав, що основна частина відмов припадає на

пульсатор (45,56 %). Найменш надійними елементами цього вузла є мембрана і дросельний канал.

Сучасні пульсатори різняться між собою не тільки величиною робочого вакууму, але й співвідношенням і балансом фаз пульсацій (при цьому такт смоктання може займати 40 – 80 % всього часу), частотою пульсацій (40 – 80 пульсацій за хвилину). Безумовно, для різних порід тварин і при сталих умовах роботи найкращим є визначення конструкції доїльного апарата, що повністю або частково задовольняє фізіологічним вимогам тварини та організації робіт на фермі [62].

Метою досліджень є теоретичне визначення впливу часу роботи пульсатора на його спрацьованість.

З фізіології доїння відомо, що тривалість циклу ν і співвідношення тактів смоктання і розвантаження δ мають свої нормативні значення, перевищення або заниження яких призводить до негативних наслідків, тобто кожен з цих параметрів повинен знаходитися в визначених межах: $\nu_{\min} < \nu < \nu_{\max}$, $\delta_{\min} < \delta < \delta_{\max}$. Тому необхідно визначити, як довго ці параметри можуть перебувати в даних межах, щоб пульсатор ефективно виконував свою роботу.

Крім цього необхідно знати, від яких конструктивних параметрів залежать ν і δ . Аналіз причин, що впливають на працездатність доїльного апарату, показав, що найменш надійними елементами є мембрана і дросельний канал пульсатора, на які відповідно припадає 31,43 % і 7,36 % відмов.

Тривалість тактів при встановленому режимі роботи доїльного апарата визначається за інтервалами часу, за які відбувається переключення клапанів пульсатора (рис. 2.8).

Розрахунок базується на врахуванні закономірностей, що спостерігаються при перетіканні повітря з управляючої камери 4 пульсатора в робочу камеру 2 і навпаки (рис. 2.8). Перетікання повітря крізь канал малого перетину відбувається під дією перепаду тиску. При встановленому режимі за час t_{cm} , що відповідає такту смоктання, відбувається відкачування повітря з герметичної ємності постійного об'єму (камера 4) у необмежений об'єм (камера 2) [63]. При цьому в

камері 4 вакуум зростає від h_{\min} до h_{\max} , а в камері 2 і системі вакуумпровода підтримується постійний вакуум h .

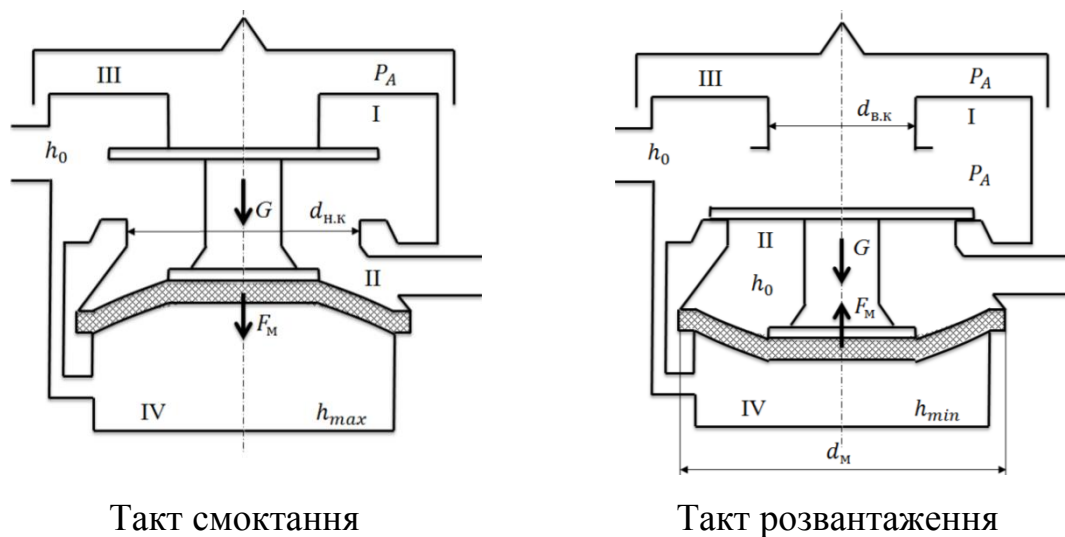


Рисунок 2.8 – Схема роботи пульсатора

За час $t_{\text{роз}}$, що відповідає такту розвантаження, відбувається впуск повітря з необмеженого об'єму (камера 2) у герметичну ємність (камера 4) зі зменшенням вакууму від h_{\min} до h_{\max} .

Для аналізу надійності роботи пульсатора найбільший інтерес представляє частота пульсацій n і співвідношення тактів смоктання і розвантаження δ :

$$n = \frac{1}{t_{\text{см}} + t_{\text{роз}}}, \quad (2.55)$$

$$\delta = \frac{t_{\text{см}}}{t_{\text{роз}}}, \quad (2.56)$$

Час відкачування, або такт смоктання, визначається залежністю [63]:

$$t_{\text{см}} = \frac{V}{(76-h)k_p} \ln \left(\psi_1 \frac{h-h_{\max}}{h-h_{\min}} \right) \quad (2.57)$$

Час впуску, або такт розвантаження, визначається залежністю [63]:

$$t_{\text{роз}} = \frac{V}{76k_p} \ln \left(\psi_2 \frac{h_{\min}}{h_{\max}} \right) \quad (2.58)$$

де V – об'єм робочої камери пульсатора;

k_p – коефіцієнт Пуазейля, що враховує розміри каналу і в'язкість повітря,

$k_p = \frac{\pi d_0^4}{128 l_0 \eta_B}$, де d_0 , l_0 – діаметр і довжина каналу, що з'єднує камери

пульсатора, η_B – динамічна в'язкість повітря;

ψ_1 , ψ_2 – змінні коефіцієнти.

Змінні коефіцієнти ψ_1 і ψ_2 враховують час на переключення клапанів у пульсаторі і рівень вакууму в камерах; їх знаходять з виразів:

$$\psi_1 = \frac{152 - (h + h_{\min})}{152 - (h - h_{\max})}, \quad \psi_2 = \frac{152 - h_{\max}}{152 - h_{\min}} \quad (2.59)$$

Для того, щоб використовувати формули (2.57) і (2.58) для розрахунку тривалості тактів, необхідно визначити межі вакууму h_{\min} і h_{\max} :

$$h_{\min} = h \cdot \frac{S_{ш} + uS_{\kappa} - S_{в.к}}{S_{ш} + uS_{\kappa}} - \frac{G + F_{\mathcal{M}}}{S_{ш} + uS_{\kappa}} \quad (2.60)$$

$$h_{\max} = h \cdot \frac{S_{ш} + uS_{\kappa} - S_{н.к}}{S_{ш} + uS_{\kappa}} - \frac{G - F_{\mathcal{M}}}{S_{ш} + uS_{\kappa}} \quad (2.61)$$

де h – робочий вакуум в системі;

$S_{ш}$ – площа шайби;

S_{κ} – площа кільця мембрани;

$S_{в.к}$ – площа верхнього клапану;

$S_{н.к}$ – площа нижнього клапану;

G – сила тяжіння рухомих частин;

$F_{\mathcal{M}}$ – пружна сила мембрани;

u – коефіцієнт активності мембрани,

$$u = \frac{\frac{1}{3} + \frac{d_{\kappa}}{d_{\mathcal{M}}} + \left(\frac{d_{\kappa}}{d_{\mathcal{M}}}\right)^2}{1 + \frac{2d_{\kappa}}{d_{\mathcal{M}}} + \left(\frac{d_{\kappa}}{d_{\mathcal{M}}}\right)^2} \quad [\text{згідно Бежанова Б.Н.};]$$

d_{κ} – внутрішній діаметр мембрани;

d_m – зовнішній діаметр мембрани.

Взаємозв'язок n з параметрами дросельного каналу визначається формулою:

$$n(F_m) = \frac{\pi d_0^4}{128 l_0 \eta_B V} \frac{1}{\frac{1}{(76-h)} \ln\left(\psi_1(F_m) \frac{h-h_{\max}(F_m)}{h-h_{\min}(F_m)}\right) + \frac{1}{76} \ln\left(\psi_2(F_m) \frac{h_{\min}(F_m)}{h_{\max}(F_m)}\right)}. \quad (2.62)$$

Проаналізувавши залежності (2.60) і (2.61), де пружна сила мембрани F_m характеризує її спрацьованість, знайдемо співвідношення тактів:

$$\delta(F_m) = \frac{76 \ln\left(\psi_1(F_m) \frac{h-h_{\max}(F_m)}{h-h_{\min}(F_m)}\right)}{(76-h) \ln\left(\psi_2(F_m) \frac{h_{\min}(F_m)}{h_{\max}(F_m)}\right)} \quad (2.63)$$

Знайдемо граничні умови сили пружності мембрани пульсатора, для цього розв'яжемо два рівняння відносно F_m : $h_{\max}(F_m) = h$ і $h_{\min}(F_m) = h$. Враховуючи (2.60) і (2.61), отримуємо:

$$h_{\min}(F_m) = h: F_m = -h \cdot S_{g.k} - G < 0 \quad (2.64)$$

$$h_{\max}(F_m) = h: F_m = h \cdot S_{h.k} + G > 0 \quad (2.65)$$

Оскільки вираз (2.64) має від'ємне значення, то сила пружності мембрани повинна знаходитись у межах:

$$0 < F_m < h \cdot S_{h.k} + G \quad (2.66)$$

Виразимо силу пружності мембрани F_m через динамічний модуль Юнга:

$$F_m = E \cdot S_k \cdot \varepsilon \quad (2.67)$$

Дані щодо старіння гуми, отримані у роботі [65], можуть бути апроксимовані експоненціальною залежністю динамічного модуля Юнга:

$$E(t) = E_{oh} + (E_{ok} - E_{oh}) e^{kt} \quad (2.68)$$

де E_{oh} і E_{ok} – початкове і кінцеве значення динамічного модуля;

k – константа швидкості.

Підставляючи (2.68) у (2.67), маємо:

$$F_M = \left(E_{\text{дн}} + E_{\text{ок}} - E_{\text{дн}} \cdot e^{kt} \right) S_k \cdot \varepsilon \quad (2.69)$$

Підставляючи в рівняння (2.62) і (2.63) вирази (2.59), (2.60), (2.61), (2.69), отримаємо графік залежності частоти n і співвідношення тактів δ пульсацій від часу наробітку. Для двотактного пульсатора «Майга», для якого $d_M = 45\text{мм}$, $d_{в.к} = 30\text{мм}$, $d_{н.к} = 12,2\text{мм}$, графіки залежності частоти і співвідношення тактів пульсацій від часу наробітку представлено на рис. 2.9.

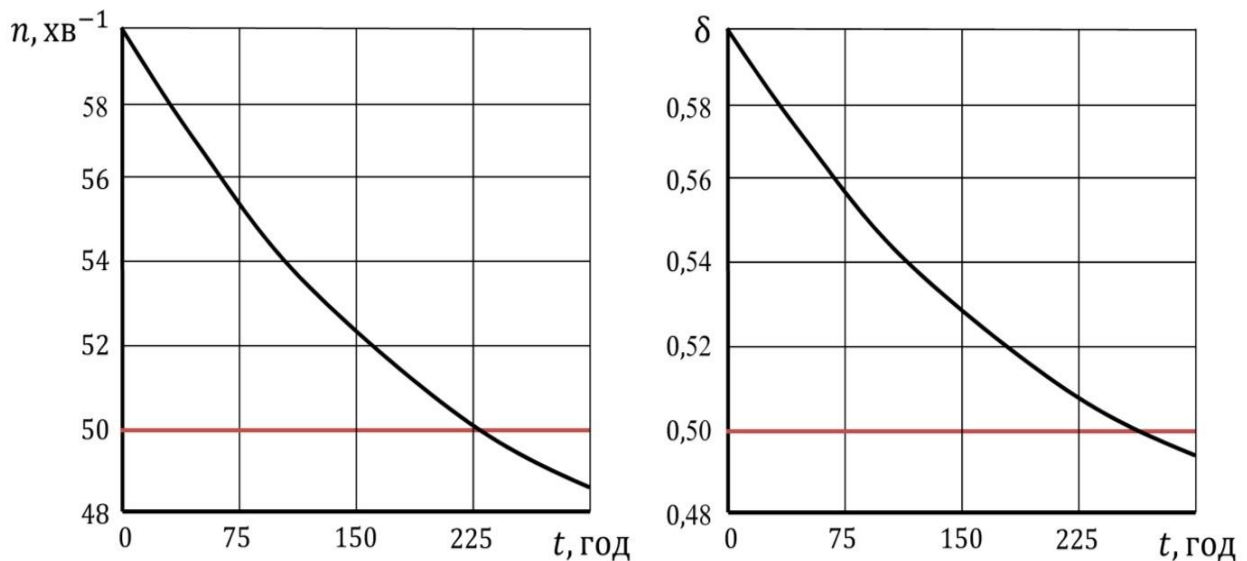


Рисунок 2.9 – Графіки залежності частоти n і співвідношення тактів δ пульсацій від часу наробітку

Враховуючи зоотехнічні вимоги (частота пульсацій повинна знаходитися в межах від 50 до 65 xv^{-1} [2] і співвідношення тактів пульсацій – 0,5 – 0,7 [2]) та рис. 2.9, отримуємо, що теоретичний час спрацьованості пульсатора «Майга» становить близько 225 год.

В результаті проведених досліджень були отримані теоретичні залежності, що дозволяють визначити спрацьованість двотактного пульсатора і теоретичний час його наробітку. Встановлено, що теоретичний час спрацьованості пульсатора «Майга» складає близько 225 год.

2.5 Висновки до розділу

1. Розроблено математичну модель прогнозування ресурсу вакуумної системи доїльної установки як складної системи: отримано робочі формули для розрахунків ймовірності безвідмовної роботи, щільності відмов вакуумної системи, інтенсивності відмов та середнього напрацювання на відмову.

2. Одержані розрахункові залежності для визначення періодичності діагностування вузлів вакуумної системи доїльної установки: теоретичний час спрацьованості дійної гуми – 130 год, теоретичний час спрацьованості мембрани двотактного пульсатора – 225 год, теоретичний час спрацьованості лопаток пластинчасто-роторного вакуумного насосу – 2000 год.

3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Експериментальний зразок комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок

Згідно з розробленим і затвердженим технічним завданням розроблено робочі креслення і 3D модель (рис. 3.1) експериментального зразка комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок. Комплект устаткування контролю параметрів доїльних установок складається з автоматизованої системи керування, двох датчиків тиску (на базі MPX 5100DP) та датчика витрат повітря(на базі BOSH 280 218 037). Автоматизована система керування виконана у вигляді мікроконтролера Atmega644 з клавіатурою керування і аналого-цифровим перетворювачем та зовнішнім запам'ятовуючим пристроєм, та цифрового індикатора, що представлено у вигляді графічного LCD-дисплею VG12864 (рис. 3.1). Принципова електрична схема автоматизованої системи керування макетного зразка представлена на рис. 3.2.

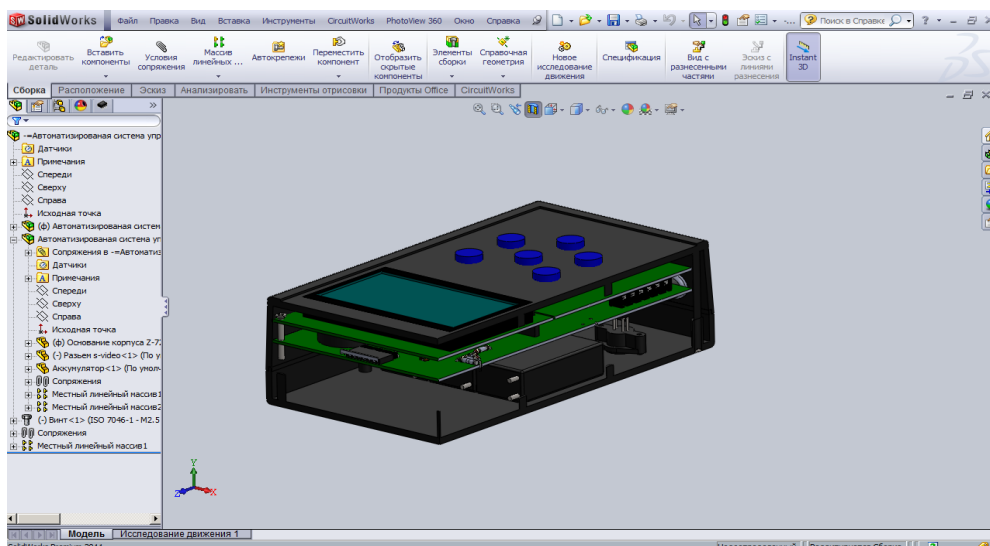


Рисунок 3.1 – 3D модель комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок

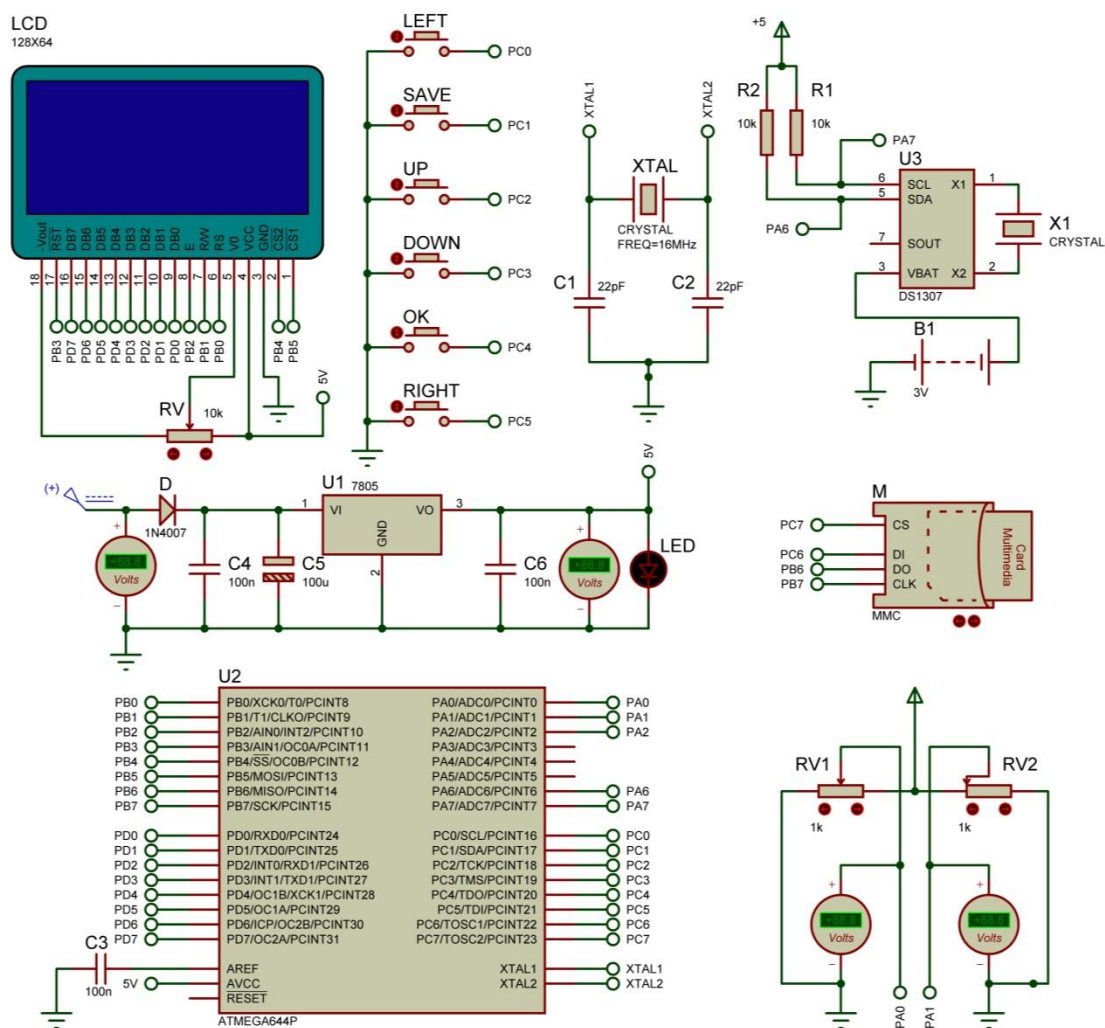


Рисунок 3.2 – Принципова електрична схема комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок

Для кращої компоновки елементів автоматизованої системи керування макетного зразка були розроблені найбільш оптимальні електричні плати.

До складу комплекту устаткування також входять два датчики тиску і один датчик витрат повітря.

Згідно розроблених алгоритмів було написано програмне забезпечення мікроконтролера ATmega644 мовою C. Для розробки використовувався пакет WinAVR-20100110, розроблений компанією OBJECTIVE DEVELOPMENT Software GmbH і програмний компілятор AVR Studio 5.0.

Для підтвердження адекватності розроблених конструкційної схеми, робочих креслень і програмного забезпечення автоматизованої системи керування було виготовлено експериментальний зразок комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок

3.2 Випробування експериментального зразка комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок

Метою проведення калібрування комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок було визначення точності вимірювань тиску, часових показників його пульсацій та витрат повітря в заданих діапазонах вимірювань, а також уточнення калібрувальних коефіцієнтів.

В результаті калібрування для датчиків тиску і витрати повітря, що входять до складу комплекту устаткування, потрібно було визначити калібрувальні характеристики (встановити їх вигляд та розрахувати значення коефіцієнтів) і обчислити похибки вимірювання. На основі отриманих даних передбачалось зробити висновок про відповідність досліджуваного комплекту устаткування

вимогам ISO 6690 щодо точності вимірювань технічних параметрів доїльного обладнання.

Було виконане калібрування датчика тиску та вимірювача часових параметрів пульсацій тиску; калібрування витратоміра повітря не проводилось через відсутність необхідного обладнання.

Калібрування проводили на лабораторній моделі вакуумної системи доїльної установки (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Лабораторна модель вакуумної системи доїльної установки

В якості еталонного приладу для вимірювання постійного вакуумметричного тиску використовували зразковий вакуумметр ВО 1227 з класом точності 0,25, який підключали до моделі вакуумної системи на початковій ділянці вакуумпроводу (рис. 3.5, а). Паралельно під'єднували до вакуумпроводу один з датчиків тиску з комплекту устаткування (рис. 3.5, б). Для регулювання рівня вакууму чіпляли на шток вакуум-регулятора (або знімали з нього) навантаження у вигляді круглих металевих пластин з прорізами.



а)



б)

Рисунок 3.5 – Лабораторна модель вакуумної системи доїльної установки

Вимірювання рівня постійного вакууму відбувалось наступним чином. Після підключення зразкового вакуумметра і датчика тиску з комплекту устаткування увімкнули вакуумний насос. Перед початком вимірювань зробили паузу 15 хвилин для забезпечення стабільного рівня вакууму в вакуумпроводі. Далі за допомогою вакуум-регулятора змінювали рівень вакууму і фіксували значення тиску за показаннями вакуумметра ВО 1227 і комплекту устаткування. Вимірювання провели при 12 рівнях вакууму в діапазоні 4,75...62,00 кПа; при кожному з них вимірювання повторювали по 23 рази. Для встановлення факту наявності або відсутності у датчика тиску ефекту гістерезису, вищеописані дії провели спочатку при збільшенні вакуумметричного тиску від мінімального до максимального значення, а потім при його зменшенні.

В якості приладу-аналога для вимірювання параметрів пульсацій вакуумметричного тиску використовували прилад "PulsoTest 4" компанії "GEA Westfalia Separator GmbH" (Німеччина), що дозволяє вимірювати по двох каналах головні показники пульсацій вакууму: частоту пульсацій, співвідношення тактів у відсотках тощо, а також роздруковувати на вбудованому принтері результати

вимірювань у числовому вигляді та графіки пульсацій. Основні метрологічні характеристики приладу зведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Метрологічні показники приладу “PulsoTest 4” щодо вимірювання параметрів пульсацій тиску

Показник	Значення
Частота, імп/хв, не більше	200
Похибка, імп/хв, не більше	± 1
Роздільна здатність, мс	± 10
Швидкість опитування, вибірок/с	1000

Калібрування вимірювача параметрів пульсацій відбувалось наступним чином. До виходів пульсатора підключили два канали приладу “PulsoTest 4”, а паралельно – два датчики тиску з комплекту устаткування (рис. 3.6). Після цього увімкнули вакуумний насос і за допомогою регулятора встановили мінімальну частоту пульсацій. Між увімкненням насоса і першим вимірюванням зробили паузу 15 хвилин. Далі перевели прилад “PulsoTest 4” в режим вимірювання з роздрукуванням результатів, а комплект устаткування – в режим запису вимірних значень вихідної напруги датчика тиску на карту пам’яті. Припускаючи, що параметри пульсацій залишаються стабільними, повторили вимірювання за допомогою комплекту устаткування з записом результатів на карту пам’яті 11 разів.

Для перевірки впливу частоти пульсацій на точність отримуваних результатів регулятором змінювали частоту і повторювали вимірювання за допомогою комплекту устаткування і приладу-аналога у вищевикладеній послідовності. Загалом вимірювання провели при 7 значеннях частот, діапазон яких, згідно даних приладу “PulsoTest 4”, становить 37,3...131,0 імп/хв, а робочий вакуум, згідно даних того ж приладу – від 46,3 кПа до 47,0 кПа. Вимірювання, проведені за допомогою комплекту устаткування, при кожній з частот повторювали 11 разів.

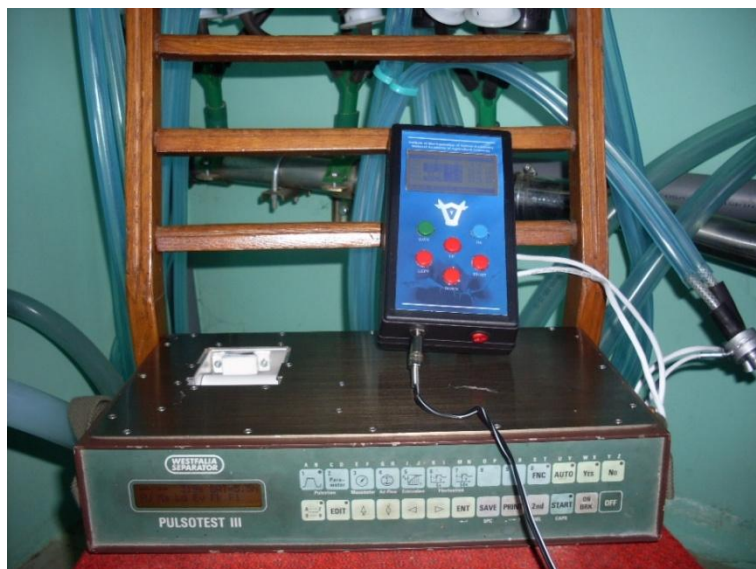


Рисунок 3.6 – Вимірювання параметрів пульсацій вакуумметричного тиску

3.3 Методика експериментальних досліджень зміни техніко-технологічних параметрів молочно-доїльного обладнання в залежності від тривалості його експлуатації

Дослідження по визначенню залежностей техніко-технологічних параметрів вакуумної системи молочно-доїльного обладнання в залежності від часу її експлуатації проводились на експериментальному стенді (рисунок 3.), який складався з пластинчасто-роторного вакуумного насоса (ВН) 1, до якого підключено електродвигун 2. Керування електродвигуном відбувається за допомогою блока керування 3. До вакуумного насоса 1 підключено N доїльних апаратів (ДА) через вакуум-балон (ВБ) 4, вакуум-регулятор (ВР) 5 і молокозбирач 6. До складу доїльних апаратів входить пульсатор (П) 7, колектор (К) 8 і по чотири доїльних стаканів (ДС) 9.

Загальний вигляд експериментального стенду для досліджень вакуумної системи молочно-доїльного обладнання представлено на рисунок 3.8.

Блок керування електродвигуном Danfoss виконує функцію реле часу і здійснює періодичне вимикання/вмикання електродвигуна – 0,5/2 год.

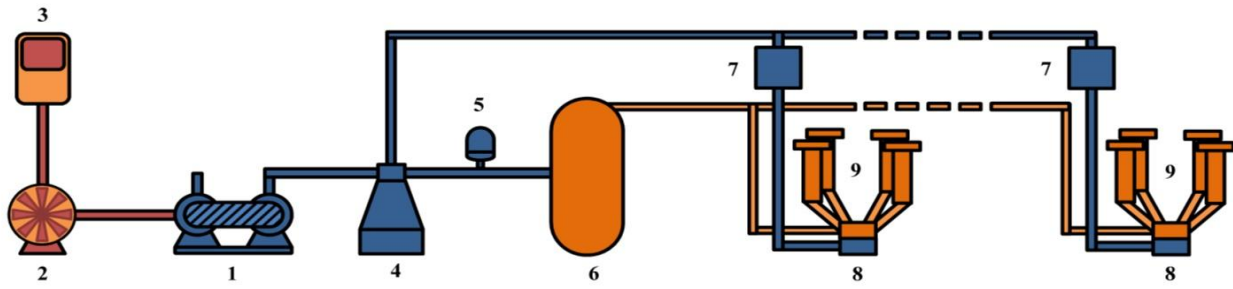


Рисунок 3.7 – Схема експериментального стенду для досліджень вакуумної системи молочно-доїльного обладнання:
 1 – вакуумний насос; 2 – електродвигун; 3 – блок керування електродвигуном; 4 – вакуум-балон; 5 – вакуум-регулятор; 6 – молокозбирач; 7 – пульсатор; 8 – колектор; 9 – доїльні стакани

Техніко-технологічні параметри вакуумної системи молочно-доїльного обладнання (робочий тиск вакуумної системи, частота і співвідношення тактів пульсацій) визначалися з використанням відкаліброваного комплекту устаткування згідно з ISO 6690. Силу натягу дійкової гуми визначали за допомогою динамометра PCE FG 200 (похибка – 0,01 Н) згідно з ГОСТ 270-75.

Об'єктами досліджень є пластинчасто-роторний вакуумний насос типу УВУ-60/45 з текстолітовими лопатками, пульсатор двотактного доїльного апарата «Майга» та дійкова гума ДД.041 А.

Дослідження по визначенню залежностей техніко-технологічних параметрів вакуумної системи доїльних установок від часу експлуатації проведені згідно з планом спостережень $\{N, R, T\}$: план спостережень, згідно якому одночасно починають випробування N об'єктів; об'єкти, що відмовили під час випробувань замінюються новими; спостереження припиняються, коли число об'єктів що відмовили досягло значення r або при закінченні часу спостережень, або наробітку T [66].

Число об'єктів спостережень для проведення експериментальних досліджень визначалося за формулою [66]

$$N = \chi \cdot \frac{\overline{t_0}}{t_k}, \quad (3.1)$$

де χ – табличний коефіцієнт;
 $\overline{t_0}$ – середній наробіток на відмову;
 t_k – тривалість спостережень.

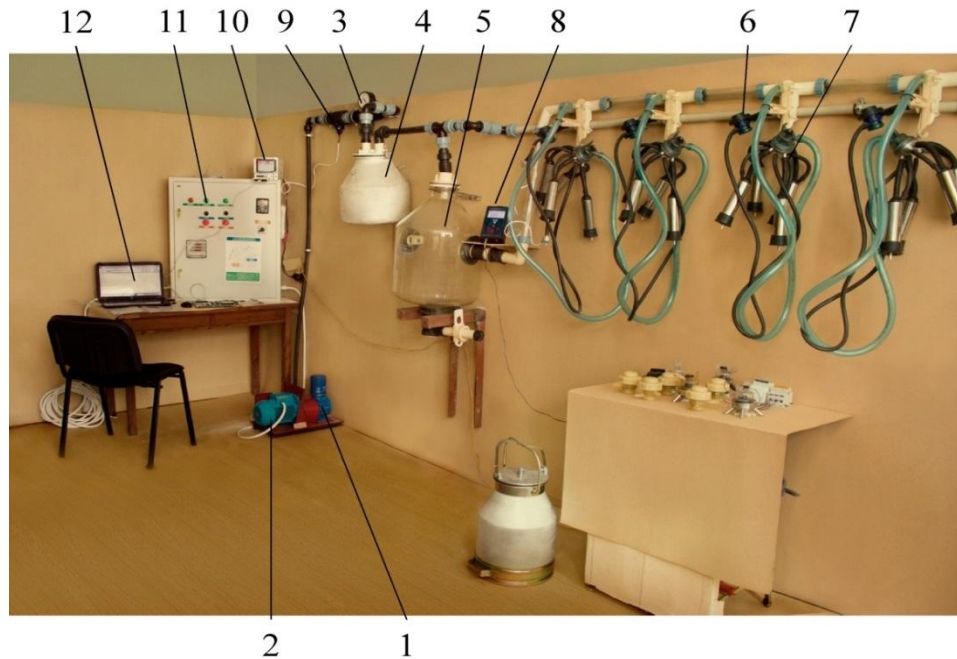


Рисунок 3.8 – Загальний вигляд експериментального стенду вакуумної системи молочно-доїльного обладнання:
 1 – вакуумний насос, 2 – електродвигун, 3 – вакуум-регулятор та вакуумметр, 4 – вакуумбалон, 5 – молоко збирач, 6 – пульсатор, 7 – підвісна частина доїльного апарата, 8 – комплект приладового устаткування контролю техніко-технологічних параметрів вакуумної системи молочно-доїльного обладнання, 9 – датчик витрат повітря, 10 – відеографічний реєстратор Екограф-Т, 11 – блок керування електродвигуном Danfoss, 12 – персональний комп'ютер

Число об'єктів спостережень для експериментальних досліджень складало 10. Математична модель впливу технічного стану доїльної установки на

її техніко-технологічні параметри представляється у вигляді рівнянь регресії – полінома

$$y = \sum_{i=0}^n a_i \cdot t^i \quad (3.2)$$

де a_i – коефіцієнти регресії;

t – час експлуатації;

Y – техніко-технологічний параметр вакуумної системи молочно-доїльного обладнання.

Дослідження впливу технічного стану доїльних установок проводяться за наступними параметрами Y : робочий тиск вакуумної системи P , кПа, частота n , хв^{-1} , і співвідношення тактів пульсацій δ , сила натягу дійкової гуми F_H , Н.

3.5 Висновки до розділу

1. Обґрунтовано конструкційно-технологічну схему комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок. Комплект устаткування містить блок живлення, клавіатуру керування, цифровий індикатор, два датчика тиску та датчик витрат повітря, з'єднані з автоматизованою системою керування. Автоматизована система керування виконана у вигляді мікроконтролера з аналого-цифровим перетворювачем та зовнішнім запам'ятовуючим пристроєм, а цифровий індикатор представлений у вигляді графічного LCD-дисплею.

2. Розроблено методику калібрування комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок.

3. Розроблено методику експериментальних досліджень зміни техніко-технологічних параметрів молочно-доїльного обладнання в залежності від тривалості його експлуатації

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Результати калібрування метрологічних характеристик комплекту устаткування

Результати вимірювань вихідної напруги b датчика тиску наведені в табл. 4.. У верхній частині таблиці представлено дані, отримані при збільшенні вакуумметричного тиску P , а в нижній частині – при його зменшенні.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для калібрування датчика вакуумметричного тиску

Тиск, кПа	4,75	10,50	16,00	20,25	24,75	30,00	35,25	41,25	45,25	50,00	55,50	62,00
b, відн. од.	80	138	186	231	269	321	363	424	463	498	552	618
	86	137	189	228	273	324	365	427	460	501	555	616
	83	140	186	236	269	319	364	426	461	501	551	620
	83	141	186	233	268	320	369	421	461	503	553	623
	85	139	188	232	270	324	365	425	462	502	550	623
	84	140	186	236	266	323	365	428	457	506	552	618
	84	139	187	232	271	321	364	425	460	501	553	618
	84	143	187	230	268	318	368	425	459	504	553	618
	81	141	185	233	272	320	361	423	462	503	554	619
	88	143	190	232	273	322	362	422	457	502	555	621
	85	141	185	235	270	326	364	420	463	502	553	619
	83	139	191	228	271	317	367	424	458	503	557	619
	88	143	187	234	269	317	365	420	465	505	554	620
	82	142	187	232	267	326	365	429	461	500	554	617
	84	140	185	230	268	325	367	424	463	498	555	619
	82	144	186	232	265	322	365	429	461	502	556	615
	81	142	192	230	266	322	366	424	462	504	550	620
	80	145	183	234	270	321	366	425	461	501	558	622
	87	141	184	234	267	320	360	425	465	502	555	617
	84	144	189	231	269	321	365	425	461	506	558	621
84	145	183	229	269	324	366	423	460	503	553	619	
83	141	188	232	268	323	360	426	458	499	554	622	
87	137	187	231	271	319	362	424	464	502	556	615	

Перевірку нормальності розподілу похибок вимірювань здійснювали окремо для кожного з блоків за допомогою критерію χ^2 . Попередньо провели нормалізацію даних, а саме замість абсолютних значень показника b_{ij} використовували різницю $b_{ij} - \bar{b}_i$, де \bar{b}_i – середнє значення b при i -му значенні вакуумметричного тиску. Отримані таким чином дані згрупували за 12

інтервалами, що відповідає 9 ступеням свободи. Розрахунки показали, що для першого блоку $\chi^2 = 17,8$, для другого блоку $\chi^2 = 11,0$ при критичному значенні $\chi^2_{кр} = 21,7$. Таким чином, немає підстав вважати, що розподіл похибок вимірювань відрізняється від нормального.

Для кожного значення вакуумметричного тиску були розраховані дисперсії показників b та проведено перевірку гіпотези про їх однорідність за допомогою критерію Кохрена G . В результаті було отримано для першого блоку $G = 0,1067$, для другого блоку $G = 0,1181$ при критичному значенні $G_{кр} = 0,1768$. Оскільки в обох випадках виконується нерівність $G < G_{кр}$, гіпотеза про однорідність дисперсій була прийнята і розраховані середні значення дисперсій для блоків: $s_{P1}^2 = 5,3182$, $s_{P2}^2 = 4,9364$.

Далі було зроблено припущення, що залежність $b(P)$ є лінійною, і розраховані значення кута нахилу k та вільного члена a цієї залежності. Для двох блоків вимірювань ці параметри становлять: $k_1 = 9,2721$, $a_1 = 41,0325$, $k_2 = 9,2493$, $a_2 = 40,5652$. Для перевірки гіпотези про лінійність калібрувальної характеристики, з урахуванням знайдених коефіцієнтів були розраховані теоретичні значення показників b_i при даних величинах тиску P_i та обчислена дисперсія s_0^2 різниць між середніми експериментальними та теоретичними значеннями. Величини цієї дисперсії для блоків вимірювань відповідно становлять $s_{01}^2 = 6,4785$, $s_{02}^2 = 5,7399$. В результаті порівняння дисперсій s_0^2 і s_P^2 були отримані значення критерію Фішера $F = 1,22$ для першого блоку і $F = 1,16$ для другого блоку. Число ступенів свободи для більшої дисперсії становить 274, для меншої – 264. В той же час, критичне значення критерію Фішера навіть при ступенях свободи відповідно 500 і 400 дорівнює $F_{кр} = 1,24$. Таким чином, в обох випадках виконується нерівність $F < F_{кр}$, тобто гіпотезу про лінійність калібрувальної характеристики слід прийняти.

Дисперсії коефіцієнтів k і a для двох блоків вимірювань:

$$\begin{cases} s_{k1}^2 = 1,755 \cdot 10^{-3}; s_{a1}^2 = 2,446 \\ s_{k2}^2 = 1,555 \cdot 10^{-3}; s_{a2}^2 = 2,167 \end{cases}$$

Число ступенів свободи для цих дисперсій становить 274.

В результаті попарного порівняння вказаних дисперсій були отримані значення критерію Фішера $F_k = F_a = 1,13$, що істотно менше критичного значення. Це вказує на відсутність суттєвої різниці між дисперсіями, що порівнювались, і дозволяє замінити їх середніми значеннями дисперсій: $s_k^2 = 1,655 \cdot 10^{-3}$, $s_a^2 = 2,306$.

Для виявлення наявності або відсутності гістерезису у датчика тиску, калібрування якого проводилось, за розрахованими вище показниками були обчислені значення t -критеріїв. Розрахунок показав, що $t_k = 1,377$, $t_a = 0,754$, тоді як критичне значення навіть при необмежено великому числі ступенів свободи становить $t_{кр} = 2,576$. Таким чином, різниця між коефіцієнтами k_1 і k_2 , а також a_1 і a_2 , є несуттєвою (явища гістерезису не спостерігається). Це дає підстави для об'єднання результатів вимірювань в першому та другому блоках і розрахунку коефіцієнтів калібрувальної характеристики за всіма даними. В результаті проведення вказаного розрахунку були визначені наступні параметри:

- дисперсія результатів вимірювань: $s_p^2 = 5,5190$;
- коефіцієнти калібрувальної характеристики: $k = 9,2607$, $a = 40,7988$;
- дисперсія різниць між теоретичними та експериментальними значеннями показників b_i : $s_0^2 = 6,0111$;
- дисперсії коефіцієнтів калібрувальної характеристики: $s_k^2 = 1,628 \cdot 10^{-3}$, $s_a^2 = 2,269$ (550 ступенів свободи);
- довірчі інтервали для коефіцієнтів калібрувальної характеристики: $\Delta k = 0,1039$, $\Delta a = 3,8806$;
- довірчий інтервал для вимірюваної величини: $\Delta b = 6,0517$.

На основі знайдених дисперсій s_0^2 , s_k^2 , коефіцієнта k та інших параметрів були обчислені середнє квадратичне відхилення s та довірчий інтервал ΔP для вакуумметричного тиску, що відповідає вимірюваному значенню b :

$$s = 0,2647 \cdot \sqrt{1,0833 + 3,158 \cdot 10^{-6} \cdot (-346,0163)}, \quad (4.1)$$

$$\Delta P = 0,25 + 0,6820 \cdot \sqrt{1,0833 + 3,158 \cdot 10^{-6} \cdot (-346,0163)},$$

Як свідчить аналіз формули (4.1), в межах діапазону, в якому проводилось калібрування (4,75...62 кПа), похибка визначення вакуумметричного тиску для даних умов калібрування становить $\pm 0,960 \dots 1,031$ кПа.

Загальний вигляд калібрувальної характеристики датчика тиску, побудованої на основі наведених вище розрахунків, представлено на рис. 4..

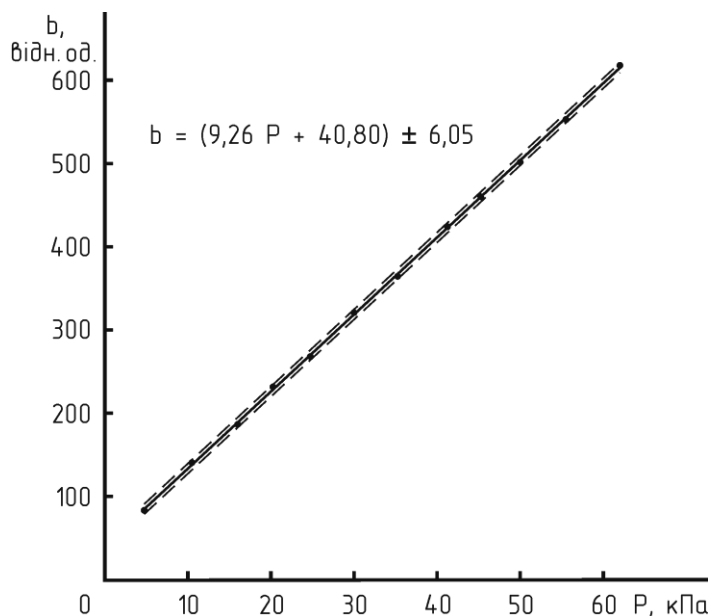


Рисунок 4.1 – Калібрувальна характеристика датчика тиску

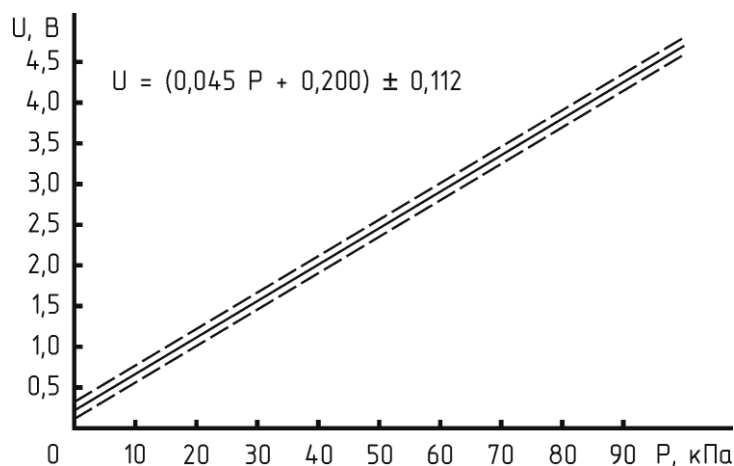


Рисунок 4.2 – Калібрувальна характеристика датчика тиску MPX5100DP за даними з технічної документації

Для порівняння калібрувальної характеристики, зображеної на рис. 3.14, з відповідною характеристикою датчика MPX5100DP, наведеною в технічній документації (рис. 4.2), був здійснений перерахунок вихідної напруги датчика тиску з відносних одиниць у вольти (перехід від b до U). В результаті рівняння калібрувальної характеристики датчика тиску, отримане за експериментальними даними, можна переписати у вигляді:

$$U = 0,045 P + 0,199 \pm 0,030 \quad (4.2)$$

Одержаний кут нахилу та вільний член калібрувальної характеристики датчика тиску практично збігаються зі значеннями, наведеними в технічній документації. Розбіжність значень довірчого інтервалу пояснюється тим, що в технічній документації при визначенні максимальної похибки вимірювань датчика були додатково враховані похибки, пов'язані з впливом температури навколишнього середовища.

Згідно стандарту ISO 3918, вирізняють наступні фази пульсацій вакуумметричного тиску:

- фаза A – підвищення рівня вакууму з 4 кПа до величини $P_{CT} - 4$ кПа, де P_{CT} – робочий вакуумметричний тиск;
- фаза B – рівень вакууму більше або дорівнює $P_{CT} - 4$ кПа;
- фаза C – зниження рівня вакууму з величини $P_{CT} - 4$ кПа до 4 кПа;
- фаза D – рівень вакууму не перевищує 4 кПа.

Вимірювання пульсацій вакуумметричного тиску проводили паралельно за допомогою приладу “PulsoTest 4” та досліджуваного комплекту устаткування. Результати вимірювань приладом “PulsoTest 4” (частота пульсацій, тривалість фаз та ін.) роздруковували на вбудованому принтері; результати вимірювань, проведених за допомогою комплекту устаткування, зберігали на карті пам'яті у вигляді послідовностей зі 127 миттєвих значень вихідної напруги датчика тиску, що автоматично фіксувались через однакові інтервали часу Δt . Розрахунок частоти пульсацій, тривалостей фаз і зміщення пульсацій за результатами вимірювань проводили наступним чином.

1) Використовуючи отриману в п. 3.2.1 калібрувальну характеристику, здійснили перерахунок кодованих значень вихідної напруги датчика тиску в абсолютні значення;

2) в якості робочого вакуумметричного тиску P_{CT} для кожного вимірювання приймали максимальне значення тиску в цьому вимірюванні;

3) підраховували кількість інтервалів Δt для кожної з фаз: для фази A – від першого значення тиску, більшого або дорівнюючого 4 кПа, до першого значення тиску, більшого або дорівнюючого $P_{CT} - 4$ кПа; для фази B – від першого значення тиску, більшого або дорівнюючого $P_{CT} - 4$ кПа, до першого значення тиску, меншого або дорівнюючого $P_{CT} - 4$ кПа, і т. д.;

4) значення інтервалу Δt в мілісекундах знаходили з формули:

$$\Delta t = \left[\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{11} \sum_{k=1}^2 \frac{T_i}{\Delta t_A + \Delta t_B + \Delta t_C + \Delta t_D} \right] \cdot \frac{1}{154}, \quad (4.3)$$

де T – період пульсацій (величина, зворотна частоті пульсацій за даними приладу “PulsoTest 4”), мс;

$\Delta t_A, \Delta t_B, \Delta t_C, \Delta t_D$ – кількість інтервалів Δt для кожної з фаз пульсацій;

i – порядковий номер частоти, при якій проводились вимірювання;

j – номер вимірювання при даній частоті;

k – номер каналу вимірювача.

В результаті розрахунків за формулою (4.3) було отримане значення $\Delta t = 19,70$ мс.

5) помноживши раніше знайдені кількості інтервалів Δt для кожної з фаз на значення цього інтервалу, розраховане за формулою (4.3), знайшли тривалості фаз пульсацій в мілісекундах;

6) зміщення пульсацій у двох каналах знаходили як різницю інтервалів часу між початком вимірювання та початком фази A для першого та другого каналів вимірювача.

Перевірку нормальності розподілу похибок вимірювань здійснювали за допомогою критерію χ^2 . Попередньо здійснювали нормалізацію даних аналогічно до того, як це було зроблено при обробці результатів калібрування датчика тиску.

Отримані дані згрупували за 9 інтервалами, що відповідає 6 ступеням свободи. В результаті розрахунків було знайдено $\chi^2 = 15,9$ при критичному значенні $\chi^2_{кр} = 16,8$. Це дозволяє вважати, що розподіл похибок вимірювань є нормальним.

Далі були розраховані дисперсії тривалостей фаз пульсацій окремо для кожної частоти, фази та кожного з двох каналів.

Перевірку гіпотези про однорідність дисперсій здійснювали за допомогою критерію Кохрена G . В результаті було отримане значення $G = 0,0482$, тоді як критичне значення навіть при кількості дисперсій $n = 60$ і 10 ступенях свободи становить $G_{кр} = 0,0567$. Це показує, що абсолютна похибка вимірювань не залежить від частоти пульсацій в дослідженому діапазоні і характеризується середньою дисперсією $s^2 = 145,339 \text{ мс}^2$ з 615 ступенями свободи.

Довірчий інтервал ΔT для визначення тривалостей фаз пульсацій був розрахований на основі знайденої дисперсії вимірювань:

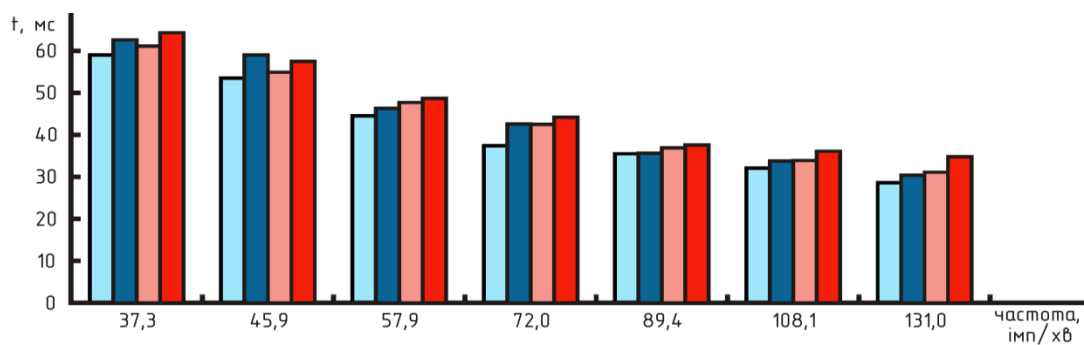
$$\Delta T = t(0,99, 615) \cdot s = 2,576 \cdot \sqrt{145,339} \approx 31 \text{ мс},$$

де $t(0,99, 615)$ – коефіцієнт Ст'юдента для достовірності 0,99 і 615 ступенів свободи.

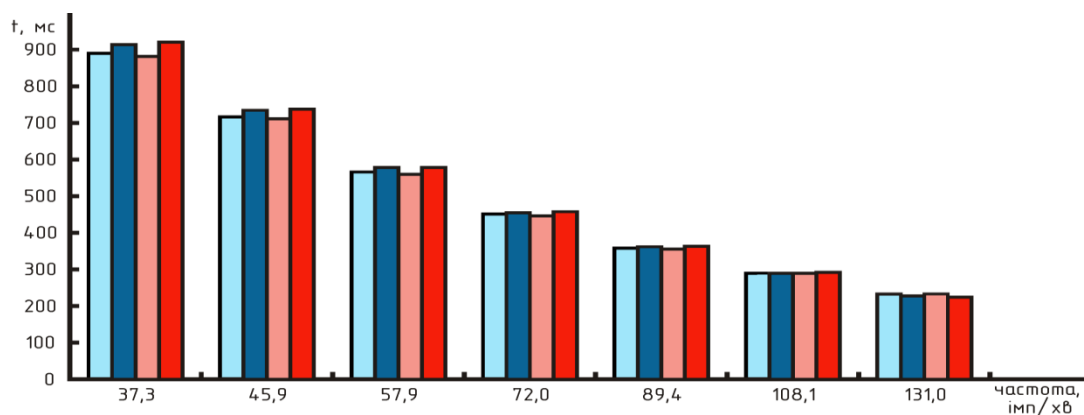
Результати визначення параметрів пульсацій за допомогою комплекту устаткування та приладу “PulsoTest 4” представлені на рис. 4.3. Аналіз даних показує, що максимальна розбіжність між значеннями, отриманими за допомогою двох приладів, становить 12,8 мс, тобто менше за розраховану величину довірчого інтервалу. Таким чином, прийнявши результати вимірювань приладом “PulsoTest 4” в якості еталонних, можна зробити висновок про відсутність суттєвих розбіжностей між даними, отриманими за допомогою обох приладів.

В результаті калібрування датчика тиску, що входить до складу комплекту устаткування, було встановлено наступне:

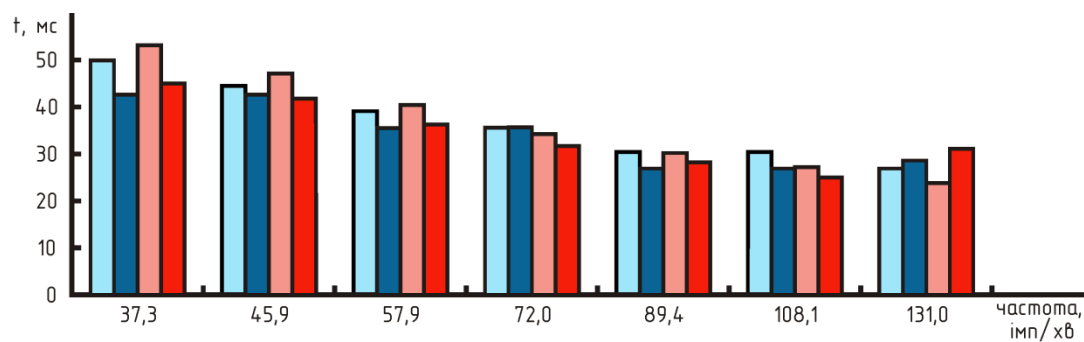
- калібрувальна характеристика датчика є лінійною в дослідженому діапазоні тисків (4,75...62,00 кПа);
- рівняння, яким описується калібрувальна характеристика, збігається з рівнянням, наведеним в технічній документації на датчик;



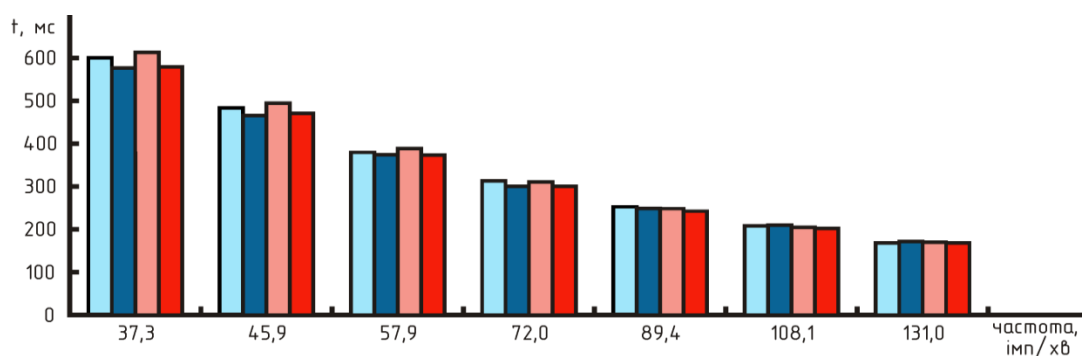
а)



б)



в)



г)

■ – комплект устаткування, канал 1;
 ■ – комплект устаткування, канал 2;
 ■ – “PulsoTest 4”, канал 1;
 ■ – “PulsoTest 4”, канал 2;

Рисунок 4.3 – Тривалість фаз А (а), В (б), С (в) і D (г) при різних частотах пульсацій

- похибка вимірювання тиску у вказаному діапазоні становить близько 1 кПа;
- за результатами калібрування немає підстав вважати, що датчику тиску властивий ефект гістерезису.

Результати калібрування вимірювача пульсацій вакуумметричного тиску показали, що визначення тривалості фаз імпульсів характеризується роздільною здатністю 19,70 мс і похибкою вимірювання ± 31 мс в діапазоні частот пульсацій 37,3...131,0 імп/хв. Величина цієї похибки не залежить від частоти пульсацій у вказаному діапазоні.

4.2 Результати експериментальних досліджень зміни техніко-технологічних параметрів в залежності від тривалості експлуатації молочно-доїльного обладнання

На початку дослідження на експериментальному стенді були встановлені оптимальні техніко-технологічні параметри. Потім через кожні 20 годин роботи експериментального стенду фіксували фактичні значення цих параметрів.

Дослідивши зміну техніко-технологічних параметрів вакуумної систем протягом 3000 годин експлуатації, визначено, що закономірність їх однакові і можуть бути представлені у вигляді квадратичної функції від часу експлуатації:

- робочий тиск вакуумної системи

$$P(t) = 6 \cdot 10^{-7} \cdot t^2 - 3,9 \cdot 10^{-3} \cdot t + 52, \quad r = 0,972; \quad (4.4)$$

- частота пульсацій

$$n(t) = 1 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 7,4 \cdot 10^{-2} \cdot t + 60, \quad r = 0,978; \quad (4.5)$$

- співвідношення тактів пульсацій

$$\delta(t) = 1 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 - 7 \cdot 10^{-4} \cdot t + 0,6, \quad r = 0,974 \quad (4.6)$$

- сили натягу дійкової гуми

$$F_H(t) = -5 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 1,6 \cdot 10^{-2} \cdot t + 60, \quad r = 0,971; \quad (4.7)$$

де r – коефіцієнт кореляції.

Графічну інтерпретацію залежностей (4.4)-(4.7) представлено на

рисунку 4.4.

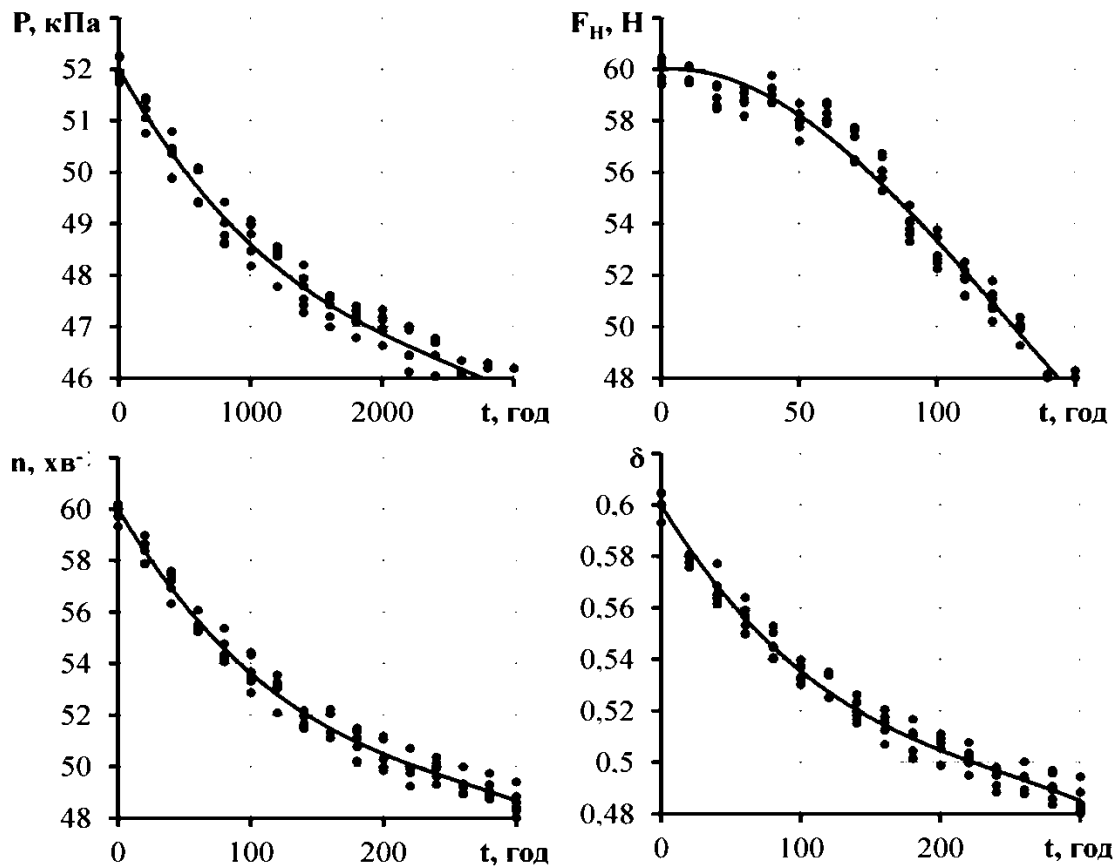


Рисунок 4.4 – Емпіричні залежності зміни частоти пульсацій n , співвідношення тактів δ , сили натягу дійкової гуми F_H і робочого вакууму P від тривалості експлуатації вакуумної системи t

Виведені емпіричні залежності зміни техніко-технологічних параметрів вакуумної системи молочно-доїльного обладнання дозволяють у будь-який момент часу визначати їх фактичний технічний стан. Так, після 175 годин експлуатації молочно-доїльного обладнання величина робочого вакууму змінилася на 4 %, частота пульсації – 14 %, співвідношення тактів пульсацій – 16 %, сила натягу дійкової гуми – 21 %.

Підвищити ефективність експлуатації молочно-доїльного обладнання можна шляхом впровадження його щотижневої технічної діагностики.

4.3 Аналіз відповідності результатів експериментальних досліджень теоретичним даним

Використовуючи отриману в результаті експерименту математичну модель зміни техніко-технологічних параметрів в залежності від тривалості експлуатації молочно-доїльного обладнання (4.4)-(4.7), перевіряли відповідність отриманих експериментальних даних теоретичним передумовам. Для цього співставляли теоретичні та експериментальні (4.4)-(4.7) значення зміни робочого тиску вакуумної системи, частоти і співвідношення тактів пульсацій доїльного апарата та сили натягу дійкової гуми в залежності від тривалості експлуатації молочно-доїльного обладнання.

Результати співставлення теоретичних та експериментальних значень зміни техніко-технологічних параметрів представлено на рисунку 4.5.

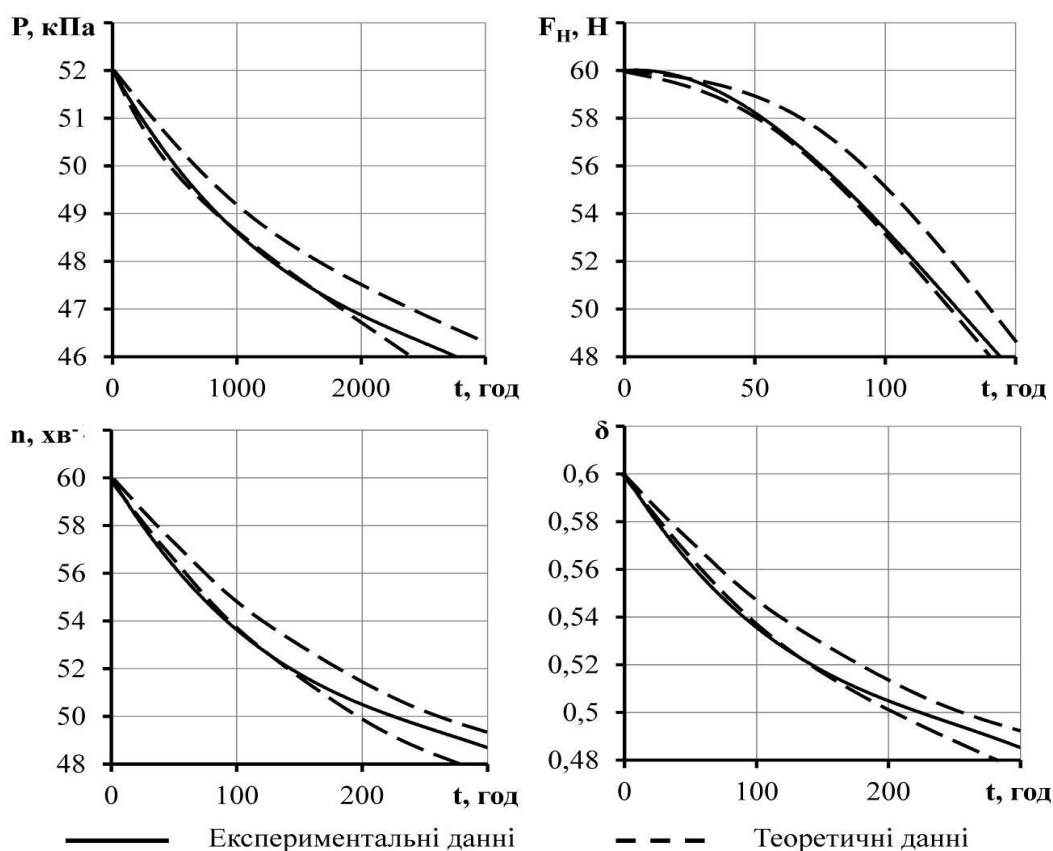


Рисунок 4.5 – Результати співставлення теоретичних та експериментальних значень зміни техніко-технологічних параметрів

З рисунку 4.5 видно, що експериментальні дані знаходяться в коридорі теоретичних. Кореляція теоретичних та експериментальних даних для величини робочого вакууму складає 0,962, для сили натягу дійкової гуми – 0,958, для частоти пульсацій – 0,968, для співвідношення тактів пульсацій – 0,964.

Виходячи з цього можемо зробити висновок про доцільність отриманих теоретичних моделей, що враховують конструктивні параметри молочно-доїльного обладнання.

4.4 Висновки до розділу

1. В результаті калібрування встановлено, що комплект устаткування дозволяє визначати, відображати і запам'ятовувати наступні технічні параметри доїльної установки з наступними похибками вимірювань: статичний тиск 0 – 100 ± 1 кПа, динамічний тиск (пульсації) 0 – 100 ± 1 кПа, тривалість фаз А, В, А+В, С, D 0 – 1200 ± 31 мс, витрати повітря 0 – 3000 ± 5 л/хв.

2. В результаті проведення експериментальних досліджень зміни техніко-технологічних параметрів вакуумної системи молочно-доїльного обладнання, а саме: величини робочого вакууму, частоти пульсацій, співвідношення тактів пульсацій і сили натягу дійкової гуми в залежності від часу експлуатації, емпірично підтверджені отримані теоретичні залежності з коефіцієнтом їх кореляції $r = 0,97$.

3. Встановлено, що після 175 год. експлуатації доїльної установки типу УДМ величина робочого вакууму зменшилась на 4 %, частота пульсації – 14 %, співвідношення тактів пульсацій – 16 %, сила натягу дійкової гуми – 21 %.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Дослідження шкідливих і небезпечних факторів при роботі доїльної установки

Оператор машинного доїння проводить машинне доїння корів двома апаратами з продуктивністю в середньому по групі на фуражну корову понад 3,5 тис. кг молока на рік або трьома і більше апаратами з продуктивністю до 3,5 тис. кг молока на рік. Здійснює машинне доїння кобил, овець. Масажує, підмиває, витирає вим'я і виконує інші операції, які впливають на швидкість та повноту молоковіддачі і чистоту молока. Проводить машинне доїння корів в ізоляторі. Перевіряє на мастит і виконує ветеринарно-санітарні роботи з догляду за вим'ям та профілактику захворювань на мастит.

Додержується правил машинного доїння корів. Вмикає і вимикає апарати, перевіряє їх на частоту пульсацій та контролює роботу. Виконує машинне додоювання тварин. Розбирає та складає, промиває та дезінфікує доїльні апарати. Проводить технічне обслуговування і усуває несправності.

Роздає корми. Чистить годівниці, корів. Мис й чистить молочний посуд та прибирає приміщення. Допомагає ветеринарним фахівцям під час проведення профілактичних заходів з лікування, штучного осіменіння тварин.

Потенційні небезпеки та шкідливості [67]:

1. Інфекційні хвороби тварин.
2. Необхідність контактувати з норовливими, роздратованими, неспокійними тваринами.
3. Перевищення гранично допустимих норм піднімання і переміщення вантажів.
4. Використання інструменту, інвентарю і пристосування не за призначенням.
5. Несправний технічний стан обладнання (доїльних апаратів та ін.).
6. Високі рівні шуму від голодних тварин під час роздавання кормів.

Кваліфікаційні вимоги до оператора машинного доїння [68]: професійно-технічна освіта; підвищення кваліфікації; стаж роботи за професією оператора машинного доїння кожного попереднього (починаючи з 3-го) розряду – не менше 1 року.

Небезпечні та шкідливі виробничі чинники під час машинного доїння наступні:

- під час підготування вимені до доїння у тварин виникають неприємні відчуття, зумовлені механічними і температурними подразниками (сильне натискання, занадто гаряча чи холодна вода тощо), що призводить до їх роздратування;

- підлога станків доїльних установок нерівна, без твердого покриття і ухилу для стікання води від станків;

- порушення правил електробезпеки під час монтування і експлуатації електроприводів доїльних установок;

- наявність дефектів і пошкоджень гумових деталей доїльних апаратів;

- слизькість підлоги у доїльній залі;

- накопичення збудників хвороб у доїльному приміщенні.

Небезпечні дії працівників:

- застосування грубої сили і биття під час привчання корів до машинного доїння;

- роздавання кормів під час доїння корів;

- на час доїння неспокойних корів їм не фіксують задні ноги.

- доїльну залу (молочне відділення) після закінчення робіт не прибирають, не миють та не провітрюють;

- стіни і підлогу доїльної зали не дезінфікують з належною періодичністю;

- нетелів заздалегідь до отелення не привчають до скотопрогонів, доїльного залу і шуму доїльних апаратів під їх роботи;

– не дотримуються всіх вимог експлуатаційної документації на доїльні установки.

Небезпечні ситуації:

- перебування працівника у небезпечній зоні біля роздратованої (неспокійної) тварини;
- порушення електроізоляції електроприводів доїльних установок через підвищений рівень вологості у повітрі;
- потрапляння до організму працівника збудників хвороб;
- загроза падіння на слизькій підлозі оператора машинного доїння.

Окрім оператора машинного доїння доїльну установку обслуговують й техніки, які безпосередньо контактують із силовими агрегатами, такими як вакуум-силова установка.

До механічних видів небезпек відносяться:

- пошкодження в результаті доторку до рухомих деталей, таких як приводні ремені, муфти, вали;
- пошкодження через наявність гострих кутів і ріжучих крайок, шорстких поверхонь, виступаючих частин, наприклад деталі з листового металу, від'єднання труби;
- втягування у вакуумну систему сторонніх предметів;
- викид фрагментів і частинок деталей в результаті руйнування однієї з внутрішніх деталей насоса, вакуумної системи;
- викид фрагментів і частинок деталей в результаті вибуху насоса, вакуумної системи внаслідок підвищення тиску з причини:
 - а) неправильного напрямку обертання ротора;
 - б) засмічення або звуження трубопроводу на виході з насоса;
 - в) несправностей на впуску газу в насос, вакуумну систему;
 - г) механічного пошкодження складових елементів;
 - д) зворотного ходу насоса після його виключення під дією вакууму;

- втрата стійкості в результаті встановлення або зняття комплектуючих деталей;

- втрата стійкості під час транспортування;

- втрата стійкості під час підйому через несправні підйомні пристрої;

- ковзання, втрата стійкості і падіння через витікання масла з насоса.

До електричних видів небезпек відносяться:

- пряме і непряме зіткнення з струмоведучими деталями, що перебувають під напругою;

- статичну напругу;

- зовнішні впливи на електрообладнання.

До термічної небезпеки відносяться:

- опіки, викликані зіткненням з гарячими поверхнями;

- обварювання, що викликається зіткненням з гарячими експлуатаційними матеріалами.

Небезпека, що викликається шумом призводить до:

- тривалого пошкодження слуху (втрату гостроти слуху);

- дзвону у вухах;

- стомлюваності, стресу та ін.;

- інші наслідки, наприклад порушення рівноваги, ослаблення уваги.

Вібрація, що виникає при роботі насоса, може викликати розлади неврологічного характеру, а також серцево-судинні та інші захворювання.

Види небезпек, що виникають внаслідок нехтування принципами ергономіки вакуум-силових установок:

- відсутність огорож для захисту обслуговуючого персоналу;

- помилки в діях обслуговуючого персоналу через неправильне розташування приладів управління та інструментів;

- неправильне під'єднання насоса до системи, з якої виробляється відкачка.

Види небезпек, що виникають у зв'язку з відключенням електропостачання, виходом з ладу деталей вакуумного насоса або іншими функціональними неполадками:

- відключення електропостачання (несанкціонована зупинка);
- вихід з ладу центральної системи управління (несподіваний пуск);
- вихід з ладу деталей насоса, вакуумної системи.

Види небезпек, що виникають у зв'язку з проведенням заходів з безпеки та прийняттям заходів обережності:

- мимовільний пуск насоса після його відключення в результаті несправності;
- збій в програмі;
- вихід з ладу комп'ютерного обладнання.

5.2 Вимоги та заходи щодо безпеки для розробленої вакуум-силової установки

Механічна безпека. Для захисту від дотику до рухомих деталей насоса встановлюють захисну огорожу і / або запобіжний пристрій згідно з ГОСТ Р 51342 і ГОСТ ИСО / ТО 12100-2 [69].

Захисна огорожа вважається придатною, якщо запобігає контакт з рухомими деталями насоса. Для перевірки достатності відстані від небезпечних частин насоса слід використовувати щуп доступності відповідно до ГОСТ Р 51334.

Захисні огороження і запобіжні пристрої повинні відповідати таким вимогам [70]:

- мати стійку конструкцію;
- не викликати додаткового ризику отримання травм;
- не бути легко зігнорованими або усуненими обслуговуючим персоналом;

- бути розташованими на достатній відстані від небезпечної зони;
- представляти собою мінімальні перешкоди для спостереження за роботою насоса;
- дозволяти виконувати роботу з налагодження насоса, вакуумної системи, а також з поточного обслуговування шляхом обмеження доступу тільки до тих ділянок, де повинна бути проведена робота, по можливості без демонтажу захисних огорожень і запобіжних пристроїв.

Доступні частини насоса, вакуумної системи не повинні мати ріжучих крайок, гострих кутів і шорстких поверхонь, здатних завдати травму обслуговуючому персоналу. Для запобігання травм необхідно на краях листів металу видалити задирки, краї відбортувати або закруглити.

Якщо постійну захисну огорожу можна встановити тільки після остаточної установки і підключення насоса, вакуумної системи, то необхідно передбачити тимчасовий захисний пристрій, який виключає попадання сторонніх предметів в насос (наприклад глухий фланець на вхідному патрубку, якщо є інший доступ до механічної частини насоса).

Деталі насоса, вакуумної системи повинні мати достатню міцність протягом усього терміну експлуатації насоса, вакуумної системи.

Якщо не можна виключити небезпеку руйнування насоса, вакуумної системи, то в цих місцях необхідно встановити захисні огороження з метою запобігання від викидаються фрагментів і частинок деталей.

Конструкція насоса, вакуумної системи повинна запобігати забивання і звуження трубопроводів внаслідок накопичення відкладень відкачуваних речовин. Конструкція насоса, вакуумної системи повинна містити елементи, що дозволяють виконувати його розбирання і чистку.

Вихідні фільтри насоса, вакуумної системи повинні мати достатньою ємністю з тим, щоб насос міг надійно працювати в режимі максимальної продуктивності.

Насос, вакуумна система повинні забезпечувати запобігання підвищення робочого тиску вище максимально допустимого в разі заповнення або забивання фільтра.

Якщо в процесі роботи неможливо запобігти утворенню відкладень в вихідній трубі насоса, вакуумної системи, то необхідно встановити пристрій контролю тиску або запобіжний клапан.

Для виключення виникнення несправностей на впуску газу в насос, вакуумну систему необхідно встановлювати дублюючі запобіжні пристрої, такі як затвор, клапан і т.д.

Конструкція насоса, вакуумної системи повинна передбачати наявність відсічних механічних пристроїв для запобігання зворотного ходу насоса після його відключення.

Конструкція насоса повинна забезпечувати достатню стійкість при експлуатації і поза експлуатації, під час поломок його окремих частин, які можна було заздалегідь передбачити, а також під час випробувань.

Випробування насоса на стійкість. Додаткове або стикувальне обладнання споживача не повинно погіршувати стійкості насоса.

Якщо вимоги випробувань насоса на стійкість не виконуються, то потрібно передбачити пристрій, що забезпечує необхідну стійкість насоса

Необхідно встановити або описати в супровідних експлуатаційних документах по ГОСТ 2.601 (далі - керівництві з експлуатації) пристрої, призначені для безопарного транспортування насоса.

В якості підйомних пристроїв можуть використовуватися ручки, рим-болти, петлі або консолі і т.д.

Для виключення втрати стійкості насоса під час підйому при транспортуванні підйомні пристрої повинні бути перевірені, випробувані і відповідати вимогам, встановленим у нормативних документах на пристрої конкретного виду.

За допомогою застосування пасток, фільтрів і т.д. необхідно звести до мінімуму можливість витоку масла з насоса.

Електрична безпека. Вимоги до електроустаткування:

- електрообладнання вакуумного насоса – по ДСТУ EN 60204-1:2015;
- конструкція і підключення запобіжних пристроїв, вимикачів повинні відповідати вимогам, що пред'являються до їх безвідмовної роботи;
- основний запобіжник електричного кола допускається встановлювати окремо від насоса.
- кабелі та проводи повинні бути прокладені і захищені відповідно до ДСТУ EN 60204-1:2015.

У разі виникнення небезпеки для людей або можливості займання через електростатичні заряди необхідно запобігати їх появі шляхом заземлення стаціонарних струмопровідних вузлів.

Запобіжні пристрої та електрообладнання повинні бути сконструйовані і виконані так, щоб під час роботи устаткування не виникало небезпечної ситуації через такі несправностей:

- перевантаження в результаті короткого замикання;
- механічних ударів;
- стрибків напруги в електромережі;
- замикання на землю;
- електромагнітних полів та ін.

Термічна безпека. У тих місцях, де висока або низька температура подачі робочої рідини, мастильних матеріалів або охолоджуючої рідини може становити небезпеку для обслуговуючого персоналу, необхідно цю температуру контролювати. Якщо гранично допустимі значення температури будуть перевищені, необхідно привести насос, вакуумну систему в безпечний стан.

Деталі насоса, вакуумної системи, температура поверхні яких перевищує плюс 70 ° С або опускається нижче мінус 10 ° С і з якими під час експлуатації може випадково стикатися обслуговуючий персонал, повинні мати захисну огорожу і ізоляцію або попереджувальні знаки.

Визначення межі температури гарячих поверхонь з метою захисту шкіри від опіку – відповідно до ДСТУ EN 563-2001.

Кожна труба насоса, вакуумної системи повинна мати можливість вільного лінійного розширення при зміні температури. Гарячі труби не повинні стикатися з деревом або іншими займистими матеріалами.

Температура на поверхні насосів, встановлених у вибухонебезпечних зонах, не повинна перевищувати граничних значень.

Відключення електропостачання, вихід з ладу деталей вакуумного насоса та інші функціональні неполадки. У разі відключення основного або допоміжного електропостачання насоса, вакуумна система повинна бути приведена у безпечне перебування.

Конструкція насоса, вакуумної системи повинна бути такою, щоб повне або часткове відключення електропостачання і подальше його відновлення, а також вихід з ладу центральної системи управління не привели до виникнення небезпечної ситуації, у тому числі:

- мимовільного пуску насоса, вакуумної системи при відновленні електропостачання;
- невиконання вже виданої команди на зупинку;
- зниження ефективності захисних огорожень і запобіжних пристроїв.

Дані вимоги повинні поширюватися на всю систему, включаючи систему циркуляції масла, подачі води, положення клапанів і тих деталей системи управління, які можуть стати джерелами небезпеки.

Вихід з ладу деталей насоса, вакуумної системи. Матеріали насоса, вакуумної системи повинні бути розраховані на застосування відповідно до їх призначення з урахуванням твердості, зносу, старіння (включаючи утворення тріщин), корозії, стирання, хімічних реакцій, теплоти і електростатичних впливів на них. Використовувані матеріали не повинні загрожувати здоров'ю та безпеці обслуговуючого персоналу.

Матеріали насоса, вакуумної системи повинні володіти стійкістю по відношенню до передбачуваного максимальному рівню тиску і температури.

Ущільнювачі насоса, вакуумної системи повинні виготовлятися з матеріалів, що витримують можливість максимально значення тиску і температури.

Заходи безпеки. Після аварійної зупинки насоса, викликаного спрацьовуванням системи безпеки, повторний пуск повинен здійснюватися тільки за допомогою ручного включення.

Повернення органу управління аварійною зупинкою у вихідне положення не повинно призводити до пуску насоса.

Команда на зупинку насоса, вакуумної системи повинна мати пріоритет над командою пуску.

У системі управління повинні бути передбачені заходи, що дозволяють обслуговуючому персоналу безпечно і легко втручатися в процес управління насосом, вакуумною системою, що працює в автоматичному режимі.

При автоматичному управлінні насосом, вакуумною системою пристрій управління повинен попереджати про невірну команду, блокувати її виконання з метою виключення створення небезпечної ситуації.

Безпека насоса, вакуумної системи не повинна залежати від правильності функціонування керуючої програми. Програмне забезпечення пристрою керування насосом, вакуумною системою повинно мати захист від збоїв.

Система захисту виходу із збою програми може бути доповнена технічними захисними засобами у вигляді роз'єднують чи інших запобіжних пристроїв.

Аварійний вимикач встановлюють там, де може виникнути небезпечна ситуація, яку потрібно запобігти за допомогою ручного вимикання. Аварійний вимикач повинен відповідати вимогам ДСТУ EN 60204-1:2015. Якщо в результаті аналізу з'ясується, що звичайний вимикач може виконувати функції аварійного, то він повинен мати знак аварійного вимикача.

5.3 Карта безпеки праці по вакуум-силовій установці

Для вакуум-силової установки (рисунок 5.1) складено карту безпеку праці, яка приведена в таблиці 5.1.

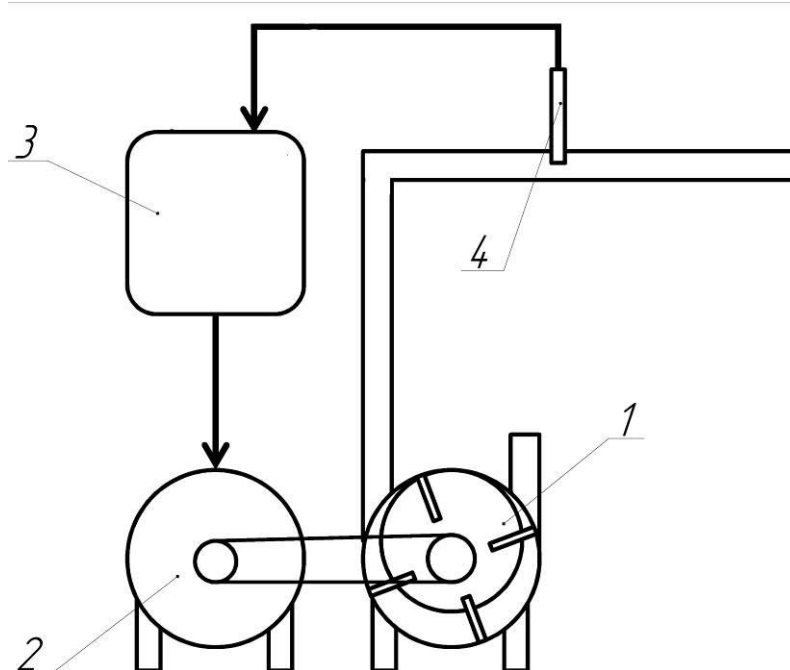





Рисунок 5.1 – Схема вакуум-силової установки

Таблиця 5.1 – Карта безпеки праці по вакуум-силовій установці

№	Найменування вузла	Технічні вимоги безпеки	Методи і засоби контролю	Періодичність
1	2	3	4	5
1	Вакуумний насос	При ремонті вакуумного насоса всі джерела електроструму повинні бути вимкнені. На електрощиті вивішується табличка «Не вмикати – працюють люди!»	Зовнішній огляд. Випробування.	○

1	2	3	4	5
2	Електропривод	Відсутність пилу та бруду. Надійність кріплень. Наявність та справність заземлення. Ступінь нагріву. Надійність контактів з'єднання.	Зовнішній огляд. Випробування.	<input type="checkbox"/>
3	Частотний регулятор і блок керування	Кнопка «Пуск» повинна бути зеленого кольору, «Стоп» – червоного кольору і виступати над поверхнею панелі. Сигналізація звукова і світлова повинні бути справні.	Зовнішній огляд. Випробування.	<input type="checkbox"/>
4	Датчик тиску	Відсутність пилу та бруду. Надійність кріплень. Надійність контактів з'єднання.	Зовнішній огляд. Випробування.	<input type="checkbox"/>
5	Електропровідники	Повинні бути захищені від механічних дій з волого-теплостійкою ізоляцією. У межах пульта управління у металевих рукавах. Опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 МОм	Зовнішній огляд.	<input type="checkbox"/>

1	2	3	4	5
–	–	Під час роботи машини рівень звуку не повинен перевищувати 80 дБА.	Перевіряти шумоміром ВШВ-003	
–	–	Освітлення в зоні дії машини – не менше 60 лк.	Перевіряти люксметром Ю-16.	

де  – щозмінний;

 – щомісячний;

 – сезонний (річний).

5.4 Висновки з розділу

Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці нами складено перелік шкідливих і небезпечних факторів при роботі доїльної установки, зокрема вакуум-силової установки і вимоги та заходи щодо безпеки праці обслуговуючого персоналу. З метою запобігання травмувань та правильного виконання операцій з ремонту та обслуговування обладнання для вакуум-силової установки складено карту безпеку праці.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

6.1 Розрахунок економічної ефективності

Розрахунки виконані згідно методу економічного оцінювання техніки на етапі випробування, яка є галузевим стандартом України ДСТУ 4397:-2005.

Річний економічний ефект E_p від впровадження розробленої методика прогнозування ресурсу вакуумної системи молочно-доїльного обладнання та комплекту приладового устаткування для її діагностики визначається за формулою

$$E_p = П_Б - П_Н + E_я, \quad (6.1)$$

де $П_Б$, $П_Н$ – сукупні експлуатаційні витрати без використання методики і комплекту приладового устаткування і з їх використанням відповідно;

$E_я$ – річний економічний ефект, одержаний за рахунок зміни кількості та якості отриманого молока, грн.

Річний економічний ефект, одержаний за рахунок зміни кількості та якості продукції

$$E_я = C_{ян} - C_{яб}, \quad (6.2)$$

де $C_{яб}$, $C_{ян}$ – загальна вартість молока, одержаної у разі застосування без використання методики і комплекту приладового устаткування і з їх використанням відповідно.

Загальна вартість молока визначається за формулою

$$C_я = П_p \cdot Ц_б \cdot k \text{ (т)}, \quad (6.3)$$

де $П_p$ – річний надій молока у господарстві, л;

$Ц_б$ – базова ціні за 1 л молока, грн./л;

$k(t)$ – коефіцієнт підвищення вартості отриманого молока, який залежить від наробітку молочно-доїльного обладнання

$$k = \begin{cases} 1,25, & t < 175, \\ 1,10, & 175 < t < 375, \\ 1,00, & t > 375. \end{cases} \quad (6.4)$$

Сукупні експлуатаційні витрати визначаються за формулою

$$\Pi_E = Z_D + Z_T + \Gamma + P + A + B, \quad (6.5)$$

де Z_D – витрати на оплату праці дояра, грн.

$$Z_D = L_D \cdot t_D \cdot r_D \cdot k_H \cdot n; \quad (6.6)$$

L_D – кількість доярів, що обслуговують доїльну установку;

r_D – тарифна ставка дояра, грн./люд. год;

k_H – коефіцієнт доплати;

n – коефіцієнт нарахувань;

Z_T – витрати на оплату праці техніка, грн.

$$Z_T = L_T \cdot t_T \cdot r_T \cdot k_H \cdot n; \quad (6.7)$$

L_T – кількість техніків;

r_T – тарифна ставка техніка грн./люд. год;

Γ – витрати на електроенергію, грн.

$$\Gamma = C_E \cdot E; \quad (6.8)$$

C_E – ціна 1 кВт·год електроенергії, грн.;

P – витрати на технічне обслуговування, грн .

$$P = B \cdot \left(r_{TO} + r_K \right) \cdot \frac{t_D}{t}; \quad (6.9)$$

B – балансова вартість доїльної установки, грн.;

r_{TO} – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування;

r_K – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

A – витрати на амортизацію, грн.

$$A = \frac{B}{T}; \quad (6.10)$$

T – термін служби доїльної установки, рік.;

B – витрати на вартість комплексу приладового устаткування, грн.

Враховуючи отримані залежності і надані вище формули, побудуємо гістограму залежності питомого економічного ефекту (на 1 л отриманого молока) використання розробленої методики прогнозування ресурсу вакуумної системи молочно-доїльного обладнання та комплексу приладового устаткування для її діагностики від періодичності технічного обслуговування (рисунок 6.1).

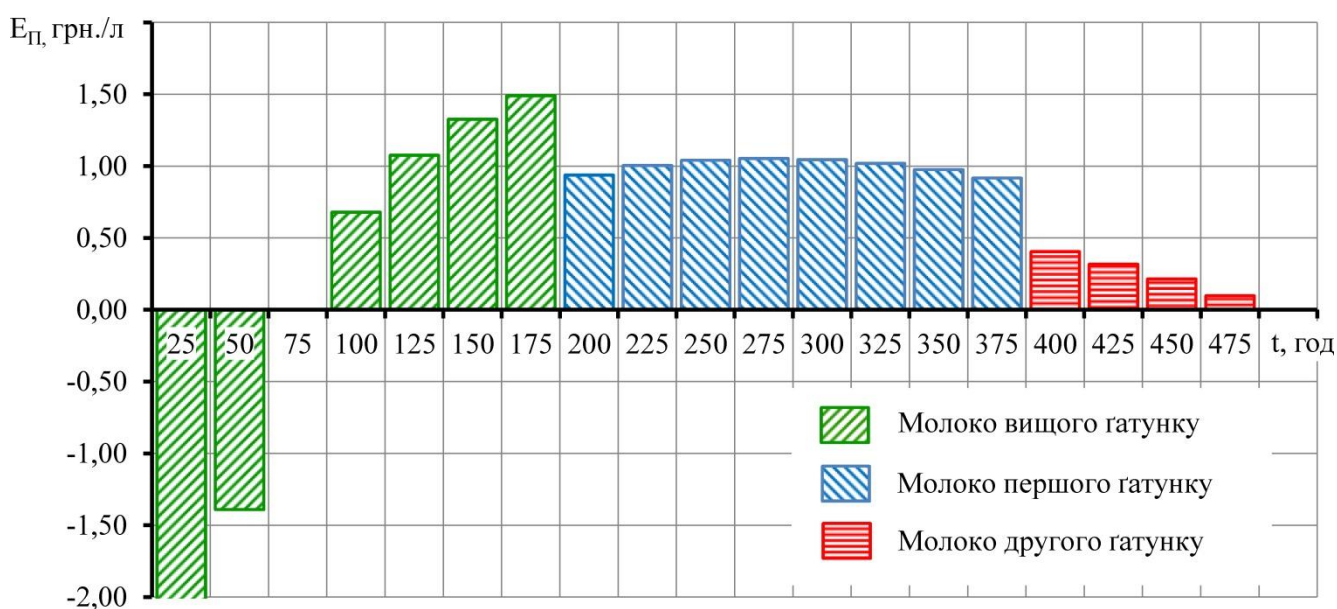


Рисунок 6.1 – Гістограма залежності питомого економічного ефекту застосування розробленої методики прогнозування ресурсу молочно-доїльного обладнання

З рисунку 6.1 видно, що при періодичності технічного обслуговування до 100 год. експлуатаційні витрати перевищують додатковий економічний ефект, одержаний за рахунок зміни кількості та якості отриманого молока. Розрахунки показують, що запропонована методика прогнозування ресурсу вакуумної системи має високі експлуатаційні витрати, однак забезпечує підвищення вартості

отриманого молока на 25 % за рахунок запобігання погіршення його якості і попереджує зниження продуктивності корів на 16 %, при цьому зростає термін служби доїльної установки від 5 до 7 років. Результати розрахунку очікуваного питомого економічного ефекту застосування розробленої методики прогнозування ресурсу молочно-доїльного обладнання та комплексу приладового устаткування для її здійснення в залежності від періодичності технічного обслуговування встановлено, що найбільший питомий економічний ефект спостерігається при періодичності технічного обслуговування 175 год. і складає 1,46 грн. на 1 л отриманого молока.

6.2 Висновки з розділу

Річний економічний ефект від впровадження розробленої методики при оптимальній періодичності технічного обслуговування 175 год. становить 1,46 грн. на 1 л отриманого молока.

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу впливу відмов молочно-доїльного обладнання на ефективність машинного доїння було встановлено, що основними параметрами, від яких залежить ефективність взаємодії тварини і машин, є величина вакууму (18 %), частота пульсацій доїльного апарата (14 %), співвідношення тактів доїльного апарата (14 %), сила натягу дійкової гуми в доїльному стакані (16 %). З аналізу впливу відмов молочно-доїльного обладнання на ефективність машинного доїння було встановлено, що доїння повинне проходити при сталому вакуумному режимі 48,0-52,0 кПа, частота пульсацій повинна знаходитись у межах 50-65 хв⁻¹, співвідношення тактів пульсацій – 0,5-0,7, сила натягу дійкової гуми – 50-70 Н.

2. Розроблено математичну модель прогнозування ресурсу вакуумної системи доїльної установки як складної системи: отримано робочі формули для розрахунків ймовірності безвідмовної роботи, щільності відмов вакуумної системи, інтенсивності відмов та середнього напрацювання на відмову.

3. Одержані розрахункові залежності для визначення періодичності діагностування вузлів вакуумної системи доїльної установки: теоретичний час спрацьованості дійної гуми – 130 год, теоретичний час спрацьованості мембрани двотактного пульсатора – 225 год, теоретичний час спрацьованості лопаток пластинчасто-роторного вакуумного насосу – 2000 год.

4. Обґрунтовано конструкційно-технологічну схему комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок. Комплект устаткування містить блок живлення, клавіатуру керування, цифровий індикатор, два датчика тиску та датчик витрат повітря, з'єднані з автоматизованою системою керування. Автоматизована система керування виконана у вигляді мікроконтролера з аналого-цифровим перетворювачем та зовнішнім запам'ятовуючим пристроєм, а цифровий індикатор представлений у вигляді графічного LCD-дисплею.

5. В результаті калібрування встановлено, що комплект устаткування дозволяє визначати, відображати і запам'ятовувати наступні технічні параметри доїльної установки з наступними похибками вимірювань: статичний тиск 0 – 100

± 1 кПа, динамічний тиск (пульсації) $0 - 100 \pm 1$ кПа, тривалість фаз А, В, А+В, С, D $0 - 1200 \pm 31$ мс, витрати повітря $0 - 3000 \pm 5$ л/хв.

6. В результаті проведення експериментальних досліджень зміни техніко-технологічних параметрів вакуумної системи молочно-доїльного обладнання, а саме: величини робочого вакууму, частоти пульсацій, співвідношення тактів пульсацій і сили натягу дійкової гуми в залежності від часу експлуатації, емпірично підтверджені отримані теоретичні залежності з коефіцієнтом їх кореляції $r = 0,97$. Встановлено, що після 175 год. експлуатації доїльної установки типу УДМ величина робочого вакууму зменшилась на 4 %, частота пульсації – 14 %, співвідношення тактів пульсацій – 16 %, сила натягу дійкової гуми – 21 %.

7. Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці нами складено перелік шкідливих і небезпечних факторів при роботі доїльної установки, зокрема вакуум-силової установки і вимоги та заходи щодо безпеки праці обслуговуючого персоналу. З метою запобігання травмувань та правильного виконання операцій з ремонту та обслуговування обладнання для вакуум-силової установки складено карту безпеку праці.

8. Річний економічний ефект від впровадження розробленої методики при оптимальній періодичності технічного обслуговування 175 год. становить 1,46 грн. на 1 л отриманого молока.

Список використаної літератури

1. ISO 3918. Milking machine installations – Vocabulary. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 42 p.
2. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 52 p.
3. ISO 6690. Milking machine installations – Mechanical tests. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 46 p.
4. Админ Е.И. Доеение коров на фермах промышленных комплексов / Админ Е.И. // Киев: Урожай, 1980.
5. Админ Е.Й. Проблемы машинного доения коров / Е.Й. Админ, В.П. Савран // - Животноводство. – 1978. – № 4.
6. Барышников И.А. Физиологические основы машинного доения. Физиологические механизмы машинного доения / И.А. Барышников // М.: Наука, 1964.
7. Вопросы физиологии машинного доения: Сб.научн.тр.Второго Всесоюзного симпозиума по физиологии машинного доения. - М.: Колос, 1970.
8. Меламедов И.М. Физические основы надежности. - Л.: Энергия, 1970.
9. Демьянович А.Н. Технический прогресс и вопросы повышения надежности и долговечности машин. - Вестник машиностроения, 1965, № I.
10. Жилин А., Фермам - надежную технику. - Сельская жизнь, 1973, 25 нояб.
11. Кузнецов В.А. Основные вопросы надежности радиоэлектронной аппаратуры. - М,-Л.:Энергия, 1965.
12. Кунц Д.Исследование стабилизации вакуумного режима в подсосковой камере доильного стакана: Тр.ЛТСХА, вып.64, 1973.
13. Полещенко П.В., Будникова Г.С. К вопросу обоснования количественных значений надежности сельскохозяйственных машин.-Тракторы и сельхозмашины, 1965, № 12.

14. Шишонок Н.А., Репкин В.Ф., Барвинский Л.Л. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники. -М.: Советское радио, 1964.
15. Гусев Н.В., Аристов А.И. Оценка механической надежности конструкций и агрегатов с учетом возможных отказов. - Стандарты и качество, 1966, № 3.
16. Дажин Г.Г., Игнатов Н.Д. К вопросу о некоторых путях повышения эксплуатационной надежности тракторных двигателей (Д-37) в совхозах Пермской области: Тр.Пермского СХИ, т.30, 1966.
17. Кемпинский М.М., Невельсон М.С., Старобин К.Б. Надежность автоматических средств обработки и контроля в машиностроении. - Л.: Машиностроение, 1967.
18. Макаров О.С. Определение эксплуатационной надежности и долговечности автомобилей. - Стандарты и качество, 1966, МО.
19. Мкртумян В.С. Определение оптимальной надежности машин и оборудования животноводческих ферм: - Методические рекомендации по налаживанию и расчетам МТП, 1973, Новосибирск.
20. Тищенко Н.А. Проблема надежности электродвигателей. - Электричество, 1961, Ш II, 12.
21. Трепеенков И.И. Об измерителях надежности тракторов и сельскохозяйственных машин. - Тракторы и сельхозмашины, 1964, №5.
22. Цекулина А.А., Бернис А.Г., Пресс И.Э. Некоторые вопросы индустриализации молочных ферм. - Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1975, № 2.
23. Дымшиц Н.А. Исследование вакуум-проводов доильных установок с целью повышения их надежности: Автореф.дис...канд.техн. наук. - М., 1973.
24. Королев В.Ф. Доильные машины. - 2-е изд. - М.:Машгиз,1969.
25. Крещик В.А. Исследование надежности доильных установок: Тр.ГОСНИТИ, т.26, М., 1971.

26. Надежность в технике. Термины и определения ГОСТ -27002-83. Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР. М., 1984.
27. Маликов И.М. Надежность судовой электронной аппаратуры и систем автоматического управления. - Л.: Судостроение, 1967.
28. Козлов В.Т. Исследование надежности вакуумного режима доильных установок: Автореф. Дисс...канд.техн.наук. - Омск, 1972.
29. Бабкин В.П., Кравченко В.С. Результаты лабораторных исследований различных типов доильных аппаратов: ВНИИМЭСХ, Зерно-град, вып. 12, 1969, с.185-194.
30. Королев В.Ф. Пути усовершенствования доильных машин.-Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1972, № 8, с.23-26.
31. Уитлстоун У.Г. Принципы машинного доения. - М.:Колос, 1964.
32. Хозяев И.А., Ревякин Е.В. Стабилизация вакуума доильного аппарата. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. - Ростов- на- Дону, 1974, с.21-25.
33. Материалы по надежности комплекта оборудования животноводческих ферм: Научн.отчет Целинного филиала ГОСНИТИ, 1968.
34. Админ Е.И., Савран В.П. Вакуумный режим под сосками коров при машинном доении. - Животноводство, 1971, № 1..
35. Андреев П.В. К вопросу об эксплуатации сосковой резины доильных аппаратов: Труды Ленингр.СХИ, т.149, вып.2 - Л.,1970.
36. Мжельский Н.И. Вакуумные насосы для доильных установок. - М.: Машиностроение, 1974.
37. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М.: "Колос", 1980, с.11-12, с.108-109.
38. Некоторые вопросы теории и расчета доильных установок. - Оренбург, 1970.

39. Селиванов А.И., Артемьев О.Н. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники. - М.: Колос, 1978, с.148-174.
40. Гром С.Я. Автоматическое регулирование соотношения тактов доильных аппаратов.- Тракторы и сельхозмашины, 1966, № 6.
41. Сорин Я., Лебедев А. Беседы о надежности. - М.:Знание, 1968, с.5-24, 180-204.
42. Материалы майского (1982 года) Пленума ЦК КПСС. - М.: Политиздат, 1982.
43. Аббасов С.Г. Исследование доильного аппарата с периодическим вакуумом под соском. - Вестник сельскохозяйственной науки, 1965, № 17.
44. Физиология и механизация доения коров: Сб.тр.ЛТСХА.-Рига, 1968.
45. Кавешникова К.И. Влияние ограничения времени доения и неполного выдаивания на моторную и секреторную функции молочной железы коровы. Тезисы докладов У Всесоюзного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных.- М.,1979,с.19-21.
46. Зих Э.О. О влиянии доильного аппарата на молокоотдачу. - Сельское хозяйство за рубежом. Серия "Животноводство", 1964,№9.
47. Деев Н.Г. Влияние некоторых факторов на скорость машинного доения и удой коров. - Кн.: Механизация и автоматизация животноводческих ферм и надежность машин,- Новосибирск, 1968.
48. Андреев П.В. О качестве сосковой резины. - Молочное и мясное скотоводство, 1973, № 9.
49. Андреев П.В. Техническое обслуживание машин и оборудования молочных ферм. - Л., 1972, с.184-200.
50. Дедков В.К. Основные вопросы эксплуатации сложных систем / В.К. Дедков, Н.А. Северцев. - М: Высшая школа, 1976. - 406 с.
51. Артюшин, А.А. Методы обоснования оптимальных показателей качества работы комплектов оборудования для животноводческих ферм / А.А.

Артюшин // комплексная механизация интенсивного промышленного животноводства.

52. Богдан, ИД Новые разработки для машинного доения в стойлах / ИД. Богдан // Техника в сельском хозяйстве. - 2003. - № 1. - С. 8-21.

53. Борознин В.А. Пути эффективного использования доильно-молочного оборудования на фермах Волгоградской области / В.А. Борознин // Научный вестник. Вып. 2. - Волгоград: Волгоградская ГСХА, 1999.-С. 21-23.

54. Фундаментальные проблемы теории точности / Под ред. В.П. Булатова, И.Г. Фридлиндера. — СПб.: Наука, 2000. - 504 с.

55. Ермолов, Л.С. Основы надежности сельскохозяйственной техники / Л.С. Ермолов, В.М. Кряжков, В.Е. Черкун - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1982.- С. 135-143.

56. Рекомендации по эффективному использованию машин и оборудования в животноводстве. — Тамбов, 1986. - 136 с.

57. Казаровец Н.В Технологии, оборудование и технический сервис в молочном животноводстве: монография / Н.В. Казаровец, В.П. Миклуш, МВ. Колончук. – Минск БГАТУ, 2007, 556 с. : ил.

58. Schirowslawski W. Zur Anwendung von Instanhaltuns - vorschriften in Anlagen der industriemassigen Tierprodiiktion. -Agrartechnik, 1976. №26,2, s.71.,74.

59. Механические вакуумные насосы /Е. С. Фролов, И. В. Автономова, В.И. Васильев и др. // - М.: Машиностроение, 1989. —288 с.

60. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Износ и безызносность. – М.: «Издательство МСХА», 2001. – 616 с.

61. Schirowslawski W. Zur Anwendung von Instanhaltuns - vorschriften in Anlagen der industriemassigen Tierprodiiktion. -Agrartechnik, 1976. №26,2, s.71.,74.

62. Карташов Л.П. Контроль при машинном доении / Карташов Л.П.– М.: Россельхозиздат, 1977. – 48 с.

63. Мельников С.В., Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Ленинград.: Колос, 1978. – 560 с.

64. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение, 1968. – 400 с.
65. Потураев В.Н., Дырда В.И. Резиновые детали машин. – М.: Машиностроение, 1990. – 216 с.
66. ГОСТ Р 27.403-2009 Надежность в технике. Планы испытаний для контроля вероятности безотказной работы / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии // Введён в действие 15 дек. 2009 г. – М. : ФГУП «Стандартинформ», 2009. – 16 с.
67. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2000-01-01].
68. Про затвердження Правил охорони праці у тваринництві. Наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 06.12.2004 №269.
69. Про затвердження Типового положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці. Наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 04.04.1994 №30.
70. Типова інструкція з охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту обладнання тваринницьких ферм (31956).

Додатки

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ КОМПЛЕКТУ УСТАТКУВАННЯ ВИРОБНИЧОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК

Виконав: студент групи МГМЗ-1-19
Гусар Ігор Миколайович

Керівник: д-р техн. наук,
старш. дослідник, проф.
Алієв Ельчин Бахтияр огли

Дніпро, 2021

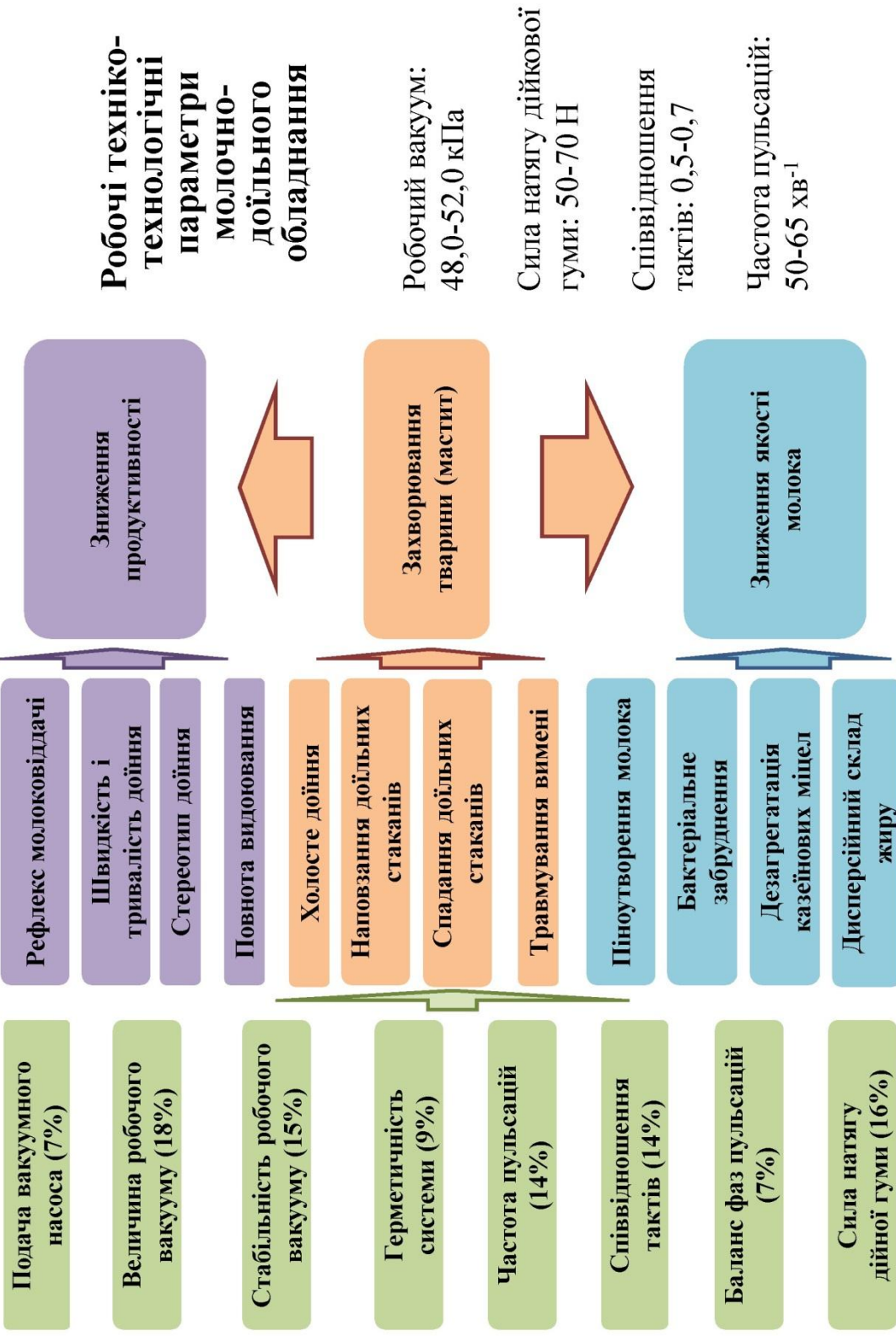
Метою роботи є підвищення ефективності експлуатації молочно-доїльного обладнання шляхом застосування комплекту устаткування виробничого контролю параметрів доїльних установок.

Для досягнення поставленої мети необхідно рішення наступних **задач**:

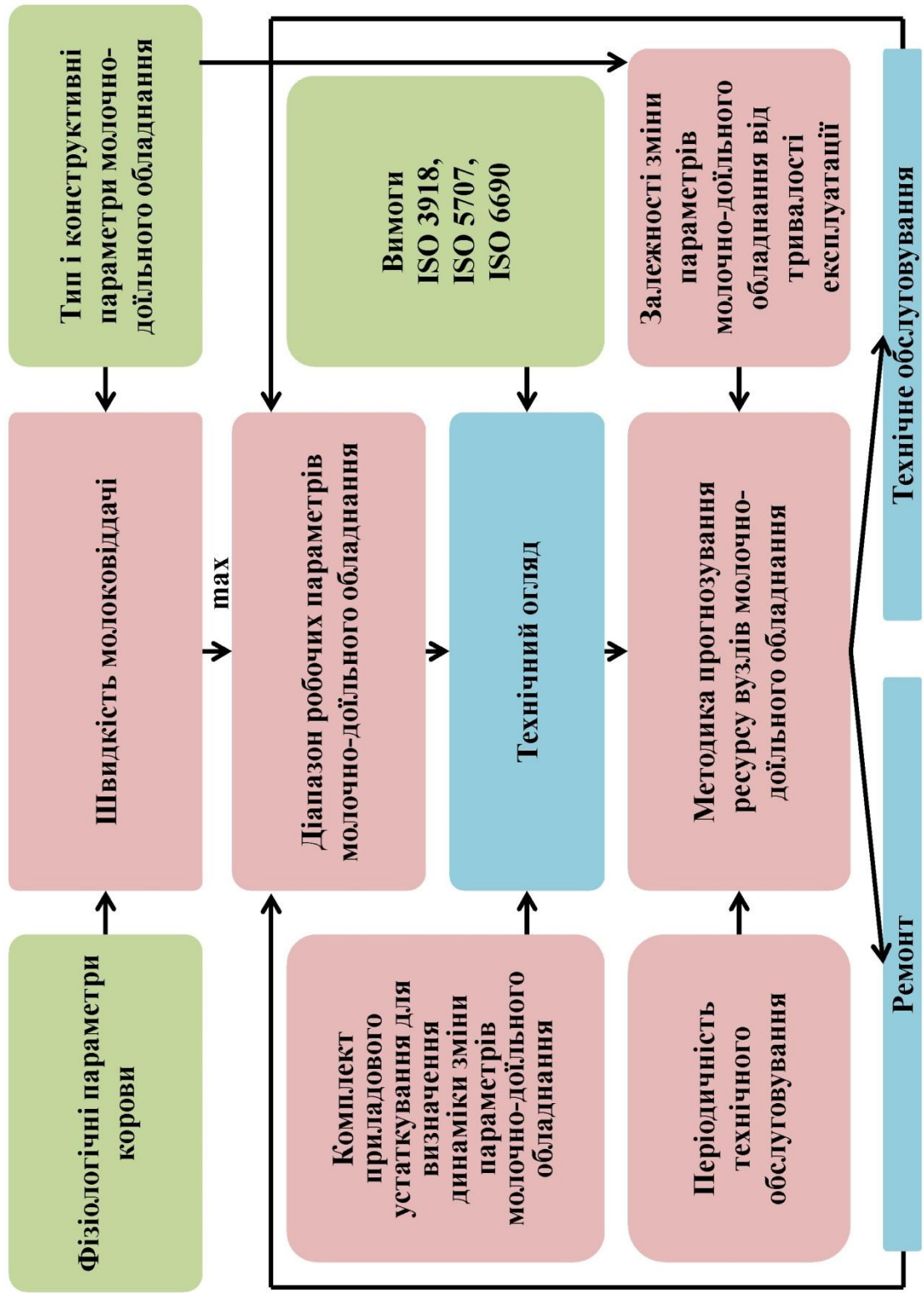
- проведення аналізу впливу відмов вакуумної системи молочно-доїльного обладнання на технологічний процес машинного доїння;
- визначення функціональної залежності зміни техніко-технологічних параметрів вакуумної системи молочно-доїльного обладнання в залежності від тривалості її експлуатації;
- розробити комплект устаткування виробничого контролю параметрів доїльних установок і провести калібрування його метрологічних параметрів;
- проведення експериментальних досліджень впливу техніко-технологічних параметрів вакуумної системи молочно-доїльного обладнання на ефективність машинного доїння і зміни їх в залежності від тривалості експлуатації;
- визначення техніко-економічної ефективності застосування комплекту устаткування виробничого контролю параметрів доїльних установок.

Наслідки відхилення техніко-технологічних параметрів МОЛОЧНО-ДОЇЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

3



Стратегія технічного обслуговування молочно-доїльного обладнання 4



**Закордонні аналоги вимірювачів
технічних параметрів доїльного обладнання**

5



Milkotest MT 52



Тестер серії VPR100



**Вимірювач параметрів доїльного
обладнання TEST-1**



**Pulsotest
Vacuoscope /
Minipulsotest**



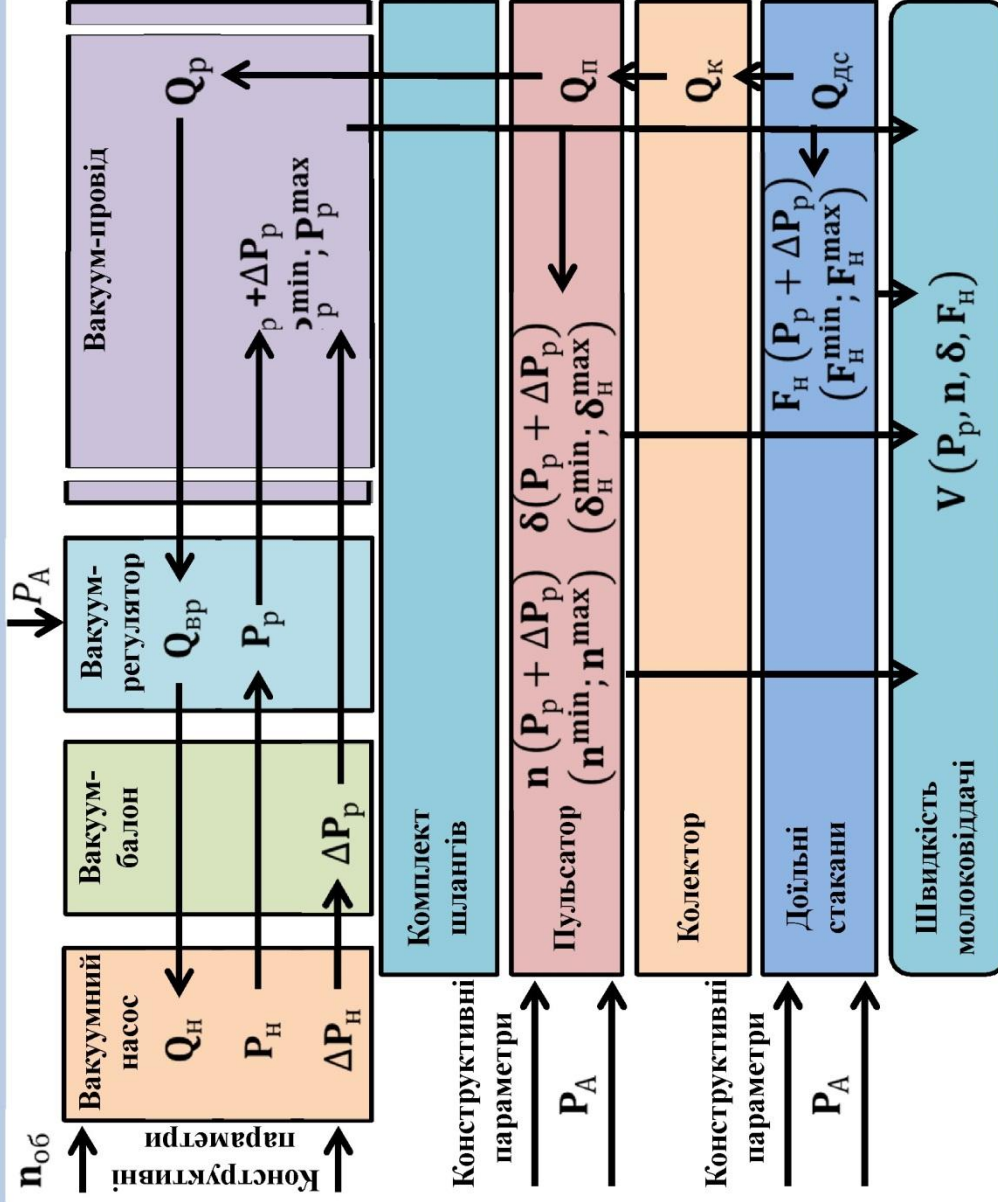
**EXENDIS PT-V
Pulsatortester**



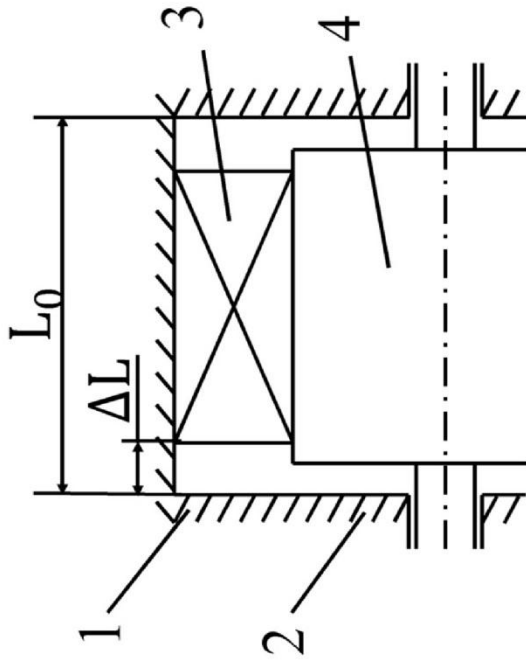
**Pulsotester
Vacuoscope
Comfort**



Pulsotester Comfort



Q – витрати повітря, P – вакууметричний тиск, ΔP – флуктуації вакууму, n – частота пульсацій, δ – співвідношення тактів пульсацій, F_H – сила натягу дійкової гуми, V – швидкість молоковіддачі.

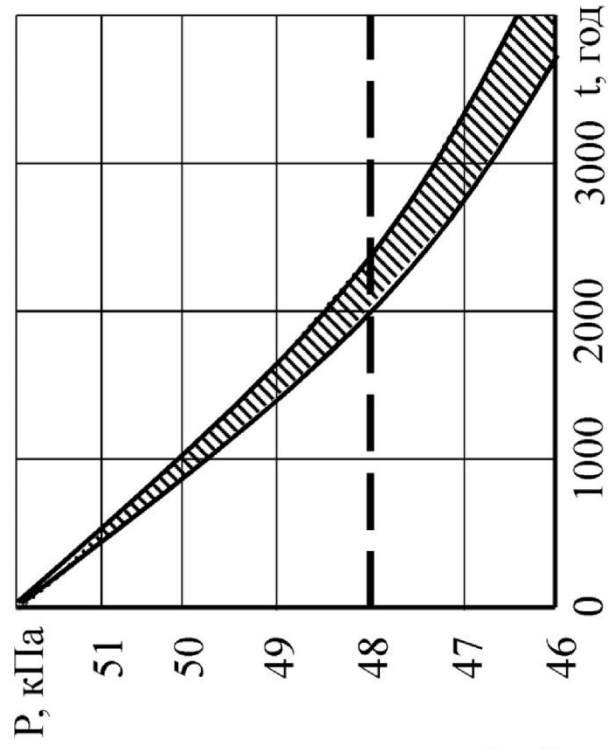


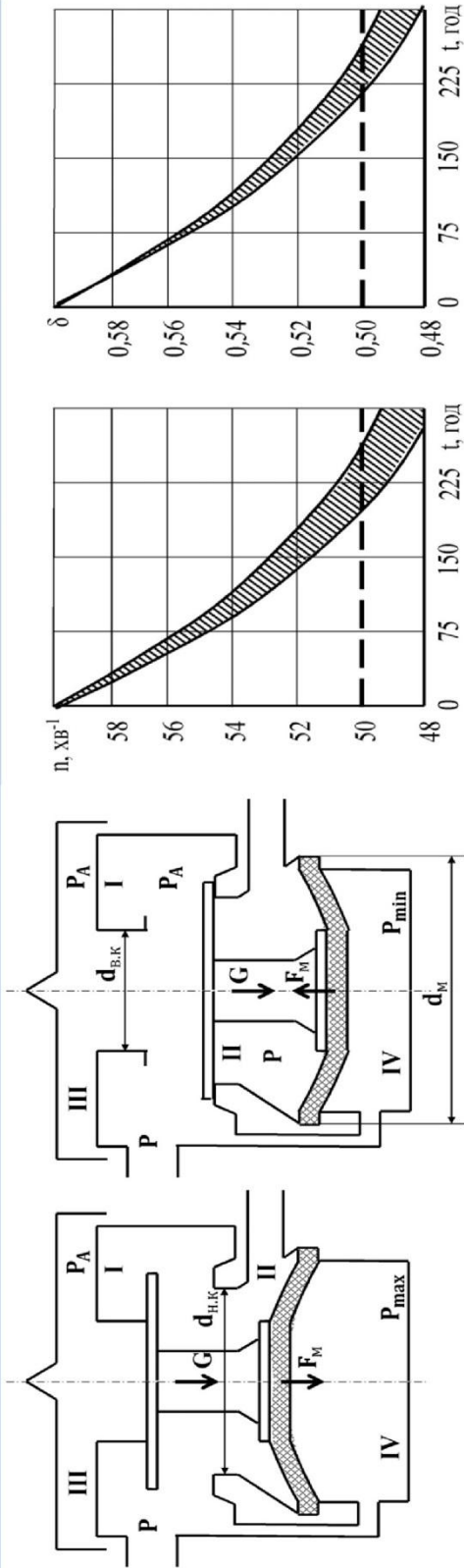
$$P = P_{cr} \pm \frac{\beta \cdot l \cdot \rho}{2\pi^2 D_{ВП}^5} [K \cdot n_{об} \times$$

$$\times \left(L_0 - 2 \frac{C_\gamma \cdot g \cdot F \cdot t}{\varphi \cdot b} \right) (D - d)(D + d - 2\varphi Z)]^2$$

Переріз пластинчасто-роторного
вакуумного насоса:
1 – статор; 2 – бокова кришка; 3 –
лопатка; 2 – ротор.

Залежність величини робочого
вакууму від тривалості експлуатації
пластинчасто-роторного вакуумного
насоса





Залежність частоти і співвідношення тактів пульсаций від тривалості експлуатації

Схема роботи пульсатора двотактного дойльного апарата

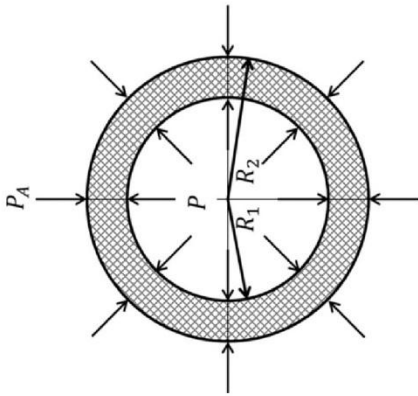
$$n(t) = \frac{\pi d_0^4}{128 l_0 \eta_B V} \left(\frac{1}{P_A - P} \ln \left(\frac{2P_A - P - P_{\min}}{2P_A - P + P_{\max}} \cdot \frac{P - P_{\max}}{P - P_{\min}} \right) + \frac{1}{P_A} \ln \left(\frac{2P_A - P_{\max}}{2P_A - P_{\min}} \cdot \frac{P_{\min}}{P_{\max}} \right) \right)^{-1}$$

$$\delta(t) = P_A \ln \left(\frac{2P_A - P - P_{\min}}{2P_A - P + P_{\max}} \cdot \frac{P - P_{\max}}{P - P_{\min}} \right) \times \left[(P_A - P) \ln \left(\frac{2P_A - P_{\max}}{2P_A - P_{\min}} \cdot \frac{P_{\min}}{P_{\max}} \right) \right]^{-1}$$

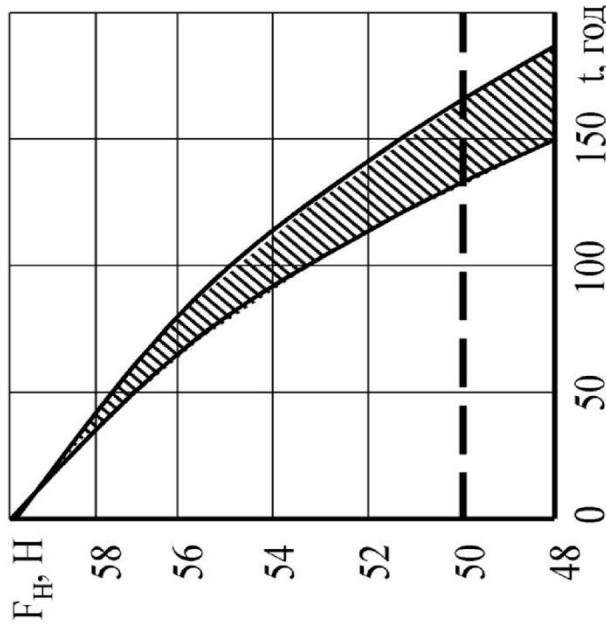
$$P_{\min} = P \cdot \frac{S_{\text{ш}} + uS_{\text{к}} - S_{\text{в.к}}}{S_{\text{ш}} + uS_{\text{к}}} + (E_{\text{д.п.}} + (E_{\text{д.к.}} - E_{\text{д.п.}}) \cdot e^{kt}) \cdot S_{\text{к}} \cdot \varepsilon$$

$$P_{\max} = P \cdot \frac{S_{\text{ш}} + uS_{\text{к}} - S_{\text{н.к}}}{S_{\text{ш}} + uS_{\text{к}}} + (E_{\text{д.п.}} + (E_{\text{д.к.}} - E_{\text{д.п.}}) \cdot e^{kt}) \cdot S_{\text{к}} \cdot \varepsilon$$

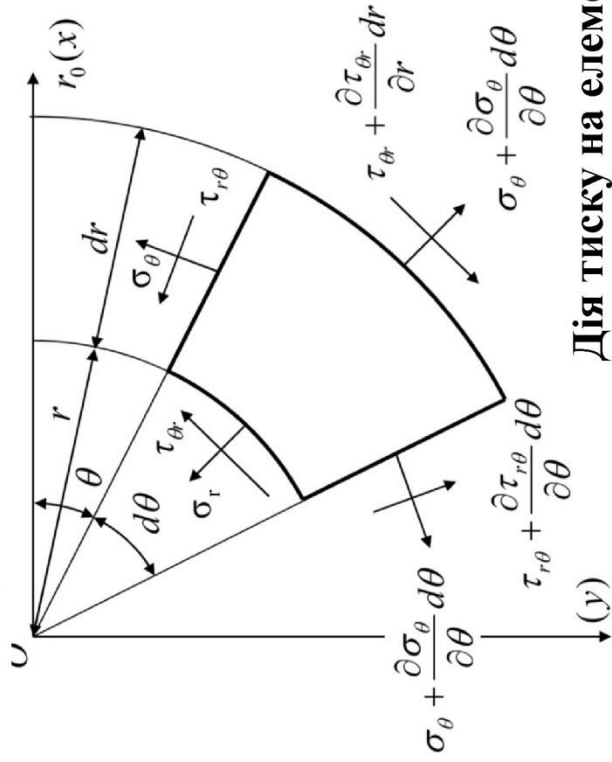
$$F_H = \pi\mu(PR_1^2 - P_A R_2^2) - \frac{\pi E_z}{2} (R_2^2 - R_1^2) (E_{д.п.} + (E_{д.к.} - E_{д.п.}) e^{kt})$$



Поперечний переріз дійкової гуми

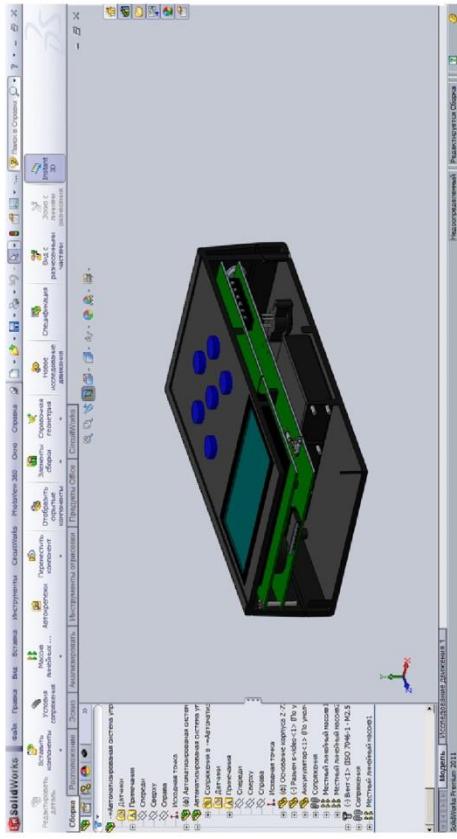


Залежність сили натягу дійкової гуми від тривалості її експлуатації



Дія тиску на елемент дійкової гуми

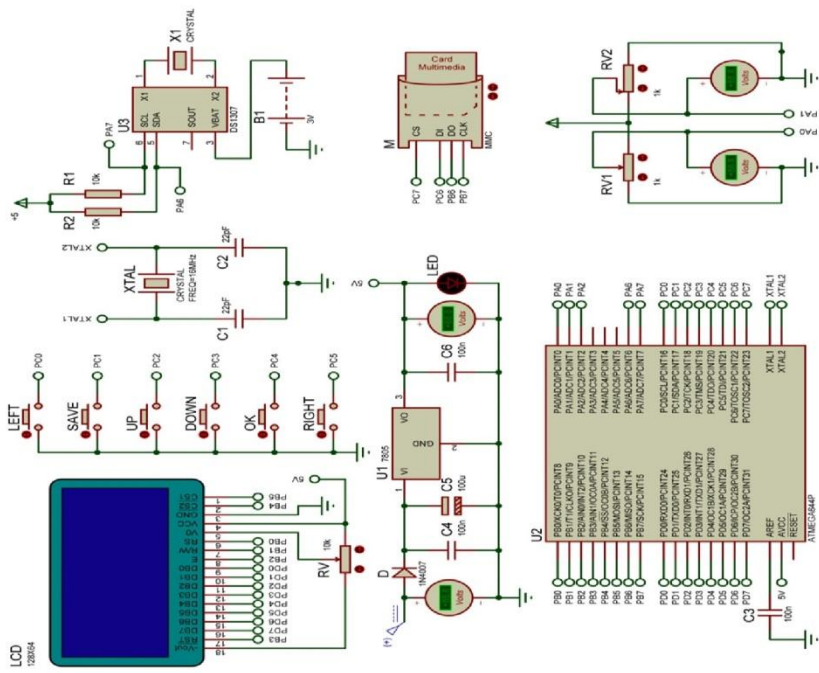
Експериментальний зразок комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок



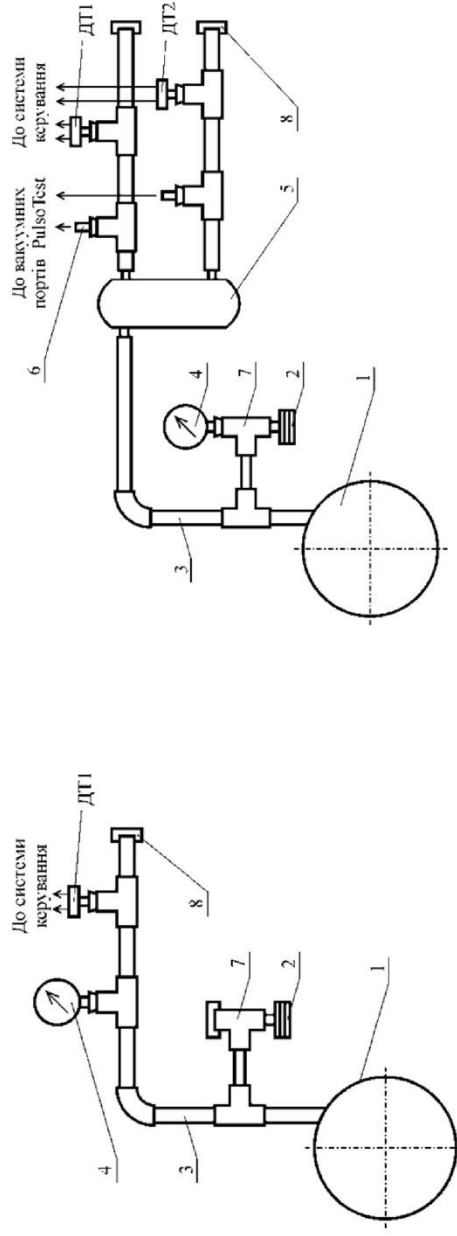
3D модель комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок



Загальний вигляд комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок



Принципова електрична схема комплекту устаткування контролю параметрів доїльних установок



Схеми підключення датчиків до вакуумної системи для вимірювання робочого вакууму (а) і параметрів пульсації (б)



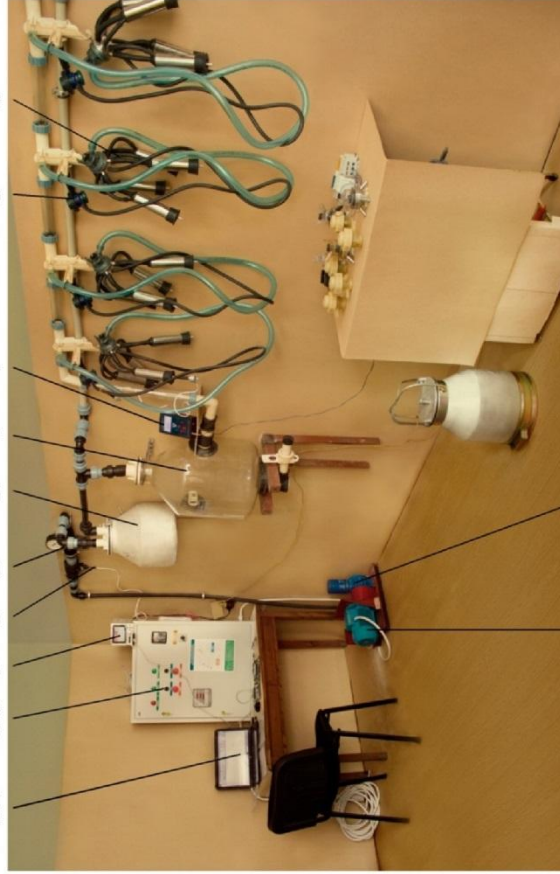
Лабораторний стенд вакуумної системи молочно-доїльного обладнання

- похибка вимірювання тиску в дослідженому діапазоні становить 0,1 кПа;
- похибка вимірювання тривалості фаз в дослідженому діапазоні становить 2,5 мс

Методика експериментальних досліджень зміни техніко-технологічних параметрів молочно-доїльного обладнання в залежності від часу експлуатації

12

12 10 9 8 2 3 4 7 5 6



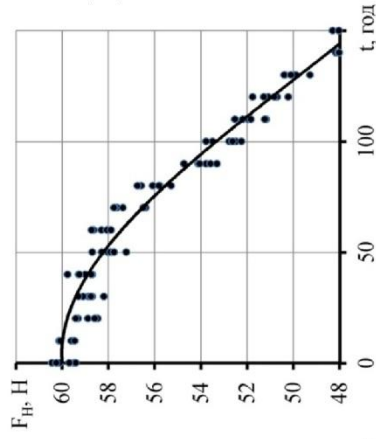
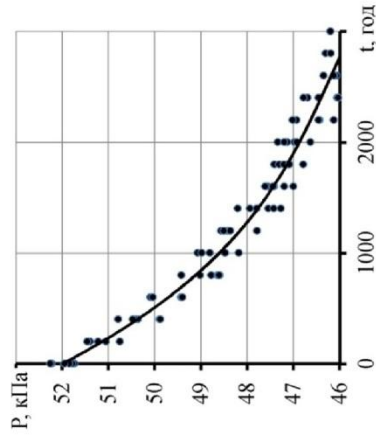
11 1

Загальний вигляд експериментального стенду для дослідження вакуумної системи молочно-доїльного обладнання: 1 – вакуумний насос; 2 – вакуумрегулятор; 3 – вакуумбалон; 4 – молокозбирач; 5 – пульсатор; 6 – доїльний апарат; 7 – комплект устаткування; 8 – датчик витрат повітря; 9 – Екограф-Т; 10 – блок керування електродвигуном Danfoss; 11 – електродвигун; 12 – ПК

Дослідження проведено згідно з планом спостережень $[N, R(t, T)]$. Математична модель представляється у вигляді рівнянь регресії – полінома:

$$y = \sum_{i=0}^n a_i \cdot t^i$$

де a_i – коефіцієнти регресії; t – тривалість експлуатації; y – техніко-технологічний параметр

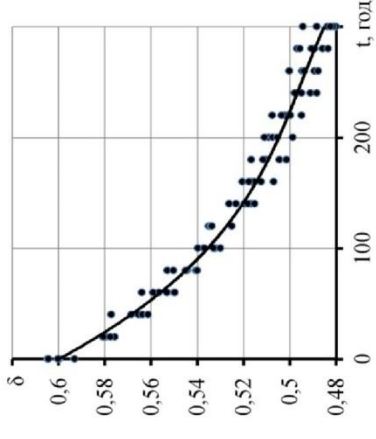
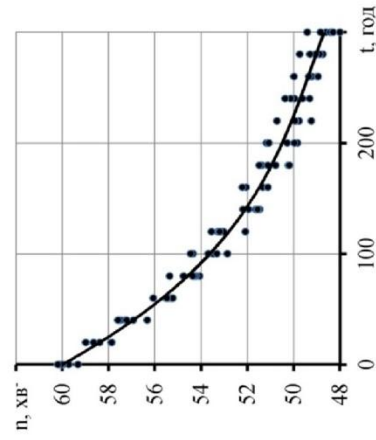


Робочий вакуум:

$$P(t) = 6 \cdot 10^{-7} \cdot t^2 - 3,9 \cdot 10^{-3} \cdot t + 52, \\ r = 0,972;$$

Частота пульсацій:

$$n(t) = 1 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 7,4 \cdot 10^{-2} \cdot t + 60, \\ r = 0,978;$$



Співвідношення тактів пульсацій:

$$\delta(t) = 1 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 - 7 \cdot 10^{-4} \cdot t + 0,6, \\ r = 0,974;$$

Сила натягу дійної гуми:

$$F_H(t) = -5 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 1,6 \cdot 10^{-2} \cdot t + 60, \\ r = 0,971;$$

Емпіричні залежності зміни частоти пульсацій n , співвідношення тактів δ , сили натягу дійної гуми F_H і робочого вакууму P від тривалості експлуатації t

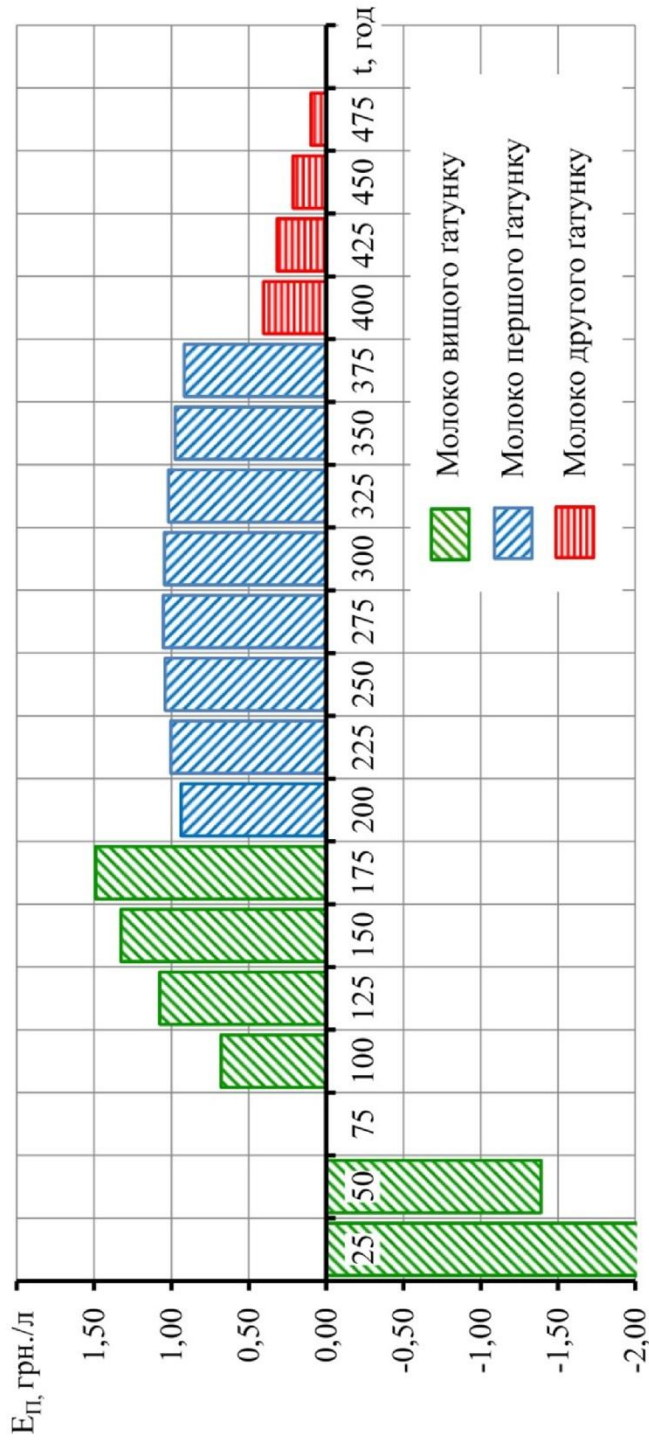
Економічна ефективність технічного обслуговування доїльної установки

14

Вихідні дані:

тип доїльної установки – УДМ;
кількість дійних корів -100;
кратність доїння – 2;
середній річний надій – 4500 кг;
потужність електродвигуна доїльної установки: 2,24 кВт.

Очікуваний питомий економічний від застосування методики складає 1,46 грн на 1 л отриманого молока при періодичності технічного обслуговування 175 год.



Гістограма залежності очікуваного питомого економічного ефекту від застосування розробленої методики прогнозування ресурсу молочно-доїльного обладнання

1. В результаті аналізу впливу відмов молочно-доїльного обладнання на ефективність машинного доїння було встановлено, що основними параметрами, від яких залежить ефективність взаємодії тварини і машин, є величина вакууму (18 %), частота пульсації доїльного апарата (14 %), співвідношення тактів доїльного апарата (14 %), сила натягу дійкової гуми в доїльному стакані (16 %). З аналізу впливу відмов молочно-доїльного обладнання на ефективність машинного доїння було встановлено, що доїння повинне проходити при сталому вакуумному режимі 48,0-52,0 кПа, частота пульсації повинна знаходитись у межах 50-65 хв⁻¹, співвідношення тактів пульсації – 0,5-0,7, сила натягу дійкової гуми – 50-70 Н.
2. Розроблено математичну модель прогнозування ресурсу вакуумної системи доїльної установки як складної системи: отримано робочі формули для розрахунків ймовірності безвідмовної роботи, щільності відмов вакуумної системи, інтенсивності відмов та середнього напрацювання на відмову.
3. Одержані розрахункові залежності для визначення періодичності діагностування вузлів вакуумної системи доїльної установки: теоретичний час спрацьованості дійної гуми – 130 год, теоретичний час спрацьованості мембрани двотактного пульсатора – 225 год, теоретичний час спрацьованості лопаток пластинчасто-роторного вакуумного насосу – 2000 год.
4. Обґрунтовано конструкційно-технологічну схему комплексу устаткування контролю параметрів доїльних установок. Комплект устаткування містить блок живлення, клавіатуру керування, цифровий індикатор, два датчика тиску та датчик витрат повітря, з'єднані з автоматизованою системою керування. Автоматизована система керування виконана у вигляді мікроконтролера з аналого-цифровим перетворювачем та зовнішнім запам'ятовувачим пристроєм, а цифровий індикатор представлений у вигляді графічного LCD-дисплею.

5. В результаті калібрування встановлено, що комплект устаткування дозволяє визначати, відображати і запам'ятовувати наступні технічні параметри доїльної установки з наступними похибками вимірювань: статичний тиск $0 - 100 \pm 1$ кПа, динамічний тиск (пульсації) $0 - 100 \pm 1$ кПа, тривалість фаз А, В, А+В, С, D $0 - 1200 \pm 31$ мс, витрати повітря $0 - 3000 \pm 5$ л/хв.
6. В результаті проведення експериментальних досліджень зміни техніко-технологічних параметрів вакуумної системи молочно-доїльного обладнання, а саме: величини робочого вакууму, частоти пульсації, співвідношення тактів пульсації і сили натягу дійкової гуми в залежності від часу експлуатації, емпірично підтвержені отримані теоретичні залежності з коефіцієнтом їх кореляції $r = 0,97$. Встановлено, що після 175 год. експлуатації доїльної установки типу УДМ величина робочого вакууму зменшилась на 4 %, частота пульсації – 14 %, співвідношення тактів пульсації – 16 %, сила натягу дійкової гуми – 21 %.
7. Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці нами складено перелік шкідливих і небезпечних факторів при роботі доїльної установки, зокрема вакуум-силової установки і вимоги та заходи щодо безпеки праці обслуговуючого персоналу. З метою запобігання травмувань та правильного виконання операцій з ремонту та обслуговування обладнання для вакуум-силової установки складено карту безпеки праці.
8. Річний економічний ефект від впровадження розробленої методики при оптимальній періодичності технічного обслуговування 175 год. становить 1,46 грн. на 1 л отриманого молока.

MATERIÁLY
XVIII MEZINÁRODNÍ VĚDECKO - PRAKTICKÁ
KONFERENCE

MODERNÍVY MOŽENOSTI VĚDY -
2021

22 - 30 ledna 2021 r.

Volume 3

Praha
Publishing House «Education and Science»
2021

Vydáno Publishing House «Education and Science»,
Frýdlanská 15/1314, Praha 8
Spolu s DSP SHID, Berdianskaja 61 B, Dnepropetrovsk

Materiály XVIII Mezinárodní vědecko - praktická konference «Moderní vymoženosti vědy -2021», Volume 3 : Praha. Publishing House «Education and Science» -56 s.

Šéfredaktor: Prof. JUDr. Zdeněk Černák

Náměstek hlavního redaktora: Mgr. Alena Pelicánová

Zodpovědný za vydání: Mgr. Jana Štefko

Manažer: Mgr. Helena Žáková

Technický pracovník: Bc. Kateřina Zahradníková

**Materiály XVIII Mezinárodní vědecko - praktická konference ,
Moderní vymoženosti vědy -2021 po**

For students, research workers.

Pro studentů, aspirantů a vědeckých pracovníků

Cena 50 Kč

ISSN 1561-6940

© Authors , 2021

© Publishing House «Education and Science» , 2021

TECHNICKÉ VĚDY

Větev inženýrství

Д.т.н. Алієв Е.Б., магістрант Буйницький О.І., магістрант Гусар І.М.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

ТЕСТЕР ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК

Розроблений тестер доїльних установок призначений для спрощення випробувань доїльних установок будь-яких типів і виробників. Їх основними функціями є вимірювання вакууму, його пульсацій і витрати повітря в доїльних установках. Тестер доїльних установок задовольняє вимогам ISO 6690, окрім цього він пройшов державні приймальні випробування в УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого (протокол № 01-02-2013).

Тестер доїльних установок складається з наступних частин (рис. 1): автоматизованої системи керування, двох датчиків тиску, датчику витрат повітря, ротаметру, двох трійників, одного кутника, тридцяти двох пробок доїльних стаканів, одного картридера, карти пам'яті, одного блоку живлення, розміщених в кейсі для зберігання і транспортування. Технічні дані тестера доїльних установок представлені в табл. 1 [1].



Рисунок 1 – Загальний вигляд тестера доїльних установок

Таблиця 1 – Технічні дані тестера доїльних установок

Показник	Значення показника
Дані про виріб	
Автоматизована система керування:	
Габаритні розміри, не більше, мм	200×100×50
Маса, не більше, кг	0,7
Процесор	Atmega644
Живлення	Акумуляторні елементи 6800 мА·год
Напруга акумулятора, В	12
Час роботи від акумулятора, не менше, год.	2
Тип дисплея	Монохромний графічний
Роздільна здатність дисплея, пікселів	128×64
Тип роз'єму для блоку живлення	Одинштирковий (2 мм)
Тип інтерфейсних портів для датчиків	Чотирьохштирковий S - video
Тип слоту для карти пам'яті	microSD
Датчик тиску:	
Габаритні розміри, не більше, мм	35×55
Маса, не більше, кг	0,1
Сенсор	MPX5100DP
Тип роз'єму для підключення до автоматизованої системи керування	Чотирьохштирковий S-video
Довжина кабелю, м	0,5
Діаметр патрубків для вимірювання вакуумметричного і надмірного тисків, мм	7
Датчик витрат повітря:	
Габаритні розміри, не більше, мм	140×90×100
Маса, не більше, кг	0,4
Сенсор	BOSH 280 218 037
Тип роз'єму для підключення до автоматизованої системи керування	Чотирьохштирковий S - video
Довжина кабелю, м	1
Діаметр патрубка корпусу для підключення до вакуумної системи, мм	45
Ротаметр:	
Габаритні розміри, не більше, мм	100×30×30

Показник	Значення показника
Маса, не більше, кг	0,2
Тип	Поплавковий
Діаметр вхідного (вихідного) патрубку для повітря, мм	14
Трійник і кутник:	
Зовнішні діаметри, мм	7
Пробка дойльного стакану:	
Розміри	Згідно ISO 6690
Картридер:	
Тип картридера	microSD
Карта пам'яті:	
Тип карти пам'яті	microSD
Об'єм карти пам'яті, Gb	2
Блок живлення:	
Номинальна вихідна напруга, В	12
Максимальний вихідний струм, мА	350
Номинальна вхідна напруга	220 В, 50-60 Гц
Кейс:	
Габаритні розміри, не більше, мм	430×300×140
Загальна вага тестера дойльних установок, не більше, кг	3,7
Метрологічні параметри вимірювання	
Вакуумметричний тиск:	
Діапазон вимірювання тиску, кПа	0-100
Абсолютна похибка вимірювання тиску, не більше, кПа	0,6
Час відгуку датчика тиску, мс	2,5
Пульсації:	
Діапазон вимірювання частоти пульсацій, імп./хв	40-200
Абсолютна похибка вимірювання частоти пульсацій, не більше, імп./хв	1
Діапазон вимірювання фаз пульсацій, мс	0-1200
Витрати повітря:	
Діапазон вимірювання витрат повітря, л/хв	0-3000
Абсолютна похибка вимірювання витрат повітря, не більше, л/хв	5
Час відгуку витратоміру повітря, мс	2,5

Література:

1. Шевченко, І.А., Алієв, Е.Б. (2013). Науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок. За редакцією доктора технічних наук, професора, член-кореспондента НААН України, І.А. Шевченка – Запоріжжя: Акцент Інвест-трейд. 156 с. ISBN 978-966-2602-41-VIII.

CONTENTS

EKONOMICKÉ VĚDY

Podniková ekonomika

Захарченко Л.А., Пащук М.М. ОБГРУНТУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ СТРАТЕГІЇ ПІДПРИЄМСТВА ЗВ	3
---	---

Zahraníční ekonomické aktivity

Залесский Б.Л. ОТ ПОВЫШЕНИЯ ИННОВАЦИОННОСТИ - К ПРОЕКТАМ БУДУЩЕГО	6
Залесский Б. Л. КЛЮЧ К УСПЕХУ - ИННОВАЦИОННОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	9

FILOLOGIE

Teoretické a metodologické problémy studia jazyka

Іщенко Т.В. ПРИЧИНИ ПОЯВИ ТА РОЛЬ ЛЕКСИЧНИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ У МОВІ ..	12
--	----

Jazyk, řeč, komunikace

Соляник В. І. СТРУКТУРА КОНЦЕПТУ «ПРИРОДА» В МОВНІЙ КАРТИНІ СВІТУ ДЖЕКА ЛОНДОНА.....	15
--	----

LÉKAŘSKÉ VĚDY

Morfologie

Shevchenko O. M., Sych V. O. CRITERIONAL COMPLEX OF BLOOD SYSTEM REACTIONS SYSTEM FORECASTING IN THE CONDITIONS OF INFLAMMATION AND EFFECTS OF SUBSTANCE P BLOCKING.....	18
--	----

PEDAGOGICKÉ VĚDY

Problémy tréninku

Залесский Б.Л. НА ПУТИ К ОБЩЕМУ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМУ ПРОСТРАНСТВУ ..	21
--	----

Strategické směry reformy vzdělávacího systému

Товканець Г.В. ІННОВАЦІЇ В СУЧАСНІЙ ОСВІТІ: ОСОБЛИВОСТІ ТА ВЛАСТИВОСТІ.....	24
---	----

Moderní metody výuky

Кохан Л. В. ВИЯВЛЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ДИДАКТИЧНИХ УМОВ РЕАЛІЗАЦІЇ ТВОРЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ГУМАНІТАРНИХ ДИСЦИПЛІН	28
Назарова В.В., Вольская А.Г. СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ОСВІТНЬОГО ПРОСТОРУ ДЛЯ КУРСАНТІВ (СТУДЕНТІВ) ПЕРШОГО КУРСУ ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ	32

MODERNÍ INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE

Computer engineering

Веселовська Г.В., Анан`єв Д.О., Ястребова О.І., Яценко Д.В., Кучміїчук М.М. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНО- ОРІЄНТОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ НА ЗАСАДАХ ТЕХНОЛОГІЇ E-LEARNING	38
--	-----------

TECHNICKÉ VĚDY

Větev inženýrství

Алієв Е.Б., Буйницький О.І., Гусар І.М. ТЕСТЕР ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК	42
Гаврильченко О.С., Зайвий Д.В., Зайва А.С КЛАСИФІКАЦІЯ І ПРИНЦИПІАЛЬНІ СХЕМИ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ	46
Алієв Е.Б., Мельник А.О., Чорний В.О. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ	49

Transport

Степано О.В., Венгер А.С. INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS: INTERNATIONAL ASPECT.....	52
CONTENTS.....	55

- *286423*
- *286324*
- *286325*
- *286425*
- *286352*
- *286179*
- *286332*
- *286272*
- *286326*
- *286406*
- *286223*
- *286363*
- *286364*
- *286365*
- *286382*