

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

Підвищення ефективності системи промивки лінійної доїльної установки

Виконав: студент 2 курсу, групи МгАІз-1-22

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Чайка Андрій Вікторович

Керівник: _____ Дудін Володимир Юрійович

Рецензент: _____ Потеруха Борис Тарасович

Дніпро 2024

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

Кафедра інжинірингу технічних систем
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«26» грудня 2023 р.

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

Чайці Андрію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності системи промивки лінійної доїльної установки

керівник роботи Дудін Володимир Юрійович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«26» грудня 2023 року № 4084

2. Строк подання студентом 12.02.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Аналіз технічного забезпечення процесу доїння корів, операцій промивки доїльних установок.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання і мета досліджень. 2. Аналіз процесу роботи системи циркуляційної мийки. 3. Про Експериментальні дослідження системи мийки молокопроводу. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка розробленої системи промивки. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі. (2 аркуші, А4). 2. Теоретичні дослідження процесу (2 аркуші, А4).
 3. Експериментальні дослідження процесу (3 аркуші, А4). 4. Охорона праці при роботі з доїльним апаратом (1 аркуш, А4). 5. Техніко-економічна оцінка (1 аркуш, А4). 6. Загальні висновки (1 аркуш, А4).

6. Консультанти окремих розділів

Розділ	П.І.Б. та посада	Підпис, дата	
		видав	прийняв
1-5	Дудін В.Ю., доцент		
Нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		

7. Дата отримання завдання: 26.12.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділів кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1	Аналітичні дослідження	до 02.01.2024 р.	
2	Теоретичні дослідження	до 09.01.2024 р.	
3	Експериментальні дослідження	до 18.01.2024 р.	
4	Розділ з охорони праці	до 21.01.2024 р.	
5	Техніко-економічна оцінка	до 29.01.2024 р.	
6	Оформлення демонстраційної частини	до 12.02.2024 р.	

Студент

(підпис)

Чайка А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дудін В.Ю.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Чайка А.В. Підвищення ефективності системи промивки лінійної доїльної установки /Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

Робота включає в себе 6 розділів, вступ, висновки та пропозиції до проекту бібліографічний список, зміст. В першому розділі приведені огляд технічних засобів забезпечення процесу мийки доїльних установок, зоотехнічні вимоги та напрямки удосконалення. Другий розділ - Аналіз процесу роботи системи циркуляційної мийки молокопроводу та її елементів - включає в себе питання теоретичного дослідження основних факторів, які впливають на якість очистки молокопровідних ліній доїльних установок. В третьому розділі приведено методика експериментальних досліджень. в четвертому розділі викладено результати експериментальних досліджень, на основі яких обґрунтовано раціональні конструкційно-технологічні параметри системи промивки лінійної установки. Частина з охорони праці, розглядає питання по удосконаленню організаційної та технічної сторони охорони праці при роботі з удосконаленою установкою. Розділ 5 – техніко-економічна оцінка прийнятих рішень.

Ключові слова: молоко, бактеріальна забрудненість, промивка, режим, швидкість руху, температура

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Стан питання і мета досліджень	9
1.1 Роль очищення доїльно-молочного обладнання в підвищенні якості молока	9
1.2 Аналіз технологічних ліній мийки доїльно-молочного обладнання доїльних установок і агрегатів	11
1.3 Режими промивання молокопроводів і основні вимоги до них	18
1.4 Аналіз робіт, спрямованих на підвищення якості очищення деталей молокопроводу	22
1.5 Аналіз системи мийки доїльної установки АДМ-8А	25
1.6 Мета і завдання досліджень	28
2 Аналіз процесу роботи системи циркуляційної мийки	29
2.1 Основні закономірності процесу очищення молокопроводу	29
2.2 Основні закономірності очищення молокопроводу при подачі в нього пружних пробок	35
2.3 Висновки	38
3 Експериментальні дослідження системи мийки молокопроводу	40
3.1 Загальна програма і методика дослідження	40
3.2 Опис приладів і експериментальної установки	41
3.3 Методика оптимізації режимів мийки молокопроводу	42
3.4 Обґрунтування режимів руху миючої рідини в молокопроводі	48
3.5 Дослідження процесу роботи пульсопідсилювача для подачі пові- тря в молокопровід доїльних установок	50

3.6 Висновки	57
4 Охорона праці	58
4.1 Охорона праці при роботі з системою промивки	58
4.2 Розробка карти контролю показників безпеки доїльної установки	59
4.3 Інструкція з охорони праці при роботі з доїльною установкою	60
4.4 Порядок дій у випадку надзвичайної ситуації	61
4.5 Висновки	62
5 Техніко-економічна оцінка розробленої системи промивки	63
5.1 Вихідні дані	63
5.2 Розрахунок показників економічної ефективності	64
5.3 Висновки	65
Загальні висновки	66
Бібліографія	67

ВСТУП

Поряд зі збільшенням виробництва молока необхідно передбачати підвищення його якості. Якість одержуваного молока, що є одним з об'єктів навколишнього середовища, і підвищення його чистоти, у тому числі зниження бактеріального забруднення, не може не позначитися на благополуччі стану і здоров'я людини. Крім того, в умовах ринкової економіки фактор якості є одним з основних у збуті молока. Це обумовлене, насамперед, більш високими закупівельними цінами на молоко вищого ґатунку, використовуваного при виробництві дитячого харчування, йогуртів, сирів та інших продуктів. Намітилася явна тяга споживачів до високоякісної вітчизняної молочної продукції. Санітарно-гігієнічна якість виробленого молока - комплексна проблема, обумовлена рядом факторів, які поєднуються поняттям «технологія і культура виробництва».

У нашій країні близько 30 % усіх молочних ферм оснащені доїльними установками типу АДМ-8 з молокопроводом. Забезпечити задовільний санітарно-гігієнічний стан даного обладнання представляється вкрай важким. Велика кількість стиків між трубами молокопроводів і багато інших факторів сприяють створенню важковидаляємих ліпідопротеїнових забруднень, адсорбційно-зв'язаних з поверхнею обладнання, що приводять до втрат структурних елементів молока (білка та жиру) при виробництві. Найбільш досконалим на даний момент є обладнання західних фірм («Альфа-Лаваль Аґрі», «Вестфалія», «Гасконьє Мелотт» та ін.). Однак воно досить дороге, і не всі господарства можуть його придбати. Тому необхідно розробляти ефективні засоби видалення забруднень і підтримки гарного санітарно-гігієнічного стану доїльної системи з урахуванням специфіки вітчизняного обладнання.

З 1999 р. розроблені і поставляються на ринок нові вітчизняні доїльні установки УДМ-100 та УДМ-200 (ВАТ «Брацлав»), призначені для заміни застарілих АДМ-8 і як альтернатива імпортному обладнанню. Доїльна установка типу УДМ оснащена молокопроводом з нержавіючої сталі зі збільшеним до 52

мм діаметром. У її конструкції використана нова елементна база, суттєво спрощений механізм піднімального обладнання молокопровідної арки і тим самим підвищена його надійність. У порівнянні із серійними установками в три рази скорочена кількість стиків, що дозволило збільшити швидкість руху молока. Забезпечений стабільний вакуумний режим, підвищена надійність і скорочена трудомісткість обслуговування та ремонту. Однак система циркуляційного промивання молочної лінії УДМ-100 (200) не забезпечує якісне очищення молокопроводу, тому що зі збільшенням площі його внутрішньої поверхні відбувається лише часткове відмивання верхньої частини трубопроводу. Ефективність промивання залежить від комплексного впливу таких факторів як температура, швидкість плинучого розчину, його концентрація, тривалість циркуляції та ін. Проведені дослідження даних показників технологічного режиму промивання неоднозначні, при цьому ряд рекомендованих значень параметрів або не можуть бути отримані, або неприйнятні при обслуговуванні доїльної установки УДМ. Тому режими мийки молокопроводу і параметри обладнання для цієї мети вимагають обґрунтування.

На якість промивання молочної лінії великий вплив виявляють режими плинучого розчину (швидкість і турбулентність потоку). У полі швидкостей турбулентного потоку утворюються вихри (збурювання), які активно впливають на стінки молокопроводу, змиваючи з нього залишки молока й жиру. Чим вище ступінь турбулентності потоку рідини, тим більше сила впливу його на стінки молокопроводу, а отже, і краще якість промивання. Проте, останнім часом закордонні і вітчизняні фахівці вважають найбільш ефективним режимом промивання молокопроводів «корковий», що забезпечує підвищення якості промивання та зниження витрати води і мийних засобів. Однак на практиці його складно забезпечити, оскільки для того, щоб заповнити трубу великого діаметра (38...52 мм) потрібна значна витрата води, неминуче привівши за собою збільшення ємності молокозбірника. Тому необхідно знайти інші технічні розв'язки ефективного очищення молочної лінії установок типу УДМ.

1 Стан питання і мета досліджень

1.1 Роль очищення доїльно-молочного обладнання в підвищенні якості молока

Для підвищення якості молока розроблений і впроваджений Державний стандарт на молоко, що заготовлюється, - ДСТУ 3662-97 «Молоко коров'яче незбиране», згідно з яким здаване господарствами молоко підрозділяється на сорти залежно від фізико-хімічних і бактеріологічних показників, відзначають, що молоко із вимені виходить практично стерильним (за винятком перших струменів, що містять «мікробну пробку», та які потрібно здоювати в окремий посуд). Великий вплив бактеріального обсіменіння на якість молока відзначається в опублікованих роботах вітчизняних і закордонних дослідників.

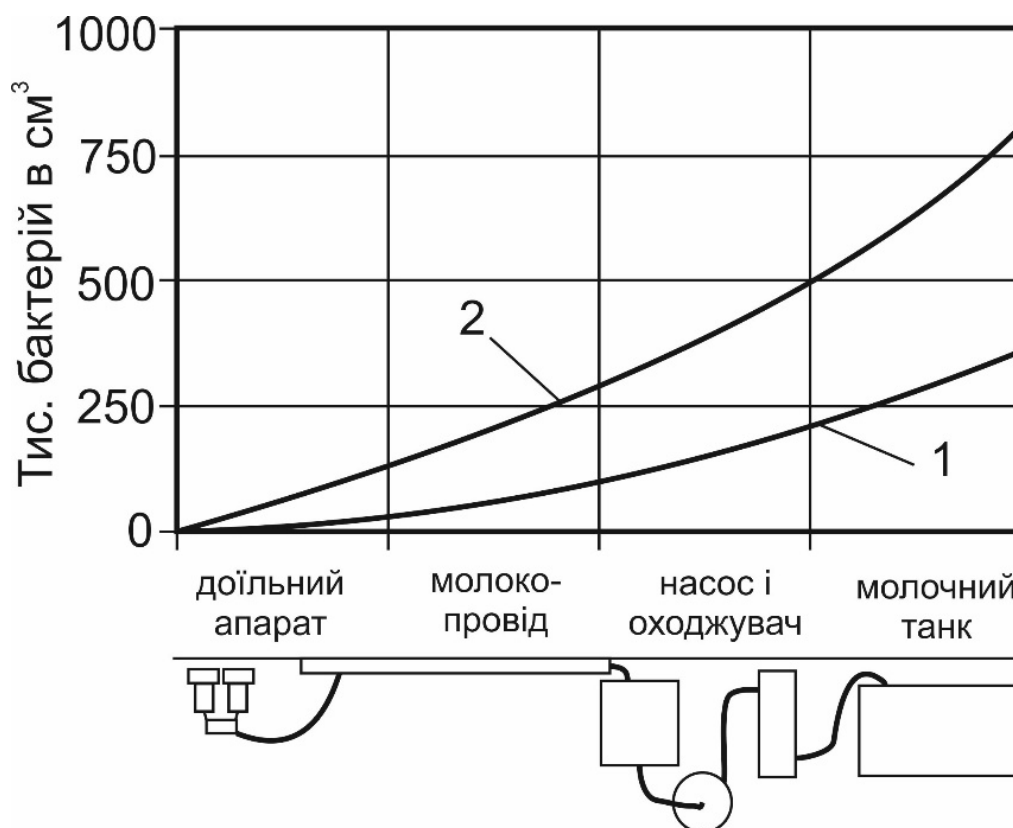


Рисунок 1.1 – Приблизна динаміка бактеріального обсіменіння молока в молочній лінії доїльної установки: 1 і 2 - при нормальному і незадовільному стані молочної лінії

Приблизна динаміка бактеріального обсіменіння молока в доїльно-молочній лінії представлена на рис. 1.1, згідно з яким можна відзначити ріст бактеріального обсіменіння молока в міру просування його по технологічній лінії.

На всьому шляху від виробництва до споживача відбувається мікробне обсіменіння молока. Швидкість нагромадження і динаміка розвитку певних видів мікроорганізмів залежить від санітарного стану потенційних джерел контамінації молока.

Свіжовидоєне молоко - винятково сприятливе середовище для розвитку мікроорганізмів, тому всі вузли і механізми доїльної установки потрібно періодично промивати спеціальним розчином, а доїльну установку тримати в справному стані. Із цією метою правилами технічного обслуговування в Україні передбачені щоденне технічне обслуговування доїльних установок ЩТО (перед доїнням, під час доїння і по закінченню доїння), технічне обслуговування ТО №1 (через 180...200 годин роботи) і ТО №2 (через 2000...2500 годин роботи). Найбільш важливою операцією по догляду за доїльною апаратурою і молочним обладнанням є його промивання.

При наявності дезінфікуючого засобу мийка і дезінфекція поєднуються в одному процесі. У випадку недостатньо ретельного дотримання режиму санітарної обробки або вибору невідповідного засобу для неї в молокопровідних шляхах протягом короткого періоду часу відбувається нагромадження молочних залишків, що створює сприятливе середовище для розмноження мікроорганізмів і захищає від згубної дії на неї мийно-дезінфікуючих засобів. За даними В.Д. Яблочкіна, І.П. Даниленко можна відзначити особливе значення якості очищення молочної лінії від залишків синтетичних мийних засобів у зв'язку з тим, що вони викликають руйнування дезрозчинів, а на думку інших дослідників можуть бути причиною вторинного забруднення молока мікрофлорою. Високі вимоги, як відзначають В.В. Молочников, П.А. Обухів та ін., пред'являються і до операції змиву залишків дезрозчинів з поверхні молочної лінії, тому що їхня наявність у молоці не допускається.

1.2 Аналіз технологічних ліній мийки доїльно-молочного обладнання доїльних установок і агрегатів

Мийку і дезінфекцію доїльно-молочного обладнання можна здійснювати з повним і частковим його розбиранням, а також без розбирання. По кратності пропущення мийно-дезінфікуючих засобів розрізняють проточні й циркуляційні системи мийки. Останні забезпечують зниження питомих витрат води, пари, електроенергії, витрати миючих і дезінфікуючих засобів. Для санітарної обробки технологічного обладнання і молокопроводів застосовують багатоканальні централізовані і цехові системи, а також локальні установки, що працюють за принципом децентралізації системи мийки.

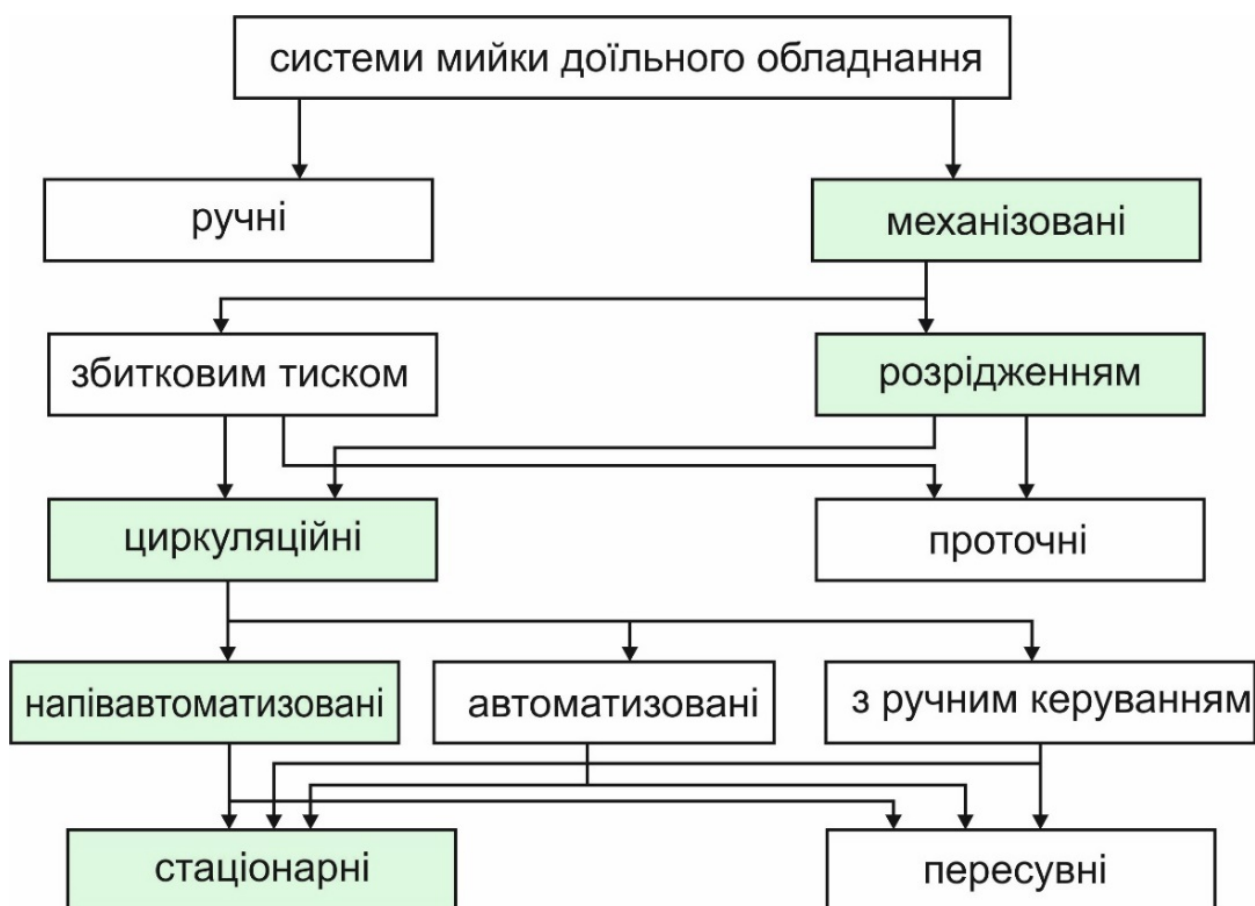


Рисунок 1.2 - Класифікаційна схема систем і способів мийки доїльно-молочного обладнання

Залежно від виду використовуваного для доїння обладнання, а також оснащеності підсобними технічними засобами санітарну обробку здійснюють, вручну, напівавтоматично та автоматично.

Вручну санітарну обробку проводять при періодичному догляді за доїльними апаратами, а також при повсякденному очищенні посуду і різного реманенту, механізувати обробку яких або неможливо, або економічно недоцільно. Напівавтоматичний спосіб промивання застосовують винятково для обробки переносних доїльних апаратів, полягає він у просмоктуванні під дією вакууму миючих і дезінфікуючих розчинів. Автоматичний же спосіб застосовують для обробки переносних доїльних апаратів і різних доїльних установок.

Обробку проводять за допомогою спеціальних пристроїв, що забезпечують циркуляцію розчинів санітарних засобів протягом необхідного відрізка часу. За місцем установки, системи мийки можуть виконуватися стаціонарними або пересувними. Вони можуть також відрізнятися ступенем уніфікації, видом виконуваних операцій і іншими показниками.

Промивання переносних доїльних апаратів «Волга» і «Майга» на установках АД-100, АД-100А, ДАС-2 здійснюється після кожного доїння звичайним або циркуляційним способом (рис 1.3). При звичайному промиванні перед кожним доїнням апарати обполіскують гарячою водою (70...80°C) для їхньої дезінфекції і підігріву доїльних стаканів.

Після кожного доїння промивають доїльні апарати, спочатку теплою водою (25...30°C), щоб змити залишки молока, а потім гарячим миючим розчином (60...70°C) з наступним ополіскуванням гарячою водою. Апарати промивають шляхом просмоктування через них води і миючого розчину за допомогою вакууму. Для цього воду (розчин) наливають у відро і, тримаючи колектор молочними патрубками вниз, опускають доїльні стакани у відро з водою (розчином). Під дією вакууму вода (розчин) із відра засмоктується в стакани і через колектор і молочний шланг проходить у доїльне відро. Колектор після кожного доїння потрібно розбирати і додатково промивати розчином, а потім гарячою водою.

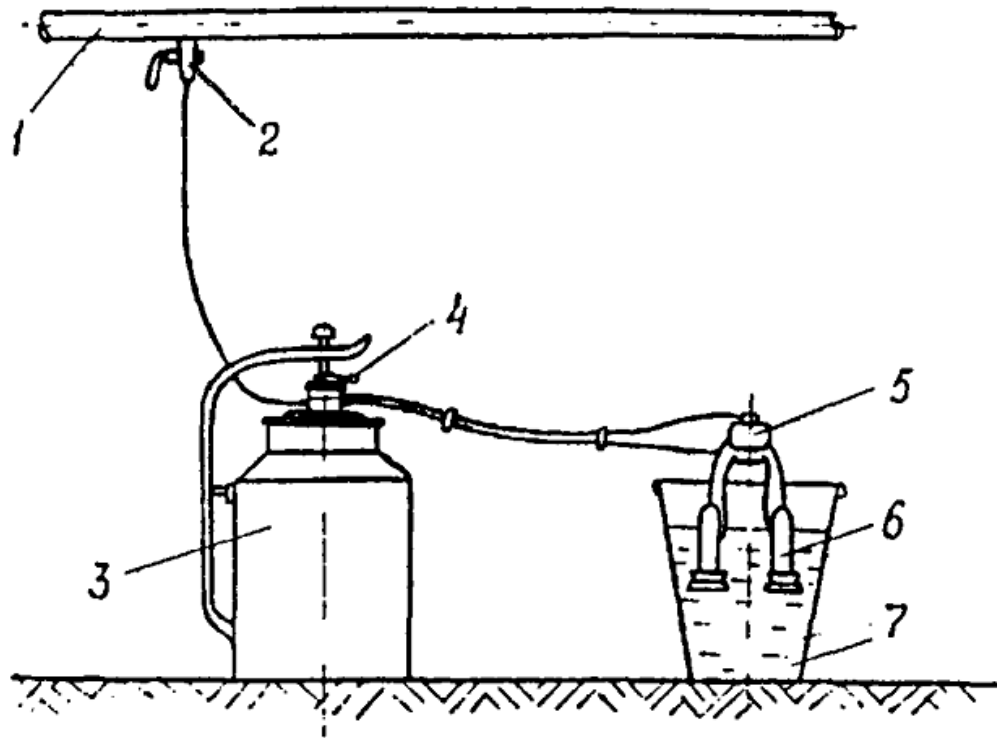


Рисунок 1.3 - Схема мийки доїльних апаратів у стаціонарних доїльних агрегатах зі збором молока в доїльні відра: 1 - вакуумпровід; 2 - вакуумний кран; 3 - доїльне відро; 4 - пульсатор; 5 - колектор; 6 - доїльний стакан; 7 - відро для води

Доїльні відра та інший посуд промивають волосяними щітками або йоржами в такому ж порядку, як і апарат (теплою водою, гарячим миючим розчином і гарячою водою). На промивання одного доїльного апарата потрібно 5 л теплої води для ополіскування, 8 л миючого розчину і 5 л гарячої води для змиву залишків розчину. При такому способі промивання один раз у тиждень доїльні апарати розбирають і всі деталі ретельно промивають йоржами і щітками в гарячому миючому розчині, приготовленому в тазі або відрі.

Після промивання апарати збирають і через кожний з них пропускають 8 л теплої дезінфікуючої розчину, а потім обполіскують гарячою водою. У проміжках між доїннями доїльні апарати слід зберігати в чистому приміщенні, кришку з колектором і доїльними стаканами підвісити на гаках, а відра поставити, перекинувши на полицю.

Цей спосіб мийки доїльних апаратів досить трудомісткий і вимагає великих витрат часу. Якість мийки повністю залежить від сумлінності роботи оператора. Починаючи з 1967 р., доїльні установки АД-100А и ДАС-2Б комплектуються пристроями для їхнього циркуляційного промивання, який дає можливість використовувати апарати без розбирання протягом 20...30 днів.

Установка для циркуляційного промивання апаратів (мийний стенд) (рис. 1.4) складається з наступних основних вузлів і деталей: ванни 1, колекторної труби 2 з воронками 4 для кріплення кришок 5 доїльних відер, спорожнювача 6 і пульсопідсилювача 11. Пульсопідсилювач 11 із блоком гумових клапанів 9 і 10 і спорожнювач 6 з відкидними клапанами 7 і 8 утворюють насос для прокачування миючого розчину через доїльні апарати 3.

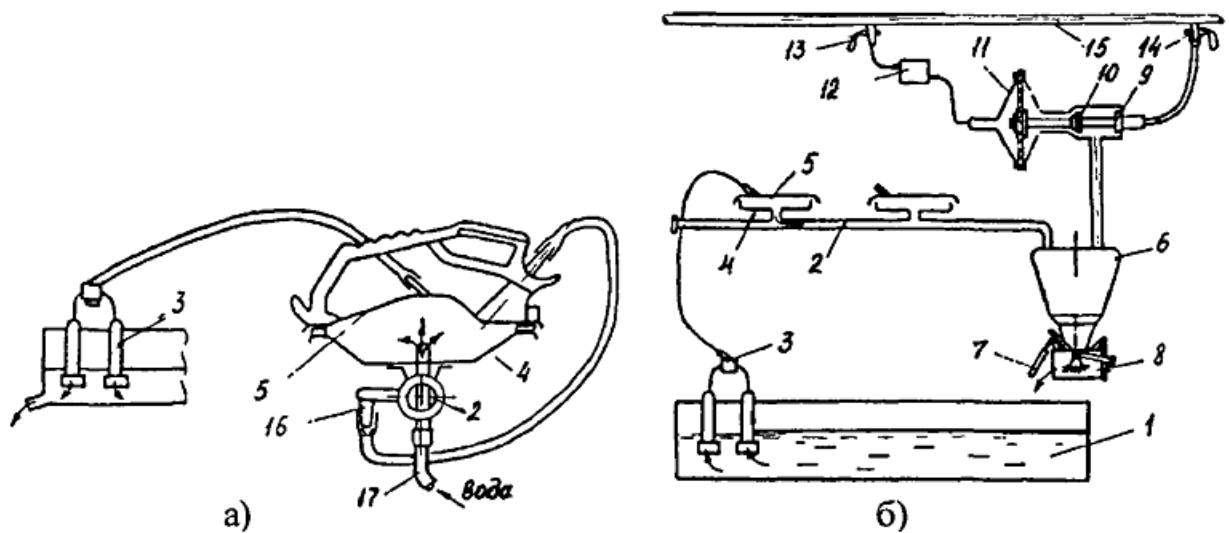


Рисунок 1.4 - Схеми мийки доїльних апаратів у доїльних агрегатах АД-100А та ДАС-2Б: а і б - схеми попереднього ополіскування від молочних залишків і циркуляційної мийки; 1 - ванна; 2 - колекторна труба; 3 - доїльний апарат; 4 - виврва; 5 - кришка відра; 6 - спорожнювач; 7 і 8 - клапани; 9 і 10 - клапани пульсопідсилювача; 11 - пульсопідсилювач; 12 - пульсатор; 13 і 14 - крани; 15 - вакуумпровод; 16 - палець-заглушка; 17- шланг подачі води

Після закінчення доїння кожна доярка встановлює свої апарати на мийному стенді, попередньо обмивання їх гарячою водою. Кришки 5 відер вставляють у воронки 4, доїльні стакани опускають у ванну, а вільний кінець вакуумного шланга надягають на заглушку під воронкою 4. У ванну 1 заливають 40...50 л теплої води температурою 30...35°C (і встановлюють лоток для зливу води). Після цього включають вакуум, під дією якого кришки присмоктують до воронок, при цьому відбувається ополіскування апаратів 3. Забруднена вода зливається в каналізацію.

Потім у ванну 1 заливають 30...40 л 0,5-процентного миючого розчину температурою 70...80°C, відкривають затискачі на молочних шлангах або молочні клапани колекторів (АДУ-1 і ДА-2М), включають крани 13 і 14 подачі вакууму з вакуумпровода в пульсатор 12 і спорожнювач. Починається циркуляційне промивання, яке триває 10 хв. Після циркуляційної мийки апаратів забруднений розчин випускають, а у ванну заливають 40...50 л гарячої води, яка під час 3...5 хвилинної циркуляції обполіскує апарати від залишків миючого розчину.

Після зливу забрудненої води відключається стенд від вакуумпровода, і виключають вакуумний насос. Дезінфекцію проводять один раз у день протягом 5...6 хвилин циркуляційним способом дезінфікуючим розчином температурою 50...60°C. Якщо дезінфекція проводиться відразу після доїння, то промивати апарати миючим розчином не потрібно.

У сучасних доїльних агрегатах для доїння корів у стійлах стенд для циркуляційної мийки обладнаний додатково шафою керування з командним електропневматичним приладом і розподільником води. Це забезпечує автоматичну зміну фаз прополіскування, мийки і дезінфекції, а наприкінці промивання доїльних апаратів злив води та відключення вакуумних насосів.

Час циклу повного промивання становить 30...40 хв. У стаціонарних доїльних установках з молокопроводом для доїння корів у стійлах корівників, широкі поширення для мийки молочної лінії одержали схеми з релізерами (рис. 1.5). Установка для мийки молокопроводу в них містить ванну 9, над якою ро-

зташована колекторна труба 7 для підключення доїльних стаканів 8. Для циркуляції рідини при мийці установка обладнана насосом (релізером) 4 з пульсопідсилювачем 3. Мийка молокопроводу здійснюється в три фази: прополіскування молокопроводу і доїльних апаратів після доїння для змиву залишків молока, циркуляційна мийка і дезінфекція, прополіскування від залишків миючих і дезінфікуючих розчинів.

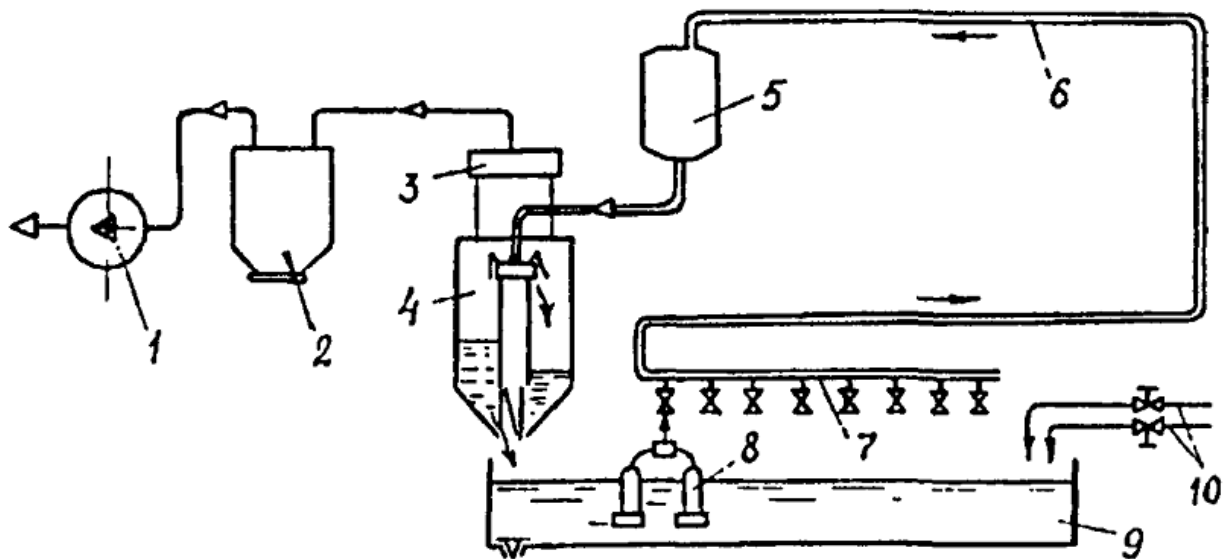


Рисунок 1.5 - Схема циркуляційної мийки доїльної установки ДУ-150: 1 - вакуумнасос; 2 - вакуумбаллон; 3 - пульсопідсилювач; 4 - релізер; 5 - охолоджувач молока; 6 - молокопровід; 7 - колекторна труба; 8 - доїльний апарат; 9 - ванна; 10 - трубопроводи подачі гарячої і холодної води.

У фазу мийки та дезінфекції ванна 9 заповнюється гарячим розчином. З'єднання трубопроводів роблять за схемою рис. 1.5. При включенні пульсопідсилювача в бачках релізера 4 по черзі створюється то вакуум, то атмосферний тиск, з них вакуум поширюється в охолоджувач 5, у молокопровід 6 і далі в колекторну трубу 7 і доїльні апарати 8. Промивна рідина під дією вакууму всмоктується з ванни в доїльні стакани, молокопровід 6, охолоджувач 5 і надходить по черзі в бачки релізера 4, звідки зливається знову у ванну 9. Частота пульсацій вакууму в бачках релізера встановлюється пульсатором пульсопідсилювача. За-

повнення рідини у ванну проводиться вручну. Увесь цикл мийки становить близько 40 хв. У всіх доїльних установках з станками і молокопроводом, таких як УДЕ-8, УДТ-8, УДА-8, УДА-16 молочну лінію промивають циркуляційним способом на місці, не переносючи апарати в окрему кімнату. Для цього на кожній установці монтують мийний трубопровід з патрубками, у які перед промиванням вставляють доїльні стакани. Принцип дії цього способу промивання для всіх установок приблизно однаковий (рис. 1.6).

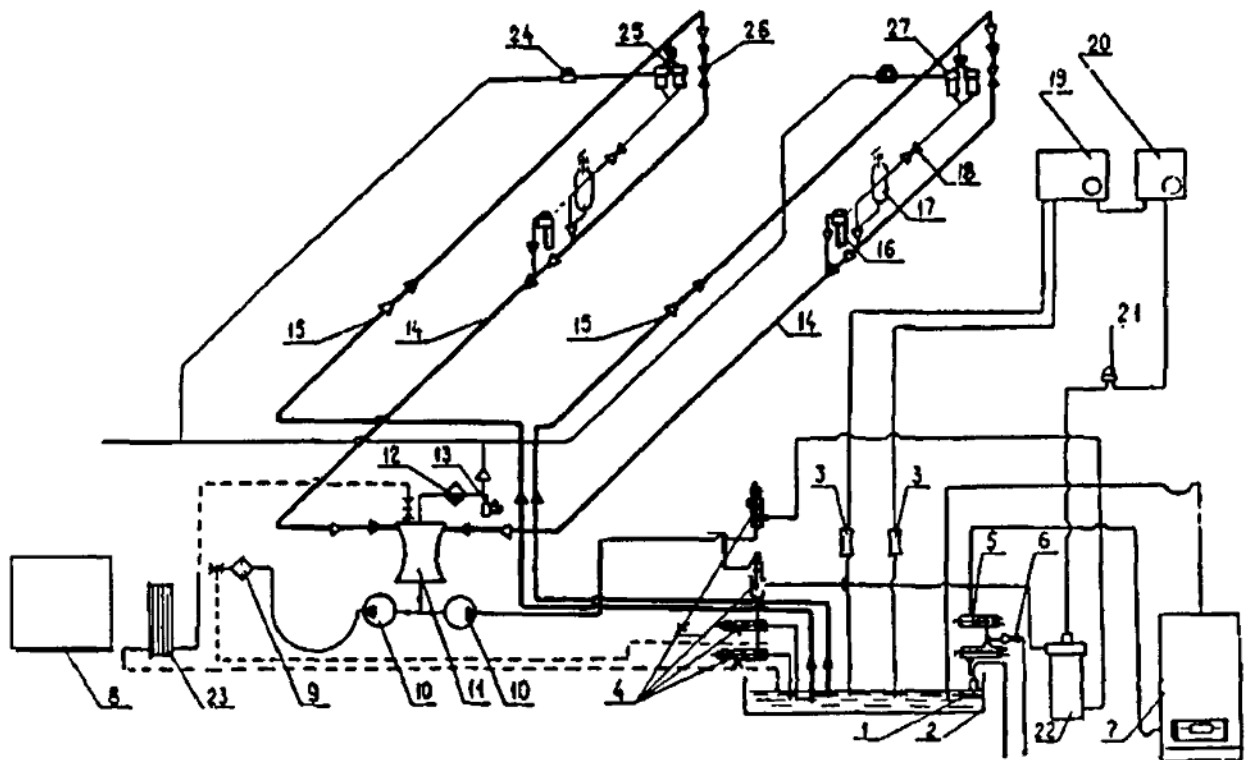


Рисунок 1.6 - Схема циркуляційного промивання молочної лінії доїльних установок УДТ-8, УДЕ-8А, УДА-8, УДА-16: 1 - поплавець; 2 - ванна; 3 - дозатор; 4 - пневмокрани; 5 - пневмоклапани; 6 - кран; 7 - стаціонарний водонагрівач; 8 - молочний танк; 9 - молочний фільтр; 10 - молочні насоси; 11 – молокозбірник; 12 - запобіжна камера; 13 - вакуумрегулятор; 14 - молокопроводи; 15 - промивні трубопроводи; 16 - лічильник молока; 17 - маніпулятори доїння; 18 - пневмозажим; 19 - пульт керування; 20 - шафа керування; 21 - терморегулятор; 22 - проточний водонагрівач; 23 - охолоджувач; 24 - пульсатор; 25 - доїльні апарати; 26 - затискач; 27 - промивні чашки

Технологія промивання складається із трьох моментів: попереднього ополіскування молочної лінії теплою ($25...30^{\circ}\text{C}$) водою до її прояснення, циркуляційного промивання гарячим ($70...80^{\circ}\text{C}$) мийно-дезінфікуючим розчином і заключного ополіскування чистою водою.

При ополіскуванні молочних шляхів вода за допомогою вакууму засмоктується з ванни 2 в промивний трубопровід 15 і, пройшовши через усі доїльні апарати 25, молокопровід 14 і молокозбірник 11, відкачується насосом 10 у каналізацію. При циркуляційному промиванні після засмоктування розчину нагнітальний патрубковий молочного насоса 10 шлангом з'єднують із ванною 2, і розчин циркулює по замкненій системі протягом 10...15 хв. Гаряча вода подається в систему промивання зі стаціонарного водонагрівача 7 і підтримується на заданому рівні температури проточним водонагрівачем 22. Керування потоками миючого розчину здійснюється пневмокранами 4 і пневмоклапанами 5, що перемикаються залежно від програми, що задається командним апаратом 19. Подача миючих і дезінфікуючих засобів регулюється залежно від циклу промивання дозаторами 3.

1.3 Режими промивання молокопроводів і основні вимоги до них

З метою інтенсифікації перемішування розчину, що виявляє значний вплив на швидкість видалення забруднень, пропонується встановлювати в молокопроводі спеціальні дросельні шайби. На інтенсивність перемішування миючого розчину впливають створювані різними пристроями пульсації потоку. Велике значення для ефективного промивання мають режими циркуляції рідини в системі, що промивається. Спеціальними дослідженнями доведено, що висока якість очищення може бути досягнута при розвиненому турбулентному режимі плинності миючої рідини з більшими швидкостями (при $Re > 10^4 \dots 10^5$), оскільки в цьому випадку створюються найбільш сприятливі умови для механічного впливу потоку на частки забруднення. Так А.С. Веприцький і А.Е. Брагіна,

у своїх дослідженнях показали, що для забезпечення максимальної ефективності очищення молокопроводів необхідно, щоб турбулентність потоку в системі була не менш $Re > 2 \cdot 10^4$. Б.А. Доронін запропонував розрахункову формулу для швидкості миючого розчину при $4000 \leq Re \leq \Delta r$ (де Δr - відносна шорсткість поверхні трубопроводу). За даними протоколів МІС при випробуваннях доїльних установок уніфікованого ряду середня швидкість руху рідини становить 0,53...0,97 м/с при $Re=60000$.

Ефективність впливу мийного засобу на забруднення за інших рівних умов прямо залежить від температури розчину. Однак, її підвищення більш 60°C не спричиняє помітного збільшення миючої здатності. Тому температурний режим наблизили саме до цього показника. Єдино, на що можна вплинути при регулюванні температурного режиму - це на температуру вхідного розчину. Об'єктивно про температурний режим процесу промивання можна судити по температурі внутрішньої поверхні стінок молокопроводу, тільки в цьому випадку можна говорити про суть термічного впливу на систему миюче середовище - забруднена поверхня. Ця температура неоднакова в різних точках молокопроводу і змінюється в міру проходження гарячого розчину через нього, прагнучи наблизитися до температури вхідного мийного засобу.

У замкнених системах ситуація складніша, тому що циркулюючий розчин постійно прохолоджується, а надходження тепла ззовні не відбувається. Однак у кожному разі можна сказати, що температурний режим прямо пропорційний температурі, об'єму розчину і температурі навколишнього середовища і обернено пропорційний довжині молокопроводу.

Ю.І. Беляєвський вважає, що ефективно промивання можливе при температурі розчину не нижче 85°C . За даними Ю.П. Золотіна, підвищення температури від 46°C до 82°C скорочує час обробки поверхні вдесятеро при однаковій якості. Б.А. Доронін рекомендує проводити промивання при температурі 70°C . С.В. Харків стверджує, що режим промивання оптимальний за енерговитратами при температурі миючого розчину в діапазоні $60...65^\circ\text{C}$. В.І. Березуцький відзначає, що промивання повинно здійснюватися при температурі розчину

70...80°С. У рекомендаціях вказується, що очищення доїльно-молочного обладнання необхідно виконувати при температурі розчинів 60...70°С, а в рекомендаціях з технології виробництва молока, прийнятих 22...24 листопада 1977 р., - при температурі не нижче 80°С. Деякі закордонні фірми, що займаються виробництвом доїльних установок [21, 61], рекомендують робити очищення молокопроводів розчинами з температурою не нижче 77°С.

Усі санітарні засоби по своїх властивостях і призначенню можна розділити на чотири групи:

- мийні засоби;
- дезинфікуючі з'єднання;
- мийно-дезінфікуючі засоби;
- кислоти.

В рекомендовані до застосування наступні види миючих і мийно-дезінфікуючих засобів: порошки виду А, Б, В, кальцинована сода, гіпохлорид натрію, дезмол, збруч, сульфохлоратин, ДПМ-2 і ін. Мийний засіб А призначене для використання в господарствах із твердою водою (більш 8 мг-екв/л); тип Б - у господарствах з водою середньої жорсткості (від 4 до 8 мг-екв/л), тип В - з м'якою водою (менш 4 мг-екв/л).

Робочі розчини дезінфікуючих засобів, що містять від 150 мг/л до 700 мг/л активного хлору, за винятком гіпохлорида натрію, не мають змочувальні і проникаючі здатності та вимагають для ефективного застосування ретельної попередньої мийки і очищення обладнання від забруднень. Недоліком застосування хлору як дезінфікуючого засобу є те, що він має сильну роз'їдаючу дію і при перевищенні температури розчину або неправильному дозуванню викликає ушкодження обладнання, що обмежує його використання. Вміст активного хлору в розчині гіпохлорида натрію не повинне перевищувати 150...200 мг/л протягом 3...5 хвилин. Після хлорування необхідно ретельно обполіскувати обладнання більшою кількістю води. Кислоти при санітарній обробці застосову-

ються рідко. Вони необхідні лише для видалення стійких мінеральних відкладень і молочного каменю. Для цієї мети використовують 0,1%-і розчини неорганічних і 0,2%-і розчини органічних кислот. Найбільше поширення одержала сульфомінова кислота.

Мийно-дезінфікуючі засоби мають ряд переваг. Вони проявляють високі мийучі і дезінфікуючі властивості в присутності органічних речовин і солей твердості води, не руйнують матеріал, з якого виготовлено доїльно-молочне обладнання, не виявляють шкідливого впливу на шкіру, що дозволяє використовувати їх при різних мийних операціях. Г.П. Дегтярьов відзначає, що концентрована і каустична сода, кислоти, хлорне вапно, синтетичні препарати типу А, Б і ін. відносять до розряду низькосортних мийучих і дезінфікуючих засобів і їх застосування приводить до зниження якості молока, створення «молочного каменю», корозії і швидкому спрацюванню устаткування, виходу з ладу гуми і ущільнень, перевитраті води, електроенергії, шкідливому впливу на людину і природу, ускладненню технологічного процесу очищення.

За останні роки розроблене багато нових ефективних мийучих і мийно-дезінфікуючих засобів (МСЖ-ЗС, МСЖ-ЗСГ, МСЖ-Щ, МСЖ-К, МДС, МД-1 та ін.). Вони пройшли виробничі випробування і дозволені до застосування. Найбільш перспективними на даний момент визнані порошкоподібні (МСЖ-ЗС і МСЖ-ЗСГ) і рідкі (МСЖ-Щ і МСЖ-К) засоби. Мийно-дезінфікуючий засіб МСЖ-ЗС можна використовувати при механізованому і ручному очищенні і дезінфекції доїльно-молочного обладнання. При механізованому очищенні концентрація розчинів повинна бути 0,15...0,3% (15...30 г на 10 л води), температура - 50...70°C, тривалість очищення 8...15 хв (залежно від об'єкта очищення і характеру забруднень).

При ручному очищенні зовнішніх поверхонь устаткування можна мити розчином за допомогою щіток (йоржів) або небагато посипати порошку на поверхню (чверть чайної ложки на 1 м) і рівномірно розітерти у різних напрямках круговими рухами злегка намоченою губкою або щіткою. Після очищення поверхню обполоскати водою.

При вивченні тривалості промивання встановлене, що при збільшенні часу обробки якість очищення поліпшується. П.А. Обухів відзначає, що циркуляційне промивання молокопроводів повинно тривати 12...15 хв. В.І. Березуцький установив, що при наявності значної кількості деталей і вузлів з алюмінію тривалість мийки становить не менш 10...12 хв. С.В. Харків рекомендує тривалість циркуляції для молокопроводів доїльних установок уніфікованого ряду в діапазоні 15...20 хв. Закордонні фірми встановлюють час обробки в межах 5...30 хв, залежно від матеріалів, застосовуваних у молочних лініях доїльних установок.

1.4 Аналіз робіт, спрямованих на підвищення якості очищення деталей молокопроводу

Для визначення якості очищення обладнання від забруднень існують різні способи: візуальний контроль; з використанням фотоелектричних приладів; засновані на вимірі залишкової радіоактивності забруднення, попередньо нанесеної перед промиванням на поверхню, що очищається; вагові методи, бактеріальні методи.

Візуальні, радіоактивні, вагові методи дають можливість оцінити відносну ефективність промивання і не мають досить обґрунтованих кількісних і якісних показників. В зазначених способах чистота поверхні оцінюється непрямими методами. Бактеріологічний контроль є найбільш об'єктивним, однак і він не займає виключного стану в сучасних умовах виробництва молока. Якість бактеріальної чистоти оцінюється по таблиці 1.2, наведеній в «Санітарних правилах ...».

Роботи, спрямовані на підвищення якості санітарної обробки поверхонь деталей, що стикаються з молоком, можна класифікувати по наступних основних областях:

- розробка і застосування при санітарній обробці молокопроводів нових миючих і дезінфікуючих засобів;

- обґрунтування найбільш ефективних параметрів технологічного режиму процесу промивання (швидкість, режим плинучого розчину, його температура, концентрація мийних засобів, тривалість циркуляції розчину);

- розробка технічних рішень, спрямованих на удосконалення процесу промивання.

Таблиця 1.2 - Санітарна оцінка доїльного обладнання по кількості мікробів на 1 см² поверхні

Доїльні стакани	Колектор	Молочні шланги	Молокопровод	Санітарна оцінка
До 18 тис.	До 25 тис.	До 25 тис.	До 20 тис.	Добре
18...250 тис.	25 тис ...1млн.	25 тис...2,5 млн.	20...300 тис.	Задовільно
Більше 250 тис.	Більше 1 млн.	Більше 2,5 млн.	Більше 300 тис.	Незадовільно

Технологічний режим промивання визначався на підставі сучасних уяв про кінетику процесу видалення часток забруднень із поверхні обладнання з відповідними допущеннями. У роботах було прийнято, що на плівку забруднень молокопроводів безпосередньо впливають турбулентні вихри потоку, представлені у вигляді безлічі елементарних струменів. У результаті динамічного впливу цих струменів відбувається набрякання і пептизація білків, під дією сил дотичного тертя відбувається зрушення й відрив плівки. С.В. Харковим більш повно проведені дослідження структури плівки молочних забруднень. Він відзначає, що найбільш важким є процес видалення окремих жирових кульок і масляних зерен невеликого діаметра, що перебувають повністю в ламіна-

рному підшарі миючого потоку. Тому С.В. Харків розглядає процес відриву жирової частки з поверхні обладнання, що очищається, з урахуванням сил, обумовлених особливостями плинину граничної області і ламінарного підшару турбулентного потоку. Б.А. Доронін розглядає процес видалення часточок молочного жиру, як основного і найбільше важковидалеюмого компонента молочного забруднення, під дією з боку потоку сил дотичного тертя, що долають адгезійне зчеплення молочного жиру з поверхнею, що промивається.

На відміну від Б.А. Дороніна, В.І. Березуцким у дослідженнях додатково враховані дотична й нормальна сили злипання жирових кульок між собою. За результатами теоретичних і експериментальних досліджень рекомендуються наступні оптимальні режими очищення:

- для деталей з гуми - швидкість розчину 7 м/с, температура - 70°C, час очищення 1,5 хв;
- для сталевих деталей - швидкість 1,5 м/с, температура 70°C, час очищення 1,5 хв;
- для скляних деталей — швидкість 2,5 м/с, температура 70°C, час очищення 2,0 хв;
- для деталей з алюмінію - швидкість 9 м/с, температура 80°C, час очищення 12,2 хв і більш.

Подібні режими промивання досяжні на спеціальних стендах при промиванні окремих деталей і вузлів доїльного обладнання. Вони не можуть бути використані для циркуляційного промивання доїльних установок, особливо для молокопроводів зі збільшеним діаметром. Підвищення температури розчину зв'язане зі значними енерговитратами, внаслідок значної площі поверхонь, що промиваються і інтенсивної тепловіддачі. Разом з тим висока температура негативно позначається на пластмасових і гумових деталях, що становлять лінію циркуляції. Збільшення швидкості циркуляції обмежується подачею перекачувальних молочних насосів.

1.5 Аналіз системи мийки доїльної установки АДМ-8А

Доїльна установка АДМ-8А призначена для машинного доїння корів у стійлах корівників на фермах із прив'язним утриманням тварин, транспортування молока по молокопроводу в молочну, очищення, охолодження, обліку і збору молока, створена в результаті вдосконалення установки молокопрвід-100 і 200 «Даугава». Доїльна установка АДМ-8А основного варіанта виконання (рис. 1.7) оснащена вакуумною установкою 16, скляним молокопроводом 3, вакуумпроводом 1, автоматом промивання доїльних апаратів і молочної лінії 9, електроводонагрівачем 17, охолоджувачем молока 10, лічильником для індивідуального обліку молока 7, лічильником групового надою молока 14 і пристроєм для підйому молокопроводу 5 над кормовими проходами для проїзду кормороздавача і опускання молокопроводу в горизонтальне положення при доїнні.

Підйом гілок здійснюється спеціальною пружиною, а опускання - пневматичною камерою (у ній при роботі установки створюється вакуум, завдяки чому її стінки, на яких кріпляться гілки вакуумного трубопроводу, замикаються). Доїльні апарати 8 підключають до молокопроводу 3 і вакуумпроводу 1 за допомогою сполучених кранів. Для видалення молока з молокозбірника 12 установлений відцентровий молочний насос НМУ-6.

Таким чином, це досить складна система, що має значну кількість вузлів, деталей і агрегатів, що стикаються з молоком у процесі доїння і транспортування в молочний танк. При доїнні кінці петель молокопроводу 3 з'єднують із перемикачем 2, засувка якого встановлюється в положенні «Д». Молоко від доїльного апарата 8 через лічильник УЗМ-1 надходить у молокопрвід 3, далі в груповий лічильник 14 і молокозбірник 12, з якого молочним насосом 13 подається на фільтр 11, а з нього - на пластинчастий охолоджувач 10, охолоджене молоко збирається в танк для зберігання.

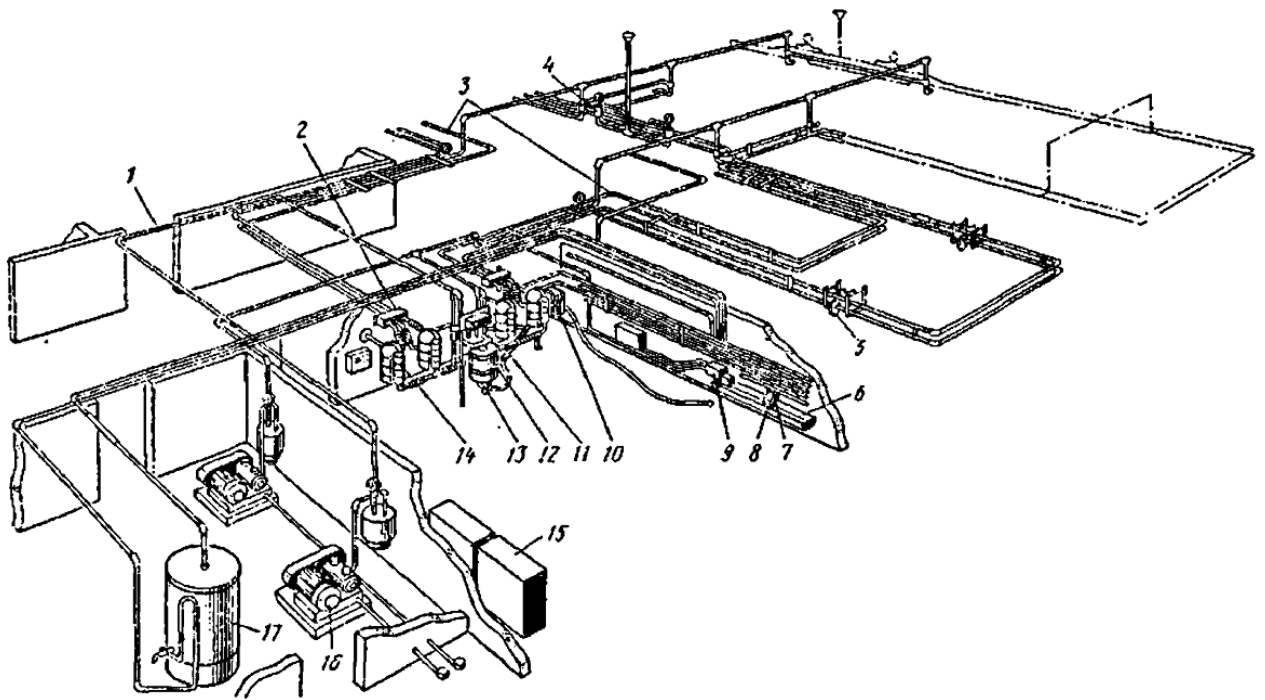


Рисунок 1.7 - Загальний вид доїльної установки АДМ-8А: 1 - вакуумпровод; 2 - перемикач; 3 - молокопровод; 4 - головний вакуум-регулятор; 5 - пристрій для підйому молокопроводу; 6 - ванна для промивки; 7 - лічильник молока УЗМ-1; 8 - доїльний апарат; 9 - автомат промивки; 10 - пластинчастий охолоджувач; 11 - фільтр молочний; 12 - молокозбірник; 13 - молочний насос НМУ-6; 14 - груповий лічильник молока МТБ; 15 - шафа для запасних частин; 16 - вакуумна установка УВУ; 17 - електроводонагрівач.

Величина вакууму в молокопроводі (53 кПа) регулюється вантажем регулятора і контролюється по вакуумметру. У вакуумпроводі диференціальним регулятором установлюється вакуум в 48 кПа. Різниця величин вакууму в 5 кПа встановлюється для вирівнювання його рівня в доїльних стаканах під соском і в міжстінному просторі, щоб соскова гума в такті ссання не розширювалася, і доїльні стакани не наповзали на вим'я корови. Ця різниця обумовлена подоланням опору підйому молока по молочному шлангові від доїльного апарата до молокопроводу. При підйомі молока в молокопровод вакуум під соском дещо знижується, і якщо його не підвищити в молокопроводі, то в міжстінному просторі він буде вище. Соскова гума розшириться, що веде до порушення нормального

процесу доїння. При промиванні молокопроводу доїльні апарати переносять у молочне відділення, за колектор підвішують на кронштейні ванни і підключають до колекторної труби. Засувку перемикача 2 установлюють у режим промивання (буква «М»), при цьому один кінець молокопроводу з'єднується з колекторною трубою, а інший - із двома патрубками лічильників. Автомат промивання виконує наступні операції:

- прополіскування холодною водою апаратів, молочної лінії, обладнання і злив води в каналізацію;
- заповнення ванни мийно-дезінфікуючим розчином;
- проведення циркуляційного промивання;
- відкачування залишків води з молокозбірника;
- вимикання вакуумних і молочного насосів.

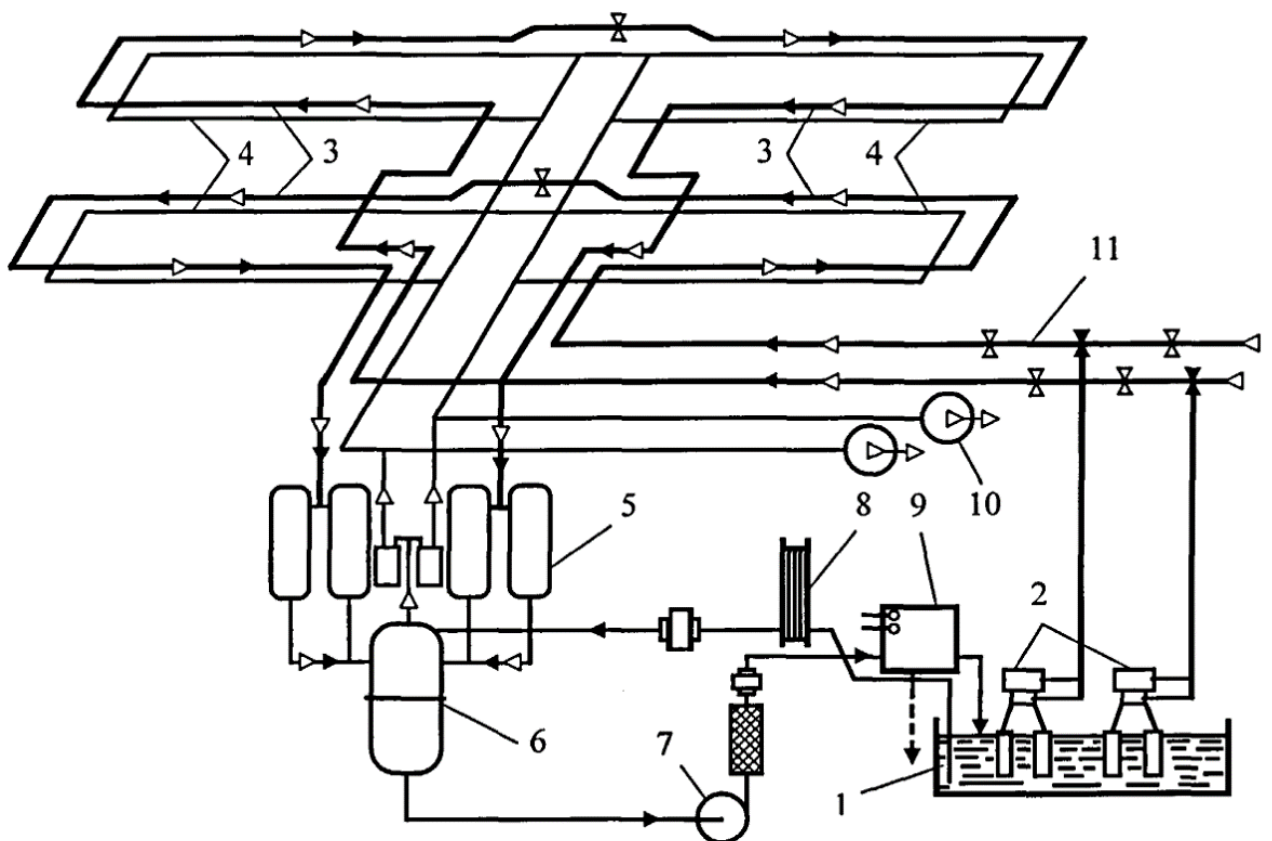


Рисунок 1.8 - Технологічна схема установки АДМ-8А в режимі промивання

1.6 Мета і завдання досліджень

Мета роботи - підвищення якості промивання молокопроводу доїльних установок при технічних догляд за ним за рахунок удосконалення системи мийки і обґрунтування режимів її роботи. У зв'язку із цим у завдання досліджень входили:

1. Обґрунтування режимів мийки молокопроводу;
2. Обґрунтування можливості інтенсифікації процесу видалення забруднень шляхом використання механічного чищення;
3. Визначення раціональних параметрів системи мийки молокопроводу і одержання вихідних даних до її розрахунків із заданими показниками якості мийки;
4. Економічне обґрунтування використання вдосконаленого обладнання для мийки молокопроводу.

2 Аналіз процесу роботи системи циркуляційної мийки

2.1 Основні закономірності процесу очищення молокопроводу

При утворенні забруднень важливу роль відіграють мікроструктурні зміни, які виникають у результаті впливу різних фізичних і технологічних факторів.

Молоко являє собою складну полідисперсну систему, що складається з жирових кульок, діаметром до 2 мкм, молочних тілець, білків, в основі яких лежать субміцели казеїну, і казеїнові частки розміром більше 0,2 мкм, часток колоїдної розмірності і розчинених молекул і атомів, взаємозалежних між собою. Крім того, можлива присутність окремих часточок і крапельок бруду, що потрапили в молокопровід.

За даними В.В. Молочникова і Л.М. Пінчука на поверхні обладнання після контакту з молоком залишається плівка забруднень, у якій міститься молочний жир, білки і незначна частка мінеральних солей - 2...4%.

Найбільшу складність очищення молокопроводу після доїння представляє видалення жирових відкладень. В 1 см³ натурального молока утримується близько 2...4 млрд. жирових кульок, оточених водною фазою. Вони мають білково-ліпоїдну оболонку, що представляє собою поверхневий абсорбційний шар. Зовнішня сторона плівки жирових кульок, звернена до водної фази, складається з білкового шару, який у свою чергу утворює гідратну оболонку. Подібна будова оболонки жирової кульки активно перешкоджає процесам злиття молочного жиру і осадження його на поверхні молокопроводу, які викликані прагненням дисперсійної системи зайняти найбільш вигідний енергетичний стан. Однак дані оболонки не мають достатню міцність. У результаті теплового руху можливо взаємне проникнення гідратних шарів жирових кульок з утвором великих конгломератів. При машинному доїнні неминучі різного роду механічні впливи, у результаті чого відбувається підвищення енергії руху, і жирові

кульки з гідрофобізованою поверхнею, змішуючись у значній мірі зі стабілізуючою їх білково-гідратною оболонкою, легко осідають на поверхні обладнання.

Процес забруднень поверхні протікає поетапно. При русі молока і повітря по молокопроводу утворюється повітряно-молочна емульсія і виникають сильно розвинені поверхні розділу фаз плазма-жирові кульки та плазма-повітря, що викликає перерозподіл концентрації білково-ліпоїдної оболонки в граничних шарах контактуючих фаз. При зіткненні часток відбувається руйнування захисного шару навколо жирових кульок, вони стають більш гідрофобними і притягаються поверхнею повітряного пухирця. Рідка фракція жиру на поверхні повітряного пухирця, та й самі жирові кульки, втративши захисні гідрофільно-ліпоїдні оболонки, активно сприяють зародженню й росту певної частини кристалів жиру, як на цих поверхнях, так і на стінках молокопроводу. На останньому етапі солі кальцію, що входять до складу молока, створюють армувальний кістяк високої міцності і міцно закріплюють забруднення на поверхні обладнання, утворюючи тверді відкладання у вигляді молочного каменю.

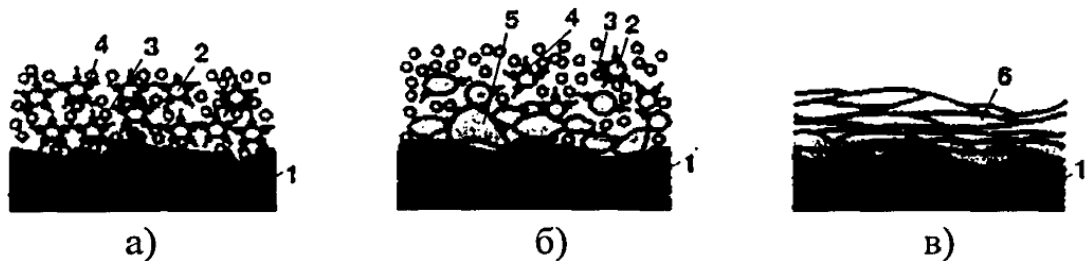


Рисунок 2.1 - Класифікація забруднень, що утворюються на поверхні молочного обладнання: а - адгезійно зв'язані; б - поверхнево-адсорбційно зв'язані; в - міцно (глибинно) зв'язані; 1 - поверхня обладнання; 2 - жирові кульки; 3 - молочні тільця; 4 - ліпоїдна оболонка; 5 - макрозерна жиру; 6 - молочний камінь

Залежно від фізико-хімічних процесів формування забруднень і їх зв'язків з поверхнею, що очищається Г.П. Дегтярьов розділяє всі забруднення, що зустрічаються на молочному обладнанні на три групи (рис. 2.1):

1) адгезійні (у вигляді залишків молока та стійких часток молочного жиру);

2) поверхнево-адсорбційно зв'язані (у вигляді макрочасток, жиру і гелеподібних відкладень);

3) міцно (глибинно) зв'язані (у вигляді «молочного каменю»).

С.В. Харків представив загальну структуру плівки молочних забруднень у вигляді наступної моделі (рис. 2.2).

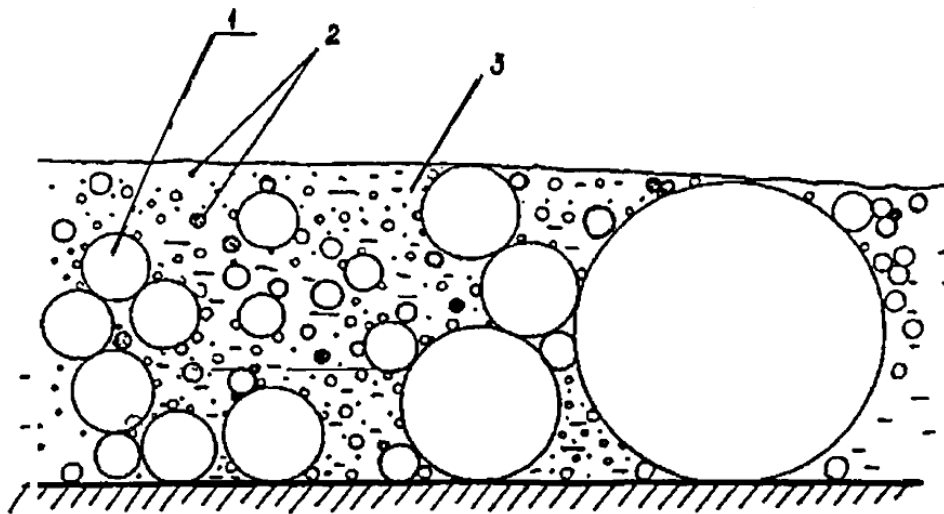


Рисунок 2.2 - Модель структури плівки молочних забруднень 1 - жирові кульки; 2 - часточки казеїну; 3 — молочна плазма

До поверхні обладнання за рахунок сил адгезії примикають жирові кульки та олійсті зерна з ушкодженою оболонкою. Розтіканню молочного жиру перешкоджає змочування поверхні молочною плазмою часточками, що містять казеїн, молекули лактози та інші складові частини молока.

П.Н. Белянін і В.М. Данилов відзначають, що в процесі очищення можна виділити три стадії:

- відділення часток забруднень від поверхні молокопроводу;
- перехід цих часток у миючий розчин;

- утримання зважених часток у миючому розчині до його зливу без повторного осадження на поверхню.

Однак дане твердження не враховує необхідність руйнування досить сильного зв'язку між сусідніми жировими кульками, особливо в забрудненнях у вигляді підсохлих поверхневих плівок.

Найбільше повно механізм очищення забруднень відбитий у дослідженнях Г.П. Дегтярьова. Так, процес видалення адгезійно зв'язаних забруднень він розділяє ще на два етапи: зменшення товщини шару і видалення тонкого пристінного граничного шару. При видаленні забруднень із поверхні молокопроводу в першу чергу відбувається взаємне проникнення і змішування дисперсійного середовища молочної плівки і миючої рідини, що обумовлене їхньою хімічною однорідністю. У результаті руху миючої рідини відбувається видалення адгезійних забруднень, тому що в цьому випадку немає дійсного прилипання, а має місце лише тісне зіткнення забруднень із поверхнею, або із забрудненнями іншого виду. У цьому випадку сили аутогезії (сили зв'язку усередині забруднень) перевищують сили адгезії (зв'язок між забрудненнями і поверхнею).

Основна частина забруднень представлена другою групою - поверхнево-адсорбційно зв'язані. Ці забруднення утворюються в результаті фізико-механічного впливу на молоко при доїнні і транспортуванню. Їхній макромолекулярний шар, що містить нестабільний молочний жир, активно адсорбується поверхнею і не віддаляється водою. Особливістю забруднень цього виду є те, що сили аутогезії в цьому випадку нижче адгезійних, і вони збільшуються в міру наближення до поверхні. Для видалення другої групи забруднень необхідні гарячі миючі розчини з поверхнево-активними речовинами (ПАР). При видаленні високої молочної плівки, що складається з молочного жиру, а також білкових з'єднань, на першому етапі відбувається змочування миючою рідиною поверхні обладнання і молочного жиру, при цьому на них налипають молекули ПАР, що зменшують міжфазний натяг на границях миючий розчин - забруднення - поверхня, що очищається. Внаслідок цього, кінетичної енергії потоку миючої рідини стає досить для подолання цих сил зчеплення, і шар жиру під дією механічного

впливу в деяких місцях зрушується, утворюючи жирові сегменти, які потім переходять у кулясті крапельки, утримувані на поверхні силами адгезії.

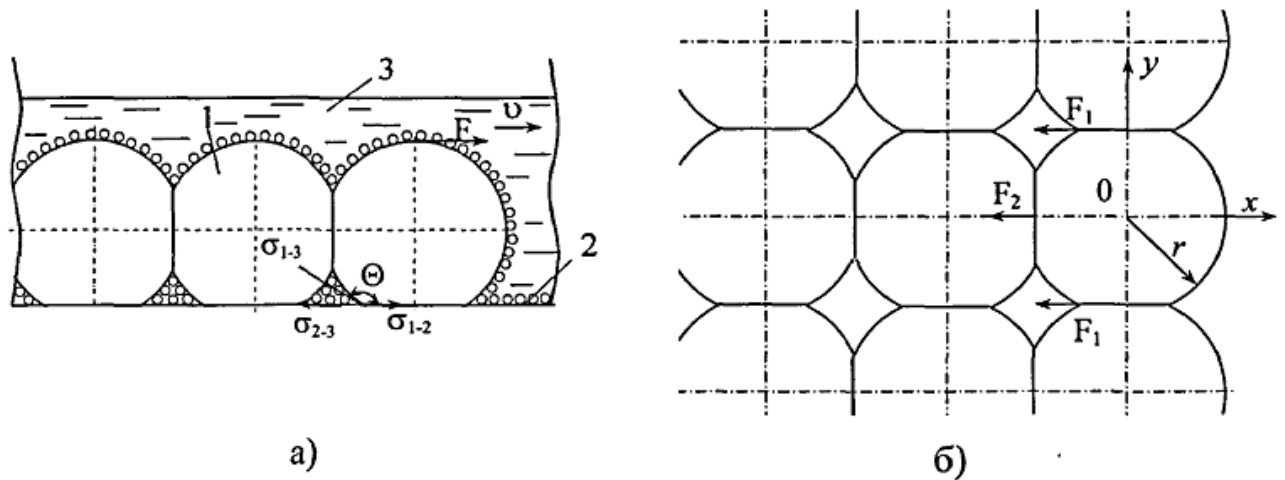


Рисунок 2.3 - Схема відділення жирової кульки забруднень від поверхні молокопроводу при його мийці: 1 - жирова кулька; 2 - поверхня обладнання; 3 - миючий розчин

Найбільше важковиделяємими є міцно (глибинно) зв'язані забруднення у вигляді молочного каменю. Вилучити їх можна шляхом хімічного руйнування агресивними середовищами (звичайно розчинами кислот), або способом механічного очищення із застосуванням високоефективних миючих і мийно-дезінфікуючих засобів. У плівці забруднень, що містить жир, білок, бактерії та інші речовини, можна виділити пристінний і основний шари забруднень. Товщина пристінного шару, обумовлена розмірами конгломератів, які утворюють жирові кульки між собою, може досягати 400 мкм.

З метою визначення умов руйнування і видалення пристінного шару молочного жиру необхідно розглянути сили, що обумовлюють його міцність. Міцність пристінного шару характеризується силами зчеплення жирових часток між собою і силами прилипання їх до поверхні обладнання. На рис. 2.3 представлена схема відділення жирової кульки пристінного шару забруднень від поверхні обладнання, запропонована В.І. Березуцьким.

Не применшуючи значення фізико-хімічних факторів, обумовлених активністю миючого середовища, багато дослідників схильні вважати процес механічного впливу однією з основних умов, що визначають ефективність очищення.

Таким чином, для визначення умов видалення молочних забруднень необхідно розглянути процес впливу потоку миючої рідини на окремі частки молочного жиру при заданих значеннях швидкості руху миючої рідини, її концентрації й температури.

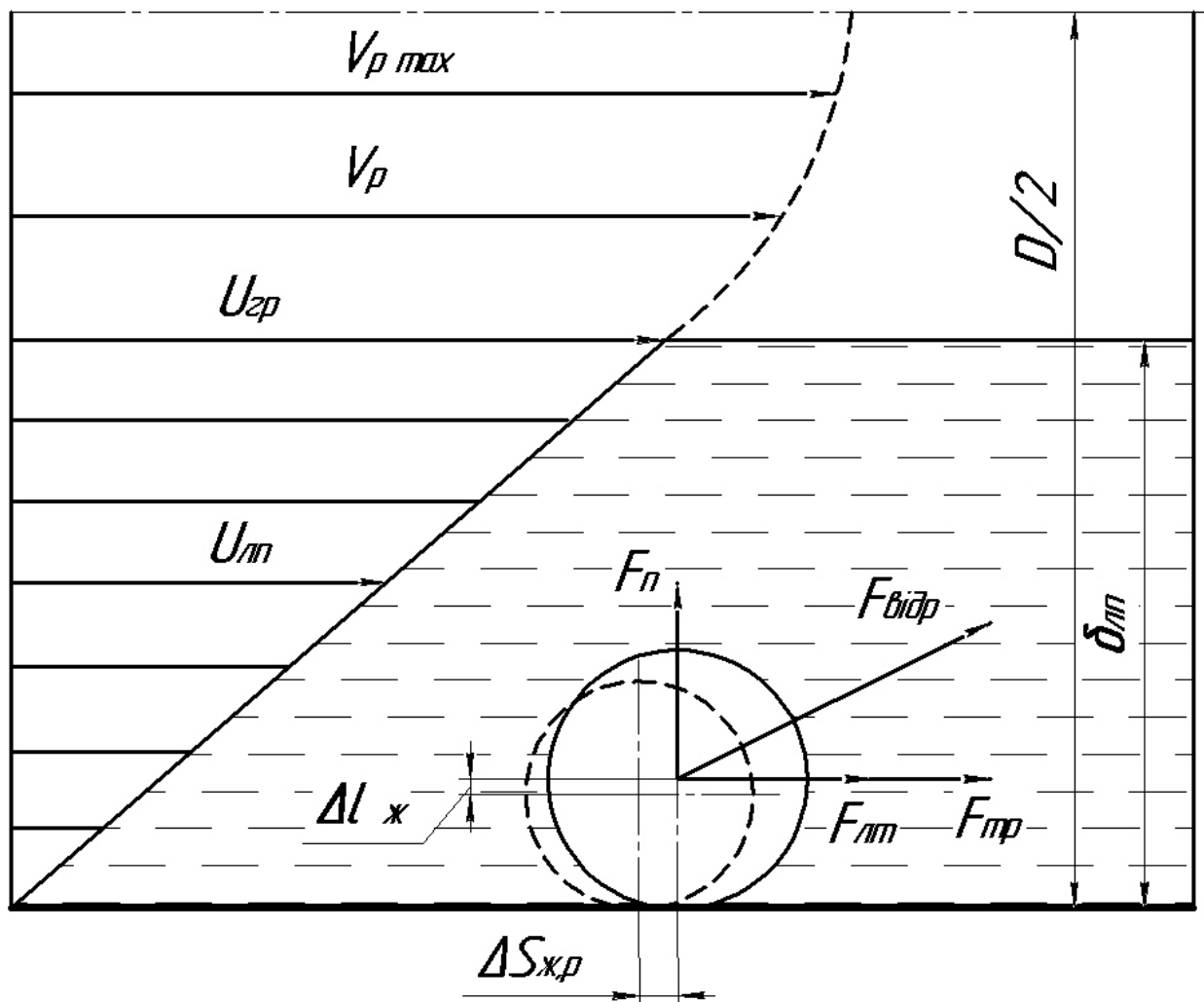


Рисунок 2.4 - Розподіл сил, що діють на жирову частку забруднень

2.2 Основні закономірності очищення молокопроводу при подачі в нього пружних пробок

Схема сил, що діють на пружну пробку в процесі видалення забруднень приведена на рис. 2.6.

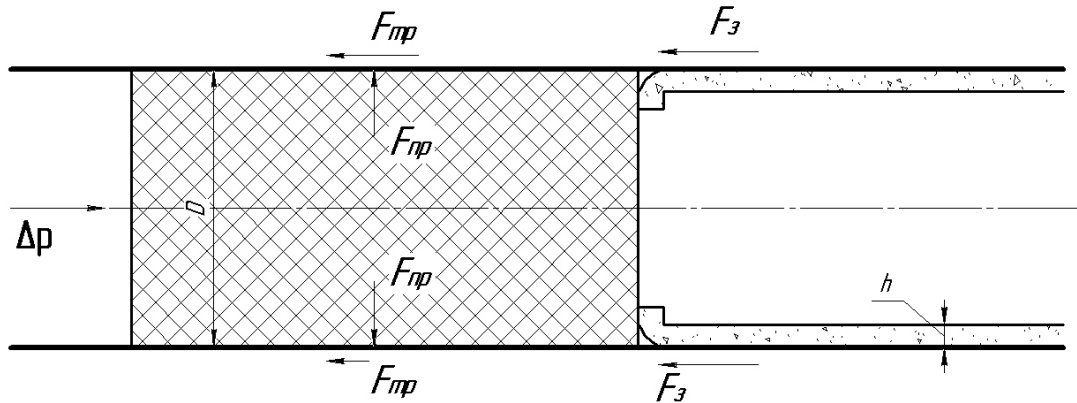


Рисунок 2.6 - Схема сил, що діють на пружну пробку в процесі видалення забруднень

Складемо рівняння рівноваги сил, що діють на неї в молокопроводі (рис. 2.6):

$$\Delta p S - F_{\text{тр}} - F_c = 0, \quad (2.11)$$

де Δp - величина перепаду тиску, необхідного для руху пробки, Н/м;

S - площа перетину трубопроводу, м², $S = \pi D^2/4$;

D - внутрішній діаметр трубопроводу, м;

F_c - загальний опір різанню плівки забруднень, Н;

$F_{\text{тр}}$ - сила тертя, обумовлена силою пружності пробки $F_{\text{пр}}$.

$$F_{\text{тр}} = f_{\text{тр}} F_{\text{упр}}, \quad (2.12)$$

де $f_{\text{тр}}$ - коефіцієнт тертя пробки по стінкам труби.

Сила пружності пробки має дві складові:

$$F_{\text{пр}} = F_{\text{пр1}} + F_{\text{пр2}}, \quad (2.13)$$

$$F_{\text{пр1}} = ca_0, \quad (2.14)$$

c - відносна твердість матеріалу пружної пробки, Н/м;

a_0 - абсолютна деформація пружної пробки, м:

$$a_0 = D_{\text{п}} - D, \quad (2.15)$$

$D_{\text{п}}$ - діаметр пружної пробки, м;

$F_{\text{пр2}}$ - сила пружності, що виникає під дією осьового тиску на пробку, Н:

$$F_{\text{пр2}} = \Delta p \frac{\pi D^2}{4} \zeta, \quad (2.16)$$

ζ - коефіцієнт бічного розпору:

$$\zeta = \frac{\mu}{1 - \mu}, \quad (2.17)$$

μ - коефіцієнт Пуассона.

$$F_{\text{пр}} = c(D_a - D) + \Delta p \frac{\pi D^2}{4} \zeta, \quad (2.18)$$

Отже, сила тертя $F_{\text{тр}}$ буде рівна

$$F_{\text{тр}} = f_{\text{тр}} \left[c(D_a - D) + \Delta p \frac{\pi D^2}{4} \zeta \right], \quad (2.19)$$

Величину загального опору зрізанню плівки забруднень визначаємо по раціональній формулі акад. В.П. Горячкіна:

$$F_3 = F_o + F_d + F_v, \quad (2.20)$$

де F_o - деякий постійний опір різанню, Н;

F_d - опір деформації шару забруднень, Н;

F_v - сила, необхідна для відкидання стружки, Н.

Величину F_o можна розрахувати по формулі

$$F_o = Bbt_p^m \delta, \quad (2.21)$$

де B - коефіцієнт, що залежить від механічної міцності матеріалу, Н/м²;

b - довжина ріжучої крайки пижа, що бере участь у роботі, м;

t_p - товщина ріжучої крайки пижа, м;

m - показник ступеня;

δ - відношення величини шляхи стиску до довжини елемента стружки.

Опір деформації шару, що віддаляється, плівки забруднень і тертю про грань ріжучої крайки F_d визначимо по формулі

$$F_d = kbh, \quad (2.22)$$

де h - товщина шару забруднень, що віддаляється, м;

k - гранична напруга сколювання.

Напруга сколювання до залежить від напруги розтягання k_1 і напруги стиску k_2 і визначається формулою

$$k = \frac{1}{2} \sqrt{k_1 k_2}, \quad (2.23)$$

Для розрахунків сили F_v відома формула:

$$F_v = \varepsilon b h v^2, \quad (2.24)$$

де ε - розмірний коефіцієнт, Н/с²м⁴;

v - швидкість різання, м/с.

Таким чином, загальний вираз для визначення середньої сили зрізу забруднень на внутрішній поверхні молокопроводу буде

$$F_z = B b t_p^m \delta + k b h + \varepsilon b h v^2, \quad (2.25)$$

Підставляючи у вираз значення сили тертя $F_{тр}$ і загального опору різанню F_z по формулах, одержимо

$$\Delta p \frac{\pi D^2}{4} - f_{тр} [c(D_n - D)] + \Delta p \frac{\pi D^2}{4} \zeta - B b t_p^m \delta - k b h - \varepsilon b h v^2 = 0, \quad (2.26)$$

Звідси діаметр пружної пробки, що забезпечує досить повне видалення шару забруднень на внутрішній стінці молокопроводу, буде рівний

$$D_n \leq D + \frac{1}{f_{тр} c} \left[\Delta p \frac{\pi D^2}{4} (1 - f_{тр} \zeta) - B b t_p^m \delta - k b h - \varepsilon b h v^2 \right], \quad (2.27)$$

Аналіз цієї залежності свідчить, що він залежить не лише від перепаду тисків на торцях пружної пробки, але й властивостей матеріалу і шару забруднень, які необхідно визначити в процесі експериментальних досліджень.

2.3 Висновки

1. Забруднення на внутрішній поверхні молокопроводу доїльних установок класифікуються за ступенем зв'язаності з нею жирових кульок, відділення яких під дією енергії потоку миючого розчину залежить від міжфазної енергії

на границі «молочний жир - миючий розчин», крайового кута змочування молокопроводу молочним жиром і збільшення площі контакту кожної жирової кульки з ним на шляху його зрушення при мийці.

2. Для інтенсифікації процесу очищення молокопроводу від забруднень доцільно в нього протягом фази циркуляційної мийки і дезінфекції періодично додатково подавати повітря атмосферного тиску і еластичні пробки для механічного чищення його внутрішньої поверхні.

3. Цикл роботи пульсопідсилювача для подачі в молокопровід повітря атмосферного тиску при його циркуляційній мийці включає час операцій впуску повітря в нього і тривалість перерви між черговими подачами повітря. Тривалість їх залежить від місткості керуючої камери пульсопідсилювача і витратних характеристик лінії її пневмопривода.

4. У результаті аналізу руху пружної пробки в молокопроводі - при механічному чищенні його від пристінних забруднень обґрунтований її діаметр залежно від перепаду тисків на торцях пробки, властивостей її матеріалу і шару забруднень.

5. Отримані теоретичні залежності вимагають експериментальної перевірки і визначення відповідних коефіцієнтів.

3 Експериментальні дослідження системи мийки молокопроводу

3.1 Загальна програма і методика дослідження

Програмою дослідження передбачалося:

- удосконалювання технології механічного очищення внутрішньої поверхні молокопроводу за допомогою пружних пробок;
- експериментальна перевірка отриманих теоретичних залежностей і визначення деяких величин, що входять у них;
- застосування отриманих результатів дослідження з метою проектування систем циркуляційної мийки молокопроводу лінійних доїльних установок.

Відповідно до цього в процесі експериментів досліджені наступні основні питання:

- закономірності плинущої рідини в молочному тракті доїльної установки;
- якість очищення молокопроводу залежно від параметрів потоку і часу очищення;
- режими мийки в кожну її фазу;
- якість очищення молокопроводу залежно від конструктивних параметрів, матеріалу використовуваних пружних пробок і частоти їх пропуску.

Дослідження проводилися в Дніпропетровському державному аграрно-економічному університеті на кафедрі інжинірингу технічних систем.

У процесі дослідження застосовувався фрагмент модернізованої доїльної установки АДМ-8А с збільшеним діаметром молокопроводу. У якості миючих розчинів використовувалися розчини миючих порошків А, Б, В, «Дезмол» і інші синтетичні мийні засоби воді, твердість якої не перевищувала 4 міліграм-еквівалентів на 1 л. У якості матеріалу пружних пробок використовувався пінополіуретан різної щільності і твердості.

В експериментальних дослідженнях використовувалися переважно однофакторні досліди, коли варіювався один з факторів процесу, що впливають на параметр оптимізації.

3.2 Опис приладів і експериментальної установки

Експериментальні дослідження процесу очищення внутрішньої поверхні молокопроводу від забруднень проводилися в лабораторних умовах на фрагменті доїльної установки, обладнаному серійною і експериментальною системами мийки. Характер зміни тисків і величини вакууму в молокопроводі, магазині-живильнику, камерах пульсопідсилювача і пульсаторів визначався за допомогою датчиків тиску, з наступною оцифровкою АЦП NI USB 6008, обробка отриманих даних здійснювалася в програмі Signal Express.

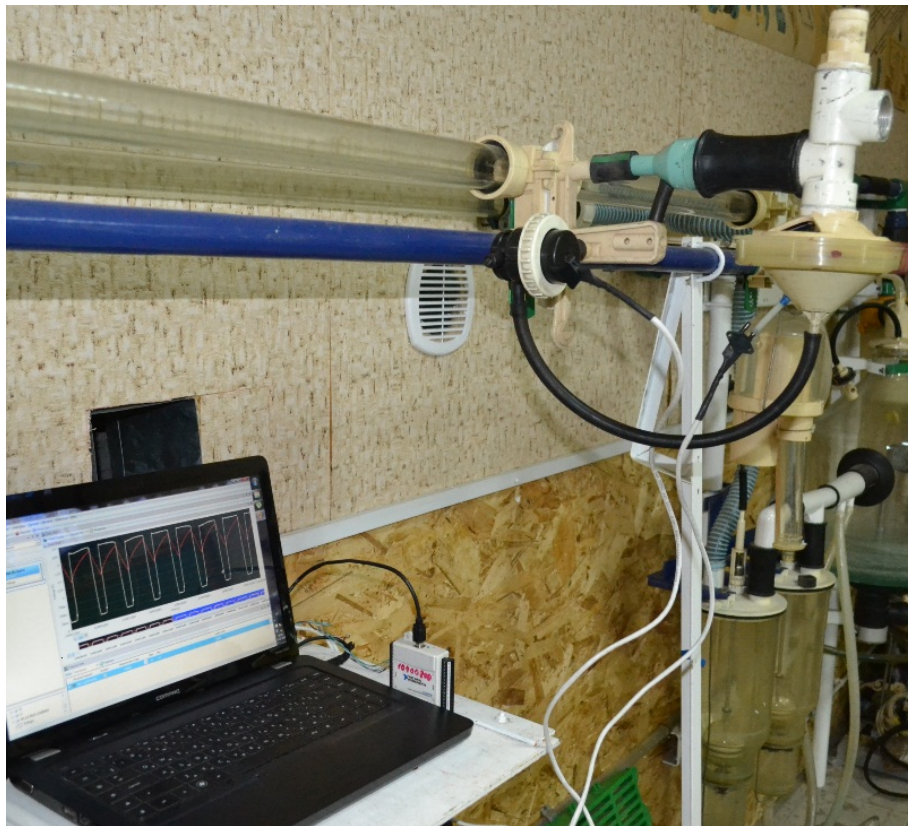


Рисунок 3.1 - Комплект апаратури для вимірювання тиску в системі мийки молокопроводу

Витрата повітря через певний елемент системи мийки молокопроводу визначався за допомогою витратоміра КИ-4840

3.3 Методика оптимізації режимів мийки молокопроводу

Дослідження режимів мийки молокопроводу, його вузлів і деталей здійснювалися на лабораторній установці (рис. 3.3) максимально наближеної до діючої на АДМ-8А системі мийки молочної лінії. Установка включала вакуумний насос 1, молокозбірник 9, ванну 8, молочний насос 10, скляний прозорий молокопровід 12 і промивний трубопровід 4. Впуск повітря в систему мийки здійснювався пульсопідсилювачем 14, установленим на початку молокопроводу 12. Клапани його приводилися в дію пневмоприводом за допомогою пульсатора 13. На ділянці молокопроводу 12 зі стабілізованим плинном газорідинного потоку за допомогою сполучних муфт установлювалася досліджувана вставка молокопроводу 18 у вигляді відрізка труби довжиною 1 м.

Задана температура циркуляції забезпечувалася водонагрівачем і контролювалася ртутним термометром. Регулювання швидкості газорідинного потоку здійснювалося шляхом зміни витрати рідини за допомогою вентиля і витрати повітря регулюванням ходу клапанів пульсопідсилювача і краном подачі повітря в нього.

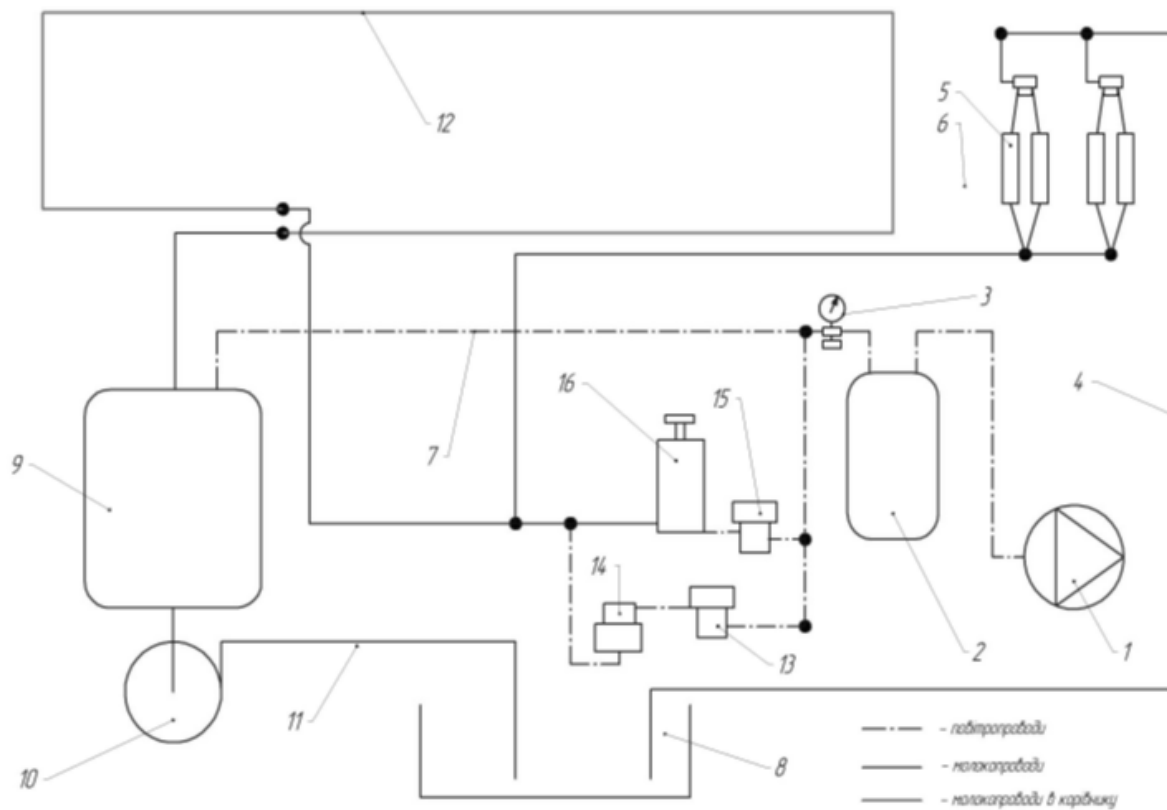
Швидкість потоку при суцільному наповненні молокопроводу визначалася по даним вимірів витрати Q рідини у ванну 8 за певний проміжок часу t :

$$V_{\text{ж}} = \frac{4Q}{\pi d^2 t}, \quad (3.1)$$

де d - діаметр молокопроводу, м.

Коефіцієнт об'ємного газотримання потоку визначався за показниками приладів, що реєструють витрату рідини Q_p і газу Q_g на досліджуваній ділянці плину газорідинної суміші за час t :

$$\beta_{\Gamma} = \frac{Q_{\text{В}}}{Q_{\text{В}} + Q_{\text{Ж}}}, \quad (3.2)$$



а



б

Рисунок 3.2 Схема (а) і загальний вид установки (б) для дослідження режимів мийки молокопроводу

Задана температура циркуляції забезпечувалася водонагрівачем і контролювалася ртутним термометром. Регулювання швидкості газорідного потоку здійснювалося шляхом зміни витрати рідини за допомогою вентиля і витрати повітря регулюванням ходу клапанів пульсопідсилювача і краном подачі повітря в нього.

Швидкість потоку при суцільному наповненні молокопроводу визначалася по даним вимірів витрати Q рідини у ванну 8 за певний проміжок часу t :

$$V_{\text{ж}} = \frac{4Q}{\pi d^2 t}, \quad (3.1)$$

де d - діаметр молокопроводу, м.

Коефіцієнт об'ємного газотримання потоку визначався за показниками приладів, що реєструють витрату рідини Q_p і газу Q_g на досліджуваній ділянці плинину газорідної суміші за час t :

$$\beta_g = \frac{Q_g}{Q_g + Q_p}, \quad (3.2)$$

Швидкість газорідного потоку при пробковому плинні обчислювалася по залежності

$$V_{\text{см}} = \frac{4(Q_n + Q_{\text{ж}})}{\pi d^2 t}, \quad (3.3)$$

де Q_p - витрата рідини, м³/год;

Q_g - витрата газу, м³/ч.

При цьому витрата газу визначалася за показниками газового лічильника. Час процесу фіксувався секундоміром. При підготовці до дослідження миючого ефекту молочний жир з піпетки рівномірно наносився на внутрішню поверхню вставки молокопроводу 18 для утворення жирової плівки на довжині 60 мм.

Протягом 5 хв зразок витримувався при температурі 36°C, що відповідає температурі свіжовидоєного молока. Це забезпечувало міжфазову рівновагу систем «повітря - молочний жир - поверхня деталі». Потім зразок додатково витримувався при кімнатній температурі до затвердіння плівки (5...8 хв).

Досліди проводилися в наступній послідовності. Досліджуваний зразок ділянки молокопроводу монтували на молокопроводі 12. Ванну 8 заповнювали рідиною із заданою температурою (шляхом змішування гарячої води від водонагрівача й холодної води з водопроводу), потім у неї вводився концентрований миючий розчин і перемішувався.

При включенні вакуумного насоса 1 у системі створювався вакуум, під дією якого мийна рідина з ванни 8 засмоктувалася в промивний трубопровід 4 і далі, проходячи через молокопровід 12 і досліджуваний зразок, попадала в молокозбірник 9 (рис. 3.3). Звідти через зливальний трубопровід 11 у ванну 8. Під час циркуляційного промивання молокопроводу пульсопідсилювачем 14 здійснювалася періодична подача повітря в систему для утворення газорідинного потоку. Види плинну газорідинного потоку прослідковувалися по прозорій ділянці молокопроводу.

У дослідах варіювали швидкістю потоку, його температура і час обробки. При цьому змінювалося значення одного з них, два інших підтримувалися постійними.

Для контролю процесу промивання трубопроводу застосовували оптоелектронний пристрій контролю якості промивання, за результатами показання якого, визначали якість промивання (рис. 3.5).

Пристрій працює в такий спосіб:

- перед початком дослідження знімають показання світлопроникності ділянки молокопроводу. Сигнал від джерела світла 4, пройшовши через стінки труби, уловлюється приймачем світла 3, прийнятий сигнал обробляється АЦП NI USB 6008 і передається до програми Signal Express, отримані дані від ПК беруться за еталон;

- після завершення процесу доїння проводять промивання молокопроводу, по закінченню якого включають оптоелектронний пристрій контролю якості. Провівши вимір світлопроникності, визначають якість промивання, шляхом порівняння отриманого значення з еталонним.

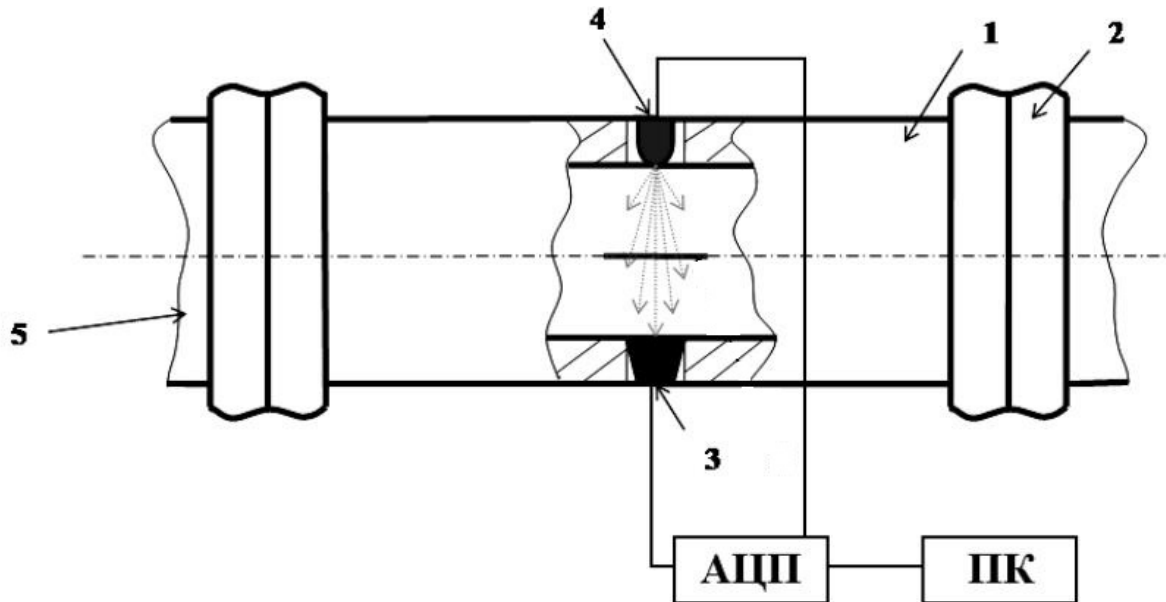


Рисунок 3.3 – Схема пристрою для контролю якості промивання: 1 – контрольна секція; 2 – сполучні муфти; 3 – приймач світла; 4 – джерело світла; 5 – молокопровід; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; ПК – персональний комп'ютер.

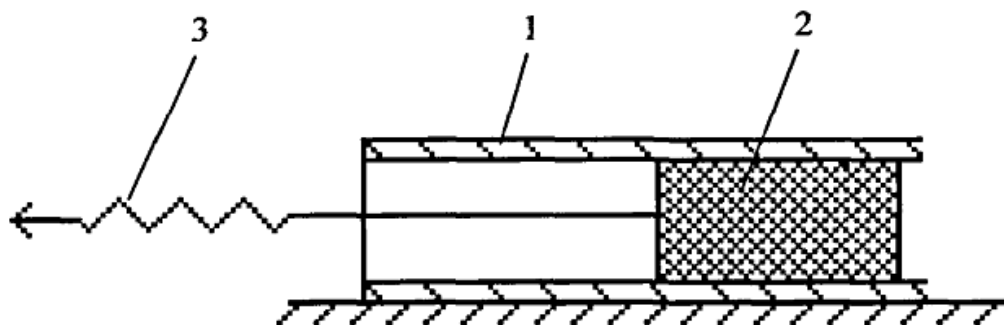


Рисунок 3.4 - Схема пристрою для визначення питомого опору зрізання пружною пробкою забруднень: 1 - молокопровідна вставка; 2 - пружна пробка; 3 - динамометр

Визначення питомого опору зрізання пружною пробкою забруднень, полягало в прикладенні зусилля до пружної пробки, поміщеної в забруднену молокопровідну вставку. Для дослідів був використаний прилад, схема якого зображена на рис. 3.6.

Пружна пробка 2 містилася в попередньо забруднену молокопровідну вставку 1 довжиною L . Переміщення пружної пробки здійснювалося через пружинний динамометр, за показниками якого визначалося зусилля, необхідне для переміщення пружної пробки.

Спочатку молокопровідну вставку протирали вологою ганчіркою і вимірювали зусилля F_1 (необхідне для переміщення пружної пробки по чистій поверхні).

Потім на внутрішню поверхню молокопровідної вставки за допомогою піпетки рівномірно наносився молочний жир на довжину до 60 мм, так щоб на ній утворювалася плівка. молокопровідну вставку витримували 5 хвилин при температурі 36°C для досягнення міжфазної рівноваги системи «поверхня трубопроводу - молочний жир - повітря» і при кімнатній температурі протягом 5...6 хвилин до затвердіння плівки. Після цього в молокопровідну вставку поміщали пружну пробку і визначали зусилля F_2 , необхідне для переміщення її по поверхні, забрудненої молочним жиром. Питомий опір зрізання знаходили по формулі

$$F_e^{уд} = \frac{F_2 - F_1}{2\pi RL}, \quad (3.4)$$

де R — радіус молокопровідної вставки, м;

L — довжина забрудненої поверхні, м.

Обробка експериментальних даних проводилася з використанням розподілу ймовірностей випадкової величини Стюдента, визначалося попереднім розрахунками по відомій у науково-методичній літературі формулі:

$$n = \frac{t^2 \sigma^2}{\delta^2}, \quad (3.5)$$

де t – функція, яка визначається по відомим таблицям [29, 83];

z - нормальна випадкова величина;

e - основа натуральних логарифмів;

σ - середнє квадратичне відхилення;

δ - точність оцінки випадкової величини.

Задавалися надійністю оцінки $v=0,95$ у дослідженнях сільськогосподарських машин і обладнання, по таблицях залежності $v = 2\Phi(t)$ визначили $\Phi(t) = 0,475$, тоді $t=1,96$.

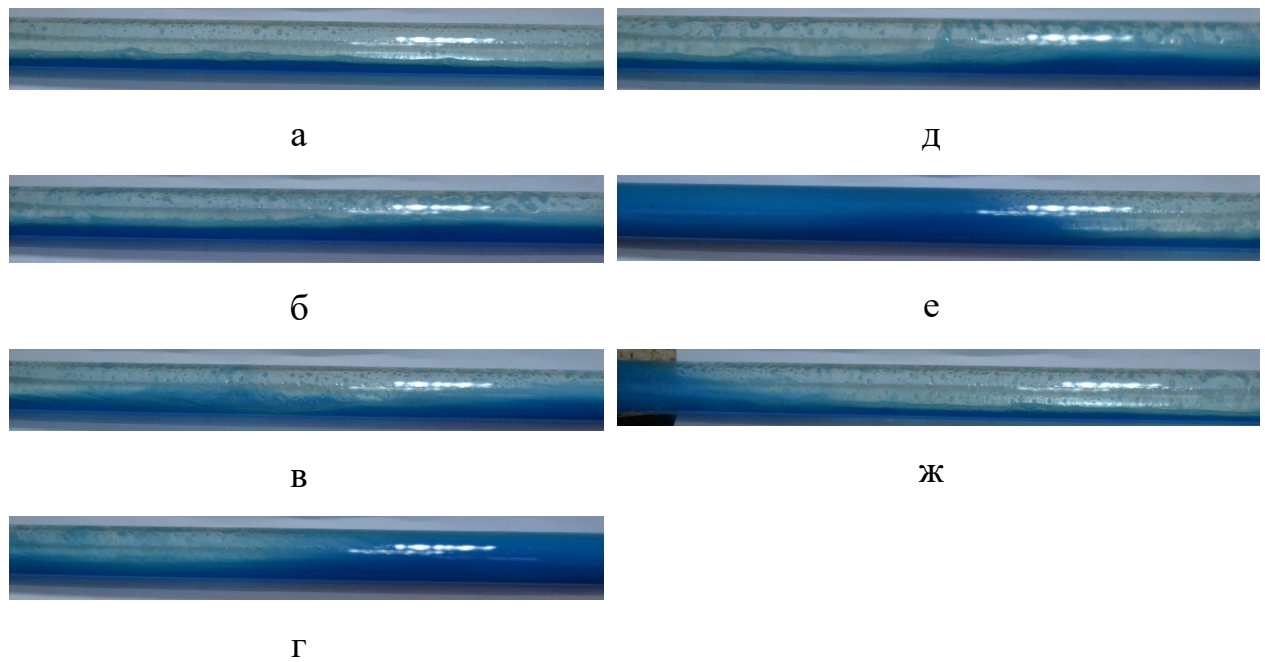
Точність оцінки випадкової вимірюваної величини визначали з урахуванням погрішності використовуваних приладів (1...5% від математичного очікування вимірюваної величини a).

Для обробки експериментальних даних використовувався ПК. Побудова графіків і діаграм проводилася з використанням програм Excel.

3.4 Обґрунтування режимів руху миючої рідини в молокопроводі

Пробковий режим руху миючого розчину здійснює змочування всього периметра трубопроводу й достатньо інтенсивний швидкісний напір рідини й газу, що сприяють відмиванню часток забруднень у загальний потік і подальшому дробленню цих забруднень. Визначенню раціональних параметрів пневмопристрою необхідний вид, що забезпечує, руху миючої рідини й посилення впливу потоку на забруднення присвячені наступні розділи справжньої роботи.

Таким чином, при пульсуючій подачі повітря в молокопровід по пропонуваній нами схемі згідно рис. 1.11 частота разових подач його (або частота пульсів пристрою для введення повітря в молокопровід) повинна бути не нижче 0,33...0,5 Гц (20...30 пульсів у хвилину). Витрата повітря за кожний цикл повинен скласти 1...5 витрат рідини, тобто від 0,5 до 8 літрів.



Таблиця 3.1 - Залежність форми руху суміші в трубопроводі від величини її об'ємного газотримання

Форма руху	Швидкість потоку, м/с	Газотримання, β
Із суцільним наповненням трубопроводу	0...0,25	0...0,05
Пробкове з піноутворенням за пробкою	0,08...0,45	0,05...0,7
Розділене	0,15...0,7	0,15...0,8
Пробкове з піноутворенням на всій границі розділу	0,35...1,5	0,4...0,85
Хвильове	0,95...1,5	0,7...0,9
Пробкове	1,2...1,6	0,8...0,9
Емульсійне	1,5...2,3	0,85...0,95

Таким чином, при пульсуючій подачі повітря в молокопровід по пропонуваній нами схемі згідно рис. 1.11 частота разових подач його (або частота пульсів пристрою для введення повітря в молокопровід) повинна бути не нижче 0,33...0,5 Гц (20...30 пульсів у хвилину). Витрата повітря за кожний цикл повинен скласти 1...5 витрат рідини, тобто від 0,5 до 8 літрів.

Тривалість впуску повітря в молокопровід залежить від застосовуваного пульсатора. За схемою рис. 1.11 запропоновано використовувати для цієї мети мембранний пульсатор від доїльного апарата «Волга». За даними І.Н. Краснова при числі пульсацій 20...30 у хвилину він має співвідношення тактів 62%:38%, що забезпечує подачу повітря в молокопровід протягом 62% часу однієї пульсації, а тривалість циркуляції без впуску повітря в молокопровід 38% від часу однієї пульсації. За цим даними тривалість періодів подачі повітря повинна перебувати в межах 1,86...1,24 із залежно від числа пульсацій (20...30 у хвилину), а тривалість періоду циклу без подачі повітря в молокопровід у межах 1,14...1,76 с.

На основі цих даних наступні експерименти по обґрунтуванню якості очищення молокопроводу проведені в пробковому режимі руху газорідної суміші з переривчастою подачею повітря в молокопровід із частотою 0,33 Гц і співвідношенням тактів впуску повітря в молокопровід до такту припинення подачі його 62%:38%.

Витрата повітря за один цикл роботи пристрою введення його в молокопровід за допомогою пульсопідсилювача становив у середньому 3 л. Секундна витрата його за час такту впуску становив 1 л/с, що забезпечувалося регулюванням крана 12 (рис. 1.11) за показниками газового лічильника, встановленого перед ним, або установкою в патрубок 10 шайби з каліброваним отвором діаметром 8,7 мм при діаметрі клапана пульсопідсилювача 15 мм.

3.5 Дослідження процесу роботи пульсопідсилювача для подачі повітря в молокопровід доїльних установок

У роботі пульсопідсилювача для подачі повітря в молокопровід найбільший інтерес представляє встановлення характеру зміни тисків у керуючій камері і визначення тривалості процесів між перемиканнями клапанів, які безпосередньо впливають на співвідношення між тактами пневмопристрою і витра-

тою повітря в молокопроводі. Характер зміни тисків у керуючій камері пульсопідсилювача визначався за допомогою датчика тиску, розташованого в протоці цієї камери. На рис. 3.8 приведено загальний вид осцилограми зміни тиску в керуючій камері пульсопідсилювача, а на рис 3.9 фрагмент її обробки.

У дослідях використаний пульсопідсилювач на базі колектора доїльного апарата «Волга» з діаметрами мембрани 40 мм, верхнього клапана 20 мм і нижнього - 15 мм. По рис. 3.8 видно, що в керуючій камері пульсатора при його роботі тиск не досягає робочої величини вакууму і атмосферного тиску, а пульсує в межах, близьких до них. При перемиканні клапанів пульсатора в точках *m* і *n* спостерігається деякий «стрибок» тисків за рахунок порівняно різкої зміни місткості керуючої камери пульсатора.

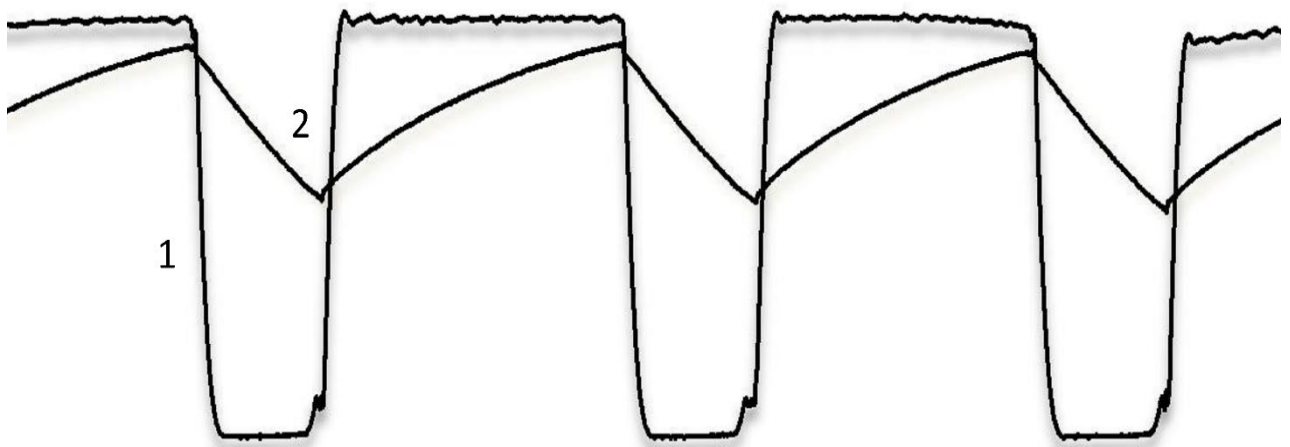


Рисунок 3.8 - Осцилограма зміни тисків у керуючих камерах пульсопідсилювача (1) і пульсатора (2) при 20 пульсаціях у хвилину і робочій глибині вакууму 50 кПа.

Відкачка повітря з керуючої камери пульсопідсилювача і наповнення її повітрям атмосферного тиску відбувається синхронно з керуючою камерою пульсатора. Початок і кінець цих процесів у пневмоприводі пульсопідсилювача збігаються з моментами перемикання клапанів пульсатора *m* і *n*. У точці *a* починається процес витікання повітря з керуючої камери пульсопідсилювача. У точці *b* клапани пульсопідсилювача перемикаються: верхній закривається, а

нижній відкривається і починається подача повітря в молокопровід для підтримки необхідного режиму руху газорідинної суміші.

У цей момент повітря атмосферного тиску, що входить у молокопровід з пульсопідсилювача, суттєво змінює величину вакууму в ньому, у зв'язку із чим на осцилограмах записи тисків у досліджуваних камерах пульсатора і пульсопідсилювача спостерігаються коливання тисків, що тривають до точки *к*. Поступово повітря витікає з керуючої камери пульсопідсилювача і у точці *с* цей процес завершується. У загальній сукупності тривалість його забирає час t_{2n} .

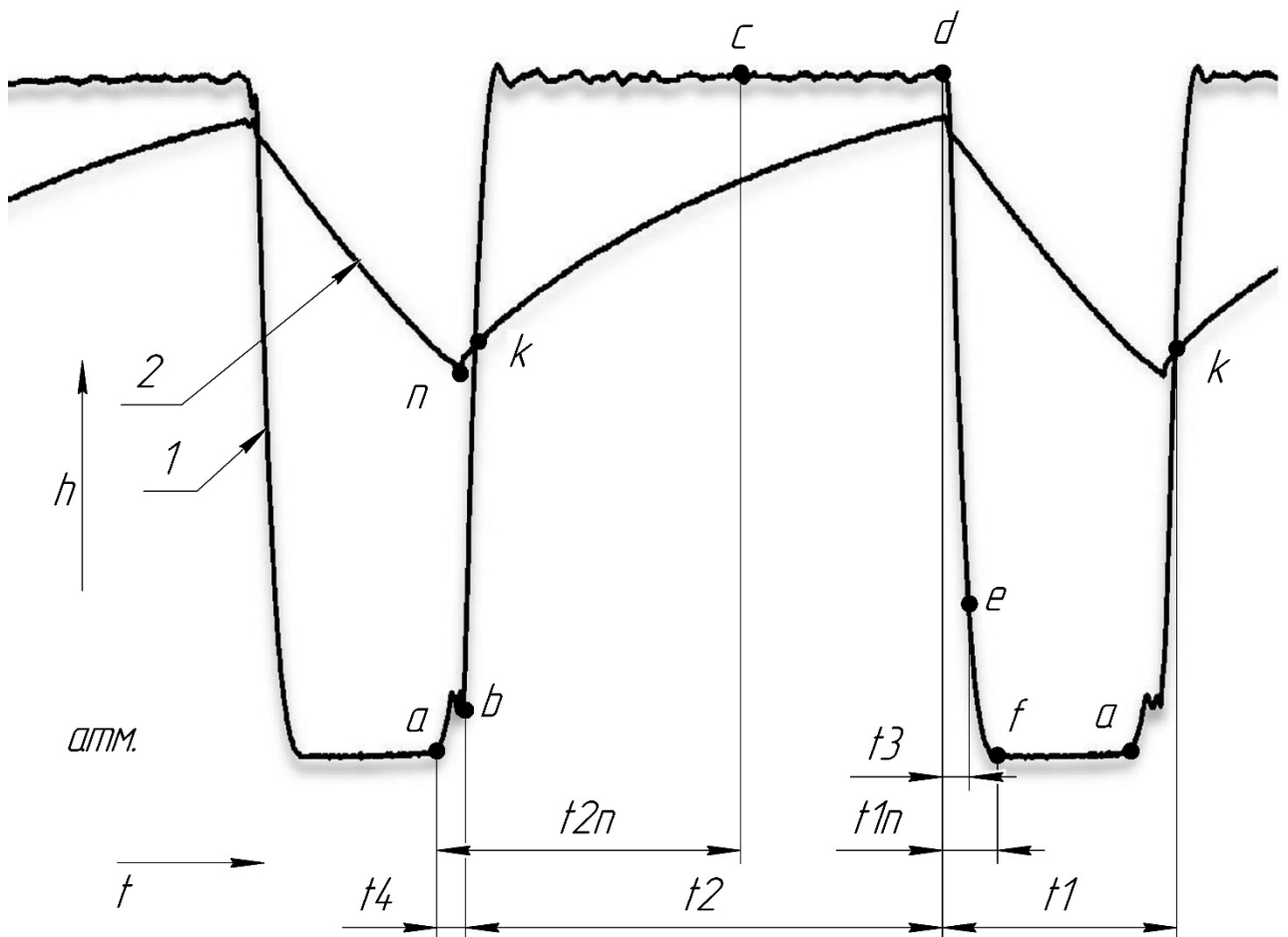


Рисунок 3.9 - Фрагмент обробки осцилограми роботи пневмопристрою: 1 і 2 - криві записи тисків у керуючих камерах пульсопідсилювача і пульсатора

У точці d клапани пульсатора знову перемикаються, і в керуючу камеру пульсопідсилювача починає надходити повітря атмосферного тиску. При наповненні повітрям тиск у ній збільшується, і в точці e клапани пульсопідсилювача перемикаються, подача повітря в молокопровід з пульсопідсилювача припиняється. Такт подачі його в молокопровід триває протягом часу t_2 . Наповнення керуючої камери пульсопідсилювача продовжується до точки f , коли тиск у ній досягає атмосферного.

У точці g , як і a , клапани пульсатора знову перемикаються, повітря витікає з керуючої камери пульсопідсилювача, і процеси повторюються. Протягом часу t_1 повітря атмосферного тиску в молокопровід не подається, утворюючи тим самим тимчасові інтервали між сусідніми «пробками» газу в ньому.

У ході досліджень процесу роботи пульсопідсилювача (рис. 3.9) отримані залежності часу витікання і наповнення його керуючої камери від її місткості. Зі збільшенням об'єму даної камери пульсопідсилювача абсолютні значення часу витікання і наповнення її повітрям збільшуються.

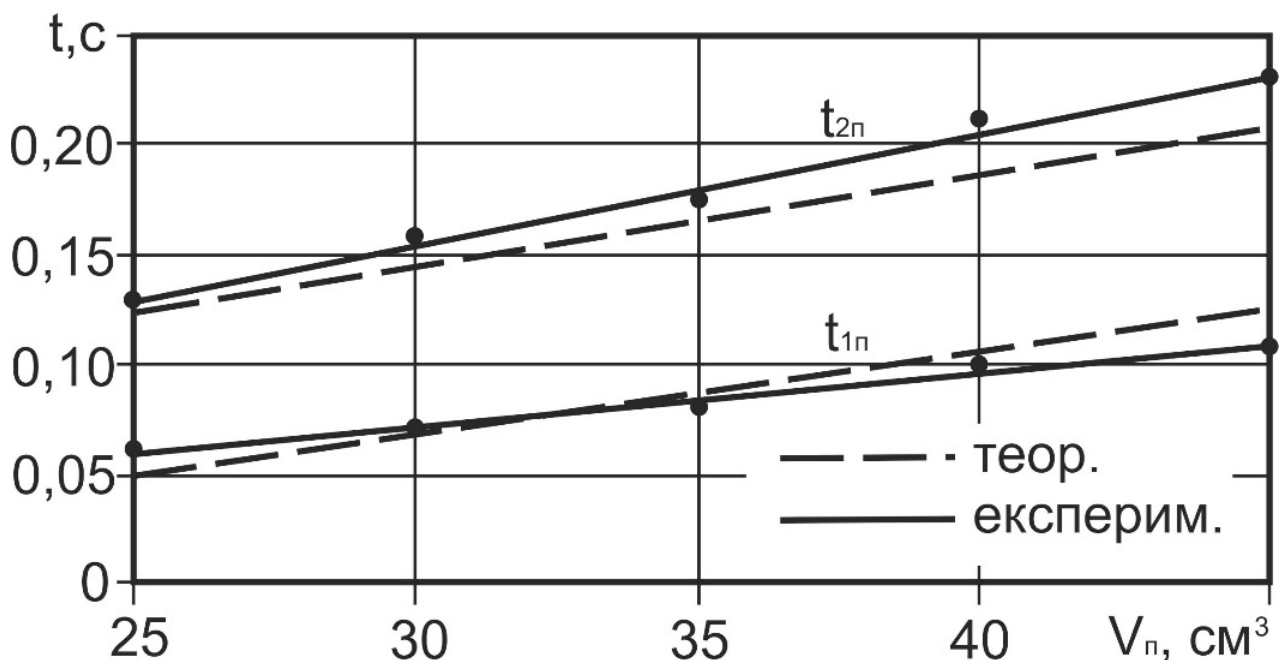


Рисунок 3.10 - Залежність часу витікання і наповнення повітрям керуючої камери пульсопідсилювача від її об'єму

За даними рис. 3.9 видно, що збільшення часу перехідних процесів прямо пропорційне збільшенню об'єму керуючої камери при тому самому діаметрі шланга (5 мм) її пневмопривода і його довжині (30 см). Значне зменшення об'єму викликає скорочення тривалості перехідних процесів, і деякий перерозподіл їх співвідношення через різний ступінь зменшення проміжків часу t_3 і t_4 між моментами перемикання клапанів пульсатора і клапанів пульсопідсилувача. Доцільно об'єм керуючої камери пульсопідсилувача приймати не більш 45 см^3 з метою економії витрати повітря на її привід. Зі збільшенням частоти пульсацій тривалість перехідних процесів у керуючій камері пульсопідсилувача залишається постійною, однак їх відносна тривалість у межах одного циклу роботи пульсопідсилувача різна (рис. 3.10). Ріст частоти пульсацій веде до зниження відносної тривалості часу витікання повітря з керуючої камери пульсопідсилувача. При цьому відносна тривалість часу наповнення її повітрям атмосферного тиску збільшується.

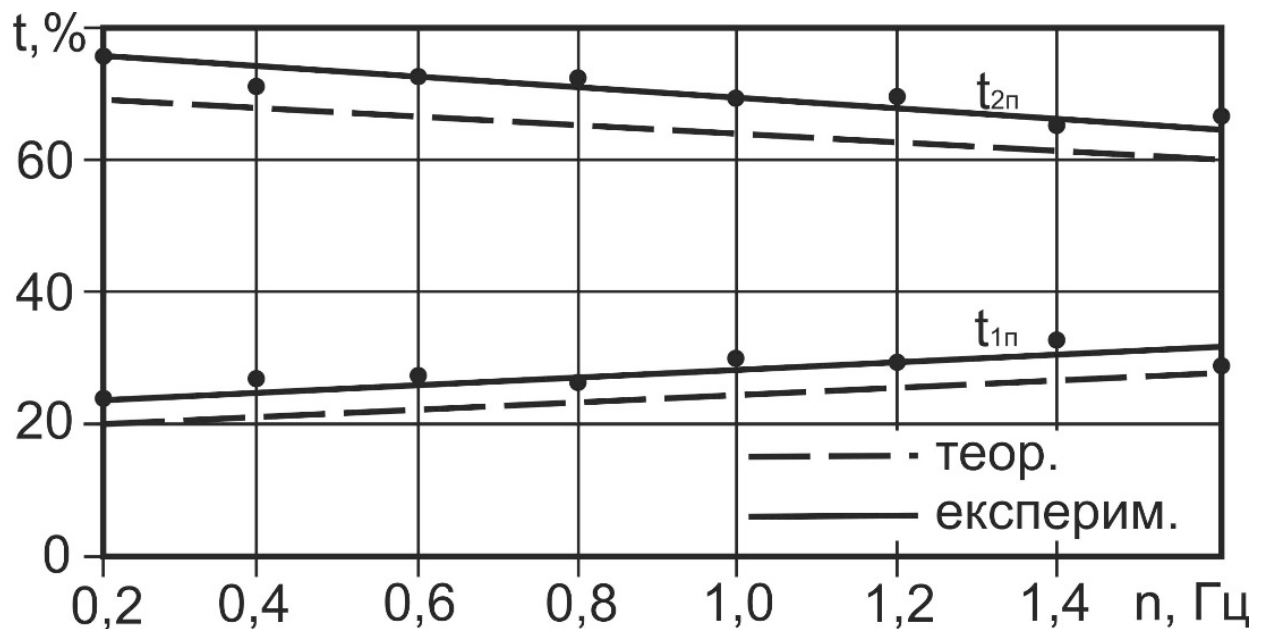


Рисунок 3.11 - Залежність відносної тривалості перехідних процесів у керуючій камері пульсопідсилувача від частоти пульсацій

Так як підвищення частоти пульсацій скорочує тривалість тактів $t_{1п}$ і $t_{2п}$ у пневмоприводі клапанів пульсопідсилювача, то при частотах більш 2 Гц повітря не встигає повністю витікати з керуючої камери пульсопідсилювача, клапани його не перемикаються і процес подачі повітря у трубопровід, що промивається, порушується, а, отже, швидкість газорідного потоку зменшується, і режим його руху змінюється, що негативно позначається на якості промивання молокопроводу.

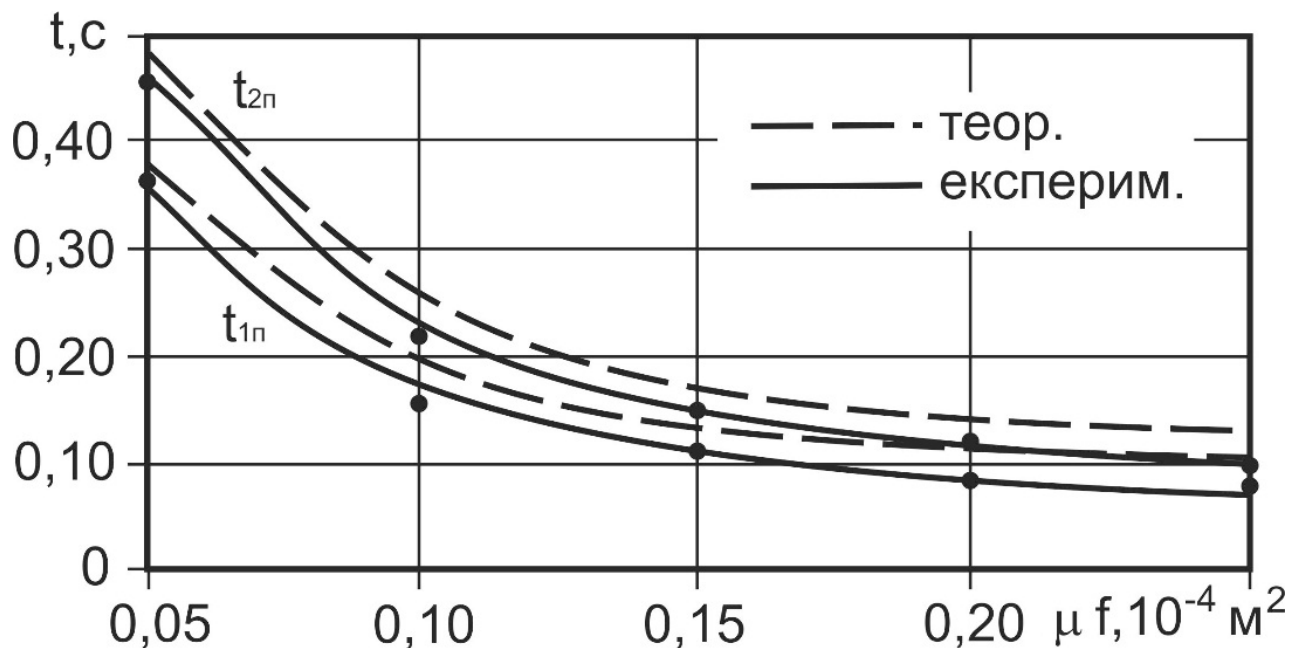


Рисунок 3.12 - Залежність тривалості перехідних процесів у керуючій камері пульсопідсилювача від μf

Поряд із частотою пульсацій істотний вплив на тривалість перехідних процесів у пневмоприводі пульсопідсилювача здійснює витратна характеристика лінії його привода - добуток μf , що характеризує пропускну здатність шланга і патрубків, що з'єднують пульсатор з керуючою камерою пульсопідсилювача. Зі збільшенням витратної характеристики лінії відсмоктування повітря з пульсопідсилювача, як видно із графіка на рис. 3.11, відбувається зниження тривалості перехідних процесів. Це зниження особливо помітне в межах $\mu f = (0,13 \dots 0,25) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. При низьких значеннях тривалості перехідних процесів

можливий достатньо різкий динамічний вплив на мембранно-клапанний механізм пульсопідсилювача, а конструкція системи пневмопривода його стає неефективною через збільшення діаметра повітропроводів.

Отримані дані по динаміці пневмопривода пульсопідсилювача досить близькі до теоретичних, що свідчить про вірогідність прийнятих раніше допущень.

3.6 Результати досліджень режимів руху пружних пробок у молокопроводі

Рух пробки в молокопроводі супроводжується тертям її по змоченій поверхні молокопроводу і витратами енергії на переміщення рідини перед пробкою. Перепад тисків на торцях пробки в молокопроводі повинен бути достатнім для подолання цих сил опору без втрати середньої швидкості руху газорідинної суміші. Це досягається дроселюванням впуску повітря в молокопровід під час руху пробки отворами камери III атмосферного тиску пульсатора 1, що управляє роботою автомата подачі пружних пробок (рис. 1.12).

Тривалість руху пружної пробки разом з газорідинним мийчим розчином залежить від довжини молокопроводу. Для корівників на 200 голів згідно з типовими проектами із центральним розташуванням молочної ця довжина не перевищує 125 метрів. При рекомендованих швидкостях мийки молокопроводу 2...3 м/с тривалість руху пробки в ньому повинна становити 40...60 с, тобто приблизно один раз у хвилину.

Подача пружних пробок у молокопровід доцільна в перші хвилини мийки його, коли на його поверхні перебувають забруднювачі. Надалі їхня подача може бути відключена, наприклад, перекриттям молокопроводу в місці введення повітря атмосферного тиску поршнем, роль якого може виконувати притискна пластина б по рис. 1.12.

Таблиця 3.2 - Залежність якості мийки молокопроводу від кількості циклів руху в ньому пружних поролонових пробок

Тривалість мийки, хв	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість пробок	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Світлопроникність	82	84	86	88	90	92	94	95	96	96

Перевірка інтенсивності очищення молокопроводу із застосуванням пружних пробок з поролону наведена на фрагменті молокопроводу при швидкості їх руху 2 м/с. При одній і тій же ступені забруднення молокопроводу, визначалася якість мийки досліджуваної ділянки після проходження 1 пробки, 2-ої, 3-ої, ..., 9-ої і 10-ої пробок з інтервалами руху їх на цій ділянці 60 с. Результати експериментів по якості очищення молокопроводу при цьому наведено в таблиці 3.2. Дані цієї таблиці показують, що очищення молокопроводу можна вважати достатньою вже після проходження через нього чотирьох пружних пробок з інтервалом між ними в одну хвилину. Коефіцієнт світлопроникнення при цьому становив відповідно 88%. Це дозволяє рекомендувати ємність магазину для пружних пробок в автоматі їх уведення в молокопровід рівній 5-ти, циклічність їх пуску - одна у хвилину, а швидкість переміщення 2...3 м/с. Пульсатор пневмоприводу автомата повинен бути настроєний на цю частоту - 0,017 Гц.

3.6 Висновки

Отримані дані по динаміці пневмопривода досліджуваної системи близькі до теоретичних і в сукупності з витратними її характеристиками, а також характеристиками і властивостями використовуваних у ній матеріалів можуть бути покладені в основу розрахунків і проектування нових і удосконалюваних технологічних ліній циркуляційної мийки молокопроводів збільшеного діаметра.

4 Охорона праці

4.1 Охорона праці при роботі з системою промивки

В результаті обстеження експериментального зразка системи промивки доїльної установки було виявлені вузли, які потребують певної уваги з точки зору безпеки праці оператора (рисунок 4.1).

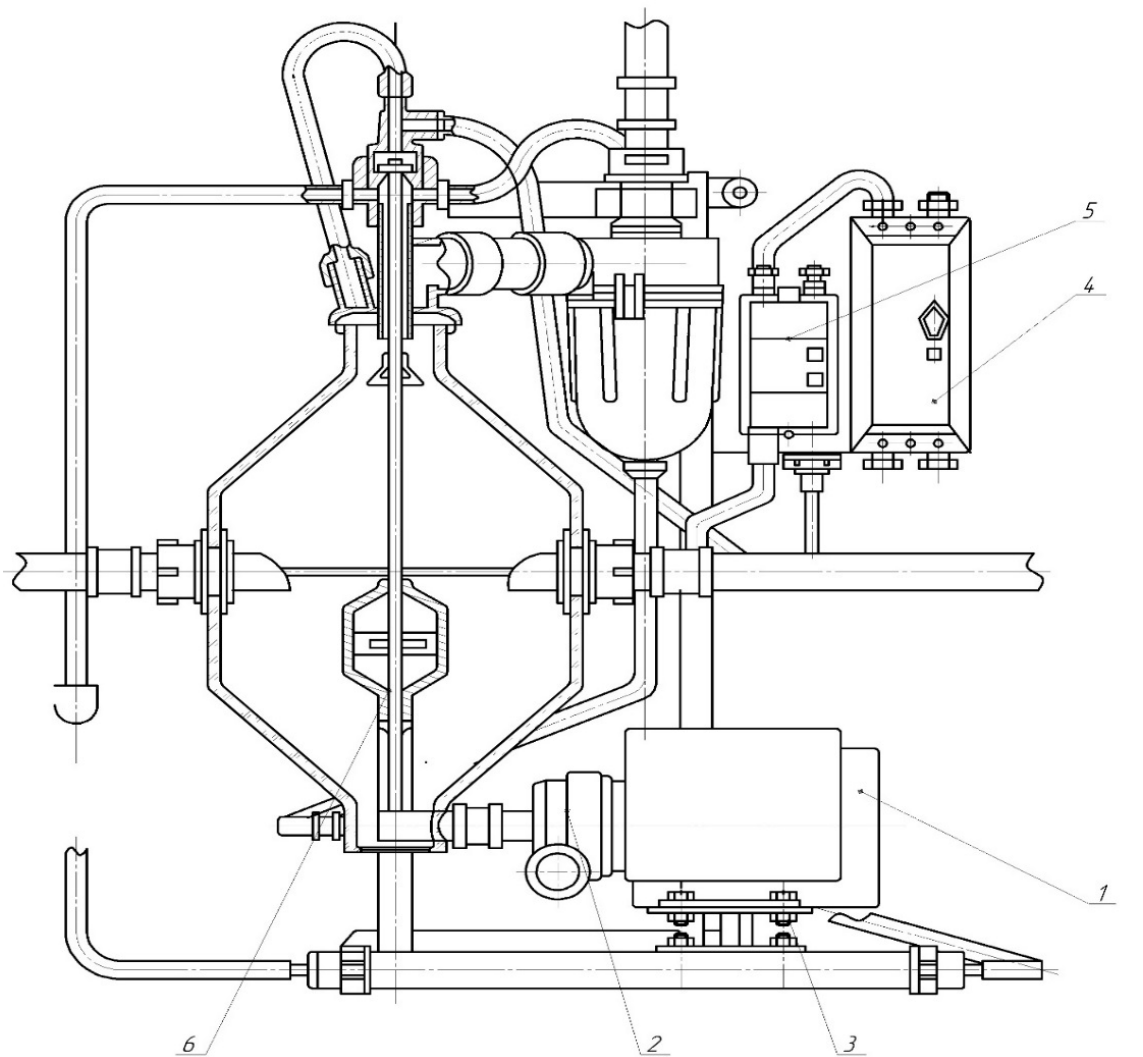


Рисунок 4.1 - Вузли, які потребують певної уваги з точки зору безпеки праці оператора: 1 – електродвигун; 2 – молочний насос; 3 – рама; 4 – електрошафа; 5 – блок керування насосом; 6 – датчик рівня

4.2 Розробка карти контролю показників безпеки доїльної установки

Карта контролю показників безпеки обладнання молочної лінійної доїльної установки приведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Карта контролю показників безпеки доїльної установки

№	Найменування вузла машини	Контролюючий показник, нормативні вимоги безпеки	Метод оцінки прилади, обладнання	Періодичність
1	Електродвигун	Відсутність бруду. Надійність кріплень. Справність заземлення. Надійність контактів з'єднання	Зовнішній огляд Випробування Огляд, випробування	□ ○ △
2	Привід молочногo насоса	Наявність захисних кожухів.	Зовнішній огляд	□
3	Рама	Надійність зварної конструкції	Випробування	○
4	Електрошафа	Відсутність пилу та бруду. Відсутність вологи. Справність заземлення.	Зовнішній огляд Випробування	□ ○
5	Блок керування насосом	Відсутність пилу, бруду, механічних пошкоджень. Надійність кріплень. Наявність та справність заземлення.	Зовнішній огляд Випробування	□ ○
6	Датчик рівня	Наявність та справність заземлення.	Зовнішній огляд Випробування	□ ○

Умовні позначення: ○ – щозмінний; □ – щомісячний; △ – сезонний (річний).

4.3 Інструкція з охорони праці при роботі з доїльною установкою

Інструкція з охорони праці при роботі з доїльною установкою включає в себе ряд заходів, спрямованих на забезпечення безпеки та здоров'я працівників під час цієї діяльності. Ось загальний перелік кроків та порад:

Ознайомлення з устаткуванням. Перед початком роботи працівники повинні бути повністю ознайомлені з доїльною установкою, включаючи правильний порядок включення/виключення, роботу всіх компонентів та процедури невідкладної зупинки.

Особистий захист. Використовуйте відповідний особистий захист, такий як рукавички, фартухи, і, за потреби, захисні окуляри чи маску.

Гігієна рук. Перед роботою та після неї мити руки з милом та використовувати антисептик.

Перевірка устаткування. Регулярно перевіряйте стан та функціональність доїльної установки. У разі виявлення будь-яких несправностей негайно повідомляйте відповідні служби або керівництво.

Освітлення та вентиляція. Переконайтеся, що робоче місце має достатнє освітлення та вентиляцію.

Безпека на підлозі. Уникайте створення ковзання або ковзання на підлозі, де можливо розливається рідина.

Вчасне обслуговування та технічне обслуговування. Стежте за графіком обслуговування та технічного обслуговування доїльної установки.

Навчання персоналу. Проводьте регулярні навчання працівників з правил безпеки при роботі з доїльною установкою.

Екстрені ситуації. Визначте місце та порядок дій у разі екстренних ситуацій, таких як виникнення пожежі чи втеча рідини.

Заборона використання неправильних матеріалів. Не використовуйте матеріали чи засоби догляду, які можуть забруднювати молоко чи становити загрозу для тварин і людей.

Забезпечення безпеки працівників та дотримання цих інструкцій допомагатиме уникнути травм та забезпечити ефективну та безпечну роботу з доільною установкою.

4.4 Порядок дій у випадку надзвичайної ситуації

Під час хімічної загрози важливо дотримуватися специфічних заходів безпеки для забезпечення власного захисту. Ось загальний порядок дій:

Виявлення загрози. Реагуйте на будь-які підозрілі ознаки хімічної загрози, такі як неприродний запах, дим, дивний колір або дивний вигляд речовини.

Безпека. Зберігайте безпечну відстань від джерела загрози. Уникайте вдихання або контакту з можливо забрудненим повітрям, рідинами або твердими речовинами.

Виклик допомоги. Негайно викликайте екстрену допомогу (пожежну службу, медичну допомогу) та повідомте про характер загрози.

Евакуація. Якщо це можливо, віддаліться від зони загрози. Стежте за офіційними повідомленнями та інструкціями влади.

Захист дихальних шляхів. Використовуйте доступні захисні засоби для дихання (респіратори, маски). Намагайтеся залишити обличчя закритим і уникаєте вдихання забрудненого повітря.

Захист шкіри. Одягніть захисний одяг, такий як костюми для хімічного захисту або інші захисні обладнання.

Дезінфекція. Уникайте контакту з рідиною або твердою речовиною. Дезінфекція обладнання після хімічного ураження важлива для забезпечення безпеки та запобігання подальшому розповсюдженню забруднюючих речовин.

Якщо шкіра або одяг забруднилися, негайно дезінфікуйте або знімайте захисний одяг та промивайте шкіру водою.

4.5 Висновки

Базуючись на нормативній документації та згідно вимог охорони праці нами проведено обстеження удосконаленої системи промивки лінійної доїльної установки, встановлена дія небезпечних та шкідливих факторів оператора. Для їх уникнення запропоновано відповідні заходи. Для удосконаленої доїльної установки складена карта контролю показників безпеки.

5 Техніко-економічна оцінка розробленої системи промивки

5.1 Вихідні дані

Економічну оцінку удосконаленої системи промивки проведемо при її застосуванні в складі доїльної установки УДМ-100, розрахованої на доїння 100 корів. Згідно отриманих у попередніх розділів результатів для забезпечення промивки її тривалість складе 20 хв., при цьому загальні витрати води - 200 л (табл. 4.3).

Для базового варіанту – 30 хв та 280 л відповідно. Таким чином, економія експлуатаційних витрат досягається за рахунок зменшення часу роботи обладнання та витрат, пов'язаних з нагрівом води. Технічні характеристики доїльної установки УДМ-100 при стандартній та удосконаленій комплектації приведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Технічні характеристики установки УДМ-100

Показник	Варіанти	
	базовий	удосконалений
1	2	2
Номінальна кількість корів, що обслуговуються, гол	100	100
Кількість операторів, люд.	1	1
Кількість доїльних апаратів	12	12
Кількість вакуумних насосів, шт.	1	1
Марка вакуумної установки	УВУ-60/45А	УВУ-60/45А
Продуктивність вакуумного насоса, м ³ /год.	60	60

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
Встановлена потужність, кВт		
в т.ч.:		
- режим доїння	8,7	8,7
- режим промивки	12,7	11,6
Тривалість промивки, хв.	30	20
Витрати води на промивку, л	280	200
Температура мийного розчину, °С	70	70
Балансова вартість системи промивки, грн.	48560	65420

5.2 Розрахунок показників економічної ефективності

Порівнювати системи промивки (базову та удосконалену) будемо за операційними витратами, які включають до свого складу витрати на заробітну плату, витрати на енергоресурси, амортизаційні відрахування та витрати на ремонт і технічне обслуговування. Розрахунок даних показників виконаємо за методиками та рекомендаціями, приведеними в [51], а результати зведемо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Економічна ефективність застосування
удосконаленої системи промивки

ПОКАЗНИКИ	ВАРІАНТИ	
	базовий	удосконалений
1	2	3
1. Капітальні вкладення, грн.	48560	65420
2. Кількість корів, що обслуговуються, гол	100	100

1	2	3
3. Встановлена потужність, кВт		
в т.ч.:		
- режим доїння	8,7	8,7
- режим промивки	12,7	11,6
4. Річні експлуатаційні витрати, грн.	225886,45	213827,8
в т.ч.: витрати на електроенергію	78018,75	72401,4
витрати на ТО та ремонт	3884,8	5233,6
витрати на амортизацію	4370,4	5887,8
витрати на заробітну платню	139612,5	130305
5. Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	12058,65
6. Ступінь зниження експлуатаційних витрат, %	-	5,3
7. Термін окупності капітальних вкладень, років	-	1,4

5.3 Висновки

Порівнюючи економічні показники обох варіантів (згідно з таблицею 5.2), видно, що впровадження удосконаленої системи промивки в складі доїльної установки УДМ для обладнання на 100 корів є економічно обґрунтованим. Строк окупності в такому випадку складає 1,4 року.

Загальні висновки

1. В результаті аналізу стану питання у якості робочої гіпотези досліджень висунуте припущення про те, що технологічний процес очищення молокопроводу від забруднень можливо інтенсифікувати шляхом посилення пульсацій потоку миючої рідини періодичною подачею в молокопровід повітря атмосферного тиску, а також механічним очищенням внутрішньої поверхні труб за допомогою пружних пробок, що вводяться в молокопровід автоматично через певні проміжки часу;

2. Забруднення на внутрішній поверхні молокопроводу доїльних установок класифікуються за ступенем зв'язаності з нею жирових кульок, відділення яких під дією енергії потоку миючого розчину залежить від міжфазної енергії на границі «молочний жир - миючий розчин», крайового кута змочування молокопроводу молочним жиром і збільшення площі контакту кожної жирової кульки з ним на шляху його зрушення при мийці.

3. Для інтенсифікації процесу очищення молокопроводу від забруднень доцільно в нього протягом фази циркуляційної мийки і дезинфекції періодично додатково подавати повітря атмосферного тиску і еластичні пробки для механічного чищення його внутрішньої поверхні.

4. Базуючись на нормативній документації та згідно вимог охорони праці нами проведено обстеження удосконаленої системи промивки лінійної доїльної установки, встановлена дія небезпечних та шкідливих факторів оператора. Для їх уникнення запропоновано відповідні заходи. Для удосконаленої доїльної установки складена карта контролю показників безпеки.

5. Порівнюючи економічні показники обох варіантів (згідно з таблицею 5.2), видно, що впровадження удосконаленої системи промивки в складі доїльної установки УДМ для обладнання на 100 корів є економічно обґрунтованим. Строк окупності в такому випадку складає 1,4 року.

Бібліографія

1. ДСТУ 3662-97. (1997). Молоко коров'яче незбиране. Вимоги до закупівлі. К.: Держспоживстандарт України.
2. ДСТУ 3662:2018. (2019). Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови. К.: ДП «УкрНДНЦ».
3. Демчук, М., Войтюк, Л. (2007). Гігієна доїння корів та якість молока. Ветеринарна медицина України. № 4. С. 40–42.
4. Касянчук, В., Бергилевич, О., Крижанівський, Я. (2006). Організація ветеринарно-санітарного контролю виробництва молока коров'ячого на фермі відповідно до вимог СОТ. Ветеринарна медицина України. № 7. С. 38.
5. Крижанівський, Я. (2008). Санітарно-гігієнічні нормативи технології одержання молока. Ветеринарна медицина України. № 2. С. 45–46
6. Котелевич, В. А., Згозінська, О. А. (2014). Ветеринарно-санітарна оцінка молока, отриманого від корів у Дослідному господарстві «Городецьке», Володимирецького району, Рівненської області. Науково-технічний бюлетень НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК. Т.2. № 3. С.106–110.
7. Дудін, В. Ю., Тимощенко, А. М. (2016). Системи промивки доїльних установок. Materiały XII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Kluczowe aspekty naukowej działalności – 2016» Volume 8. Matematyka. Fizyka. Budownictwo i architektura. Rolnictwo. Techniczne nauki.: Przemysł. Nauka i studia. Str. 33–35.
8. Палій, А. П. (2015). Встановлення чинників, які впливають на процес промивання молокопроводу. Вісник Полтавської державної аграрної академії. Полтава. № 1–2. С. 80–83. 162
9. Палій, А. П. (2014). Дослідження процесу промивання доїльних установок. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького. Львів. Т. 16. № 2 (59). Ч. 3. С. 156–161. (Серія «Вет. науки», «С.-г. науки»).

10. Фокіна, А. О. (2017). Гігієна доїння корів. Студентський науковий вісник [МНАУ]. 2017. Вип. 2 (10): Сільськогосподарські науки. С. 264–269.
11. Кривохижа, Є. М., Жукорський, О. М., Никифорок, О. В., Лесик, О. Б. (2016). Екологічні ризики проведення санітарної обробки доїльно-молочного обладнання у особистих селянських господарствах. Розведення і генетика тварин. № 51. С. 310–318.
12. Крижанівський, Я. Й. (2004). Методичні підходи до визначення бактеріологічних нормативів ефективності технологій одержання молока. Ветеринарна біотехнологія. Бюл. № 4. С. 115–119.
13. ISO 3918. (2007). Milking machine installations – Vocabulary. Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization. 42 p.
14. ISO 5707. (2007). Milking machine installations – Construction and performance. Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization. 52 p.
15. ISO 6690. (2007). Milking machine installations – Mechanical tests. Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization. 46 p.
16. Шевченко, І. А., Алієв, Е. Б. (2013). Науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок. Запоріжжя: Акцент Інвест-трейд. 156 с. ISBN 978-966-2602-41-VIII.
17. Линник Ю. Шляхи усунення дестабілізації вакуумного режиму доїльних установок. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. ДНУ УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке, 2014. № 18 (32). С. 278–283. 163
18. Дмитрів, В. Т. (2016). Механіко-технологічні основи підвищення ефективності доїльних установок. Дис. ... д-ра техн.наук. Глеваха. 467 с.
19. Москаленко С., Ліщинский С. (2010). Методика комплексної оцінки ефективної експлуатації доїльних установок. Техніка і технологія АПК. № 8 (11). УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. С. 29–31.

20. Фененко, А. І. (1997). Техніко-технологічні аспекти удосконаленнямолоковакуумних систем доїльних установок: дис. доктора техн. наук: 05.20.01. Глевах: ІМЕСГ УААН. 358 с.
21. Фененко, А. І. (2008). Техніко-технологічні параметри біотехнічної ланки «машина-тварина» процесу виробництва молока. Молочное дело. № 3. С. 50–51.
22. Хмельовський, В. С., Павленко, С. І., Линник, Ю. О., Дудін, В. Ю., Алієв, Е. Б. (2017). Механіко-технологічні основи використання вакуумних насосів доїльних установок: монографія. К. : ЦП "Компринт". 177 с. ISBN 978-966-929-645-0.
23. Дмитрів, В. Т. (2008). Основи теорії машиновикористання в тваринництві б. [для студ. вищ. навч. закл.]. Львів : Афіша. 260 с. 164
24. Dmytriv, V. (2007). Dynamic characteristics of hydropneumatic milking systems. Zbornik radova: proceedings. Opatija, Croatia. February 13–16. P. 332-335.
25. Луценко, М., Зволейко, Д. (2012). Дослідження процесу доїння корів у спеціалізованих доїльних залах. Техніка і технології АПК. № 9 (36). С. 31–34.
26. Палій, А. П. (2014). Дослідження процесу очищення доїльних установок різного типу після доїння. Науково-технічний бюллетень. НААН, Інст тваринництва. Харків. № 112. С. 109–114.
27. Патент на корисну модель UA 110859 U, МПК А01J 7/02 (2006.01) Пристрій для промивання молокопровідних систем доїльних установок. Палій А. П.; заявник Палій А. П. № u 2016 03632; заявл. 05.04.2016; опубл. 25.10.2016, Бюл. № 20, 2016 р.
28. Палій, А. П. (2016). Контроль очищення молокопровідної лінії на основі технологічних інновацій. Вісник аграрної науки. № 10. С. 26–29.
29. Палій, А. (2015). Технологічні інновації у визначенні чистоти доїльного обладнання. Тваринництво України. № 9. С. 5–8. 72. Патент на корисну

модель UA 62161 U, МПК A01J 7/00. Пристрій для визначення санітарно-гігієнічного стану доїльного обладнання. Палій А.П., Палій А.П., Шепетко Ю.В. № u201102231; Заявл. 25.02.2011; Опубл. 10.08.2011 Бюл. № 15, 2011.

30. Палій, А. П. (2016) Оцінювання чистоти зовнішньої поверхні доїльнотомолочного устаткування. Вісник аграрної науки Причорномор'я : міжвідом. темат. наук. зб. Миколаїв. нац. аграр. ун-т. Миколаїв. Вип. 1 (88). С. 118–124.

31. Пат. на корисну модель № 113770 UA, МПК A01J7/00, A01J7/02. Стенд для дослідження чистоти промивання молокопроводу доїльних установок. А. П. Палій. № u 201608959; заявл. 22.08.2016; опубл. 10.02.2017; Бюл. № 3. 168

32. Пат. № 94570, Україна C11D 7/00. Кислотний мийно-дезінфікуючий засіб «ТДС» для санітарної обробки доїльного устаткування та молочного інвентарю. Є. М. Кривохижа, Н. Ф. Моткалюк, М. Д. Кухтин, Ю. Б. Перкій, М. М. Карпенко; заявник і патентовласник Тернопільська дослідна станція Інституту ветеринарної медицини НААН. № 201403445; заявл. 04.04.2014; опубл. 25.11.2014, Бюл. № 22.

33. Кривохижа, Є. М., Карпенко, М. М. (2014). Розробка критеріїв оцінки кислотних мийних засобів для санітарної обробки доїльного устаткування. Актуальні проблеми ветеринарної біотехнології та інфекційної патології тварин : матеріали науково-практичної конференції молодих вчених, 26 червня 2014 р. К. : Друк ЦП «КОМПРИНТ». С. 16–17.

34. Скляр, О. І., Скляр, І. О. (2015). Санітарно-гігієнічні показники молока за використання опс як дезінфектанту при переддоїльній санації вимені корів. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. Том 17. № 3 (63). С. 419–423.

35. Засекін, Д., Пушкова, А., Димко, Р. (2017). Сучасні вимоги до мийнодезінфікуючих засобів для санітарної обробки доїльного обладнання та молочного інвентаря. Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи : тези доповідей III Міжнародної науково-практичної

конференції пам'яті професора Петра Столярчука, Львів, 11–12 травня 2017 року. Львів: Видавництво Львівської політехніки. С. 74. 170

36. Жукорський, О. М., Кривохижа, Є. М. (2016). Оцінювання рівня надходження відпрацьованих розчинів мийно-дезінфікуючих засобів для доїльного устаткування на фермах у доквілля. Науково-технічний бюлетень. № 115. С. 75–82.

37. Жукорський, О. М., Кривохижа, Є. М. (2016). Регенерація і повторне використання розчинів лужних мийно-дезінфікуючих засобів для доїльних апаратів на тваринницьких фермах. Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 6-8 липня 2016 р. Київ : ДІА. С. 41–44.

38. Пушкар, Т. Д. (2014). Поліпшення санітарно-гігієнічних показників при дезінфекції молочно-доїльного обладнання при застосуванні озонових технологій. Аграрний вісник Причорномор'я. Сільськогосподарські науки. Вип. 71(2). С. 49–52.

39. Кухтин, М. Д., Перкій, Ю. Б., Бергілевич, О. М. (2015). Методичні рекомендації: санітарно-гігієнічні вимоги до технології доїння, первинної обробки, зберігання і транспортування молока коров'ячого сирого в молочних кооперативах. 17 с.

40. Кухтин, М. Д., Перкій, Ю. Б., Крушельницька, Н. В. (2013). Формування змішаних біоплівки мікроорганізмами, які виділені з доїльного устаткування та молока сирого. Ветеринарна медицина. Випуск 97. С. 442–443.

41. Mustaghfirin, M. A., Miyara, A., Aziz, A., Sugino, F. (2012), Uniformity of Twophase Flow Distribution in Curved Round Distributor, Proc. International 176 Conf. on Fluid Dynamics and Thermodynamics Technologies (FDTT 2012) 33, p. 76-81.

42. Paulo A.B. de Sampaio, Jose' L.H. Faccini, Jian Su. (2008). Modelling of stratified gas-liquid two-phase flow in horizontal circular pipes. P.A.B. de Sampaio et al. / International Journal of Heat and Mass Transfer 51. P. 2752–2761.

43. Okoye Obuora A. (2016). Evaluation Of Two Phase Flow Characteristics In A Pipeline: Homogenous Model Approach. International Journal of Scientific & Technology Research, Issue 7. P. 319–326.
44. Hernández-Pérez, V., Azzopardi, B. J. (2006), Effect of inclination on gasliquid flows. 10th Int. Conf. "Multiphase Flow in Industrial Plant, Tropea, Italy.
45. Nerea Herreras Omagogeascoa, Jon Izarra Labeaga. (2013). Two-Phase pipeflow simulations with OpenFoam: Master's Thesis. Norwegian University of Science and Technology, Department of Energy and Process Engineering,. 125 p.
46. Boran Zhang, Wuyi Wan, Mengshan Shi. (2018). Experimental and Numerical Simulation of Water Hammer in Gravitational Pipe Flow with Continuous Air Entrainment. Water, 10, 928. DOI:10.3390/w10070928
47. Coronado-Hernandez, O.E., Fuertes-Miquel, V.S., Besharat, M., Ramos, H.M. (2017). Experimental and Numerical Analysis of a Water Emptying Pipeline Using Different Air Valves. Water, 9, 98. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/w9020098>
48. Wan, W., Li, F. (2016). Sensitivity Analysis of Operational Time Differences for a Pump-Valve System on a Water Hammer Response. J. Press. Vess. Technol, 138, 011303. DOI: <http://dx.doi.org/10.1115/1.4031202>
49. Travas, V., Basara, S. (2015). A mixed MOC/FDM numerical formulation for hydraulic transients. Tehn. Vjesn.-Techn. Gazette, 22, 1141–1147
50. Бабин, І. А. (2019). Аналіз сучасних автоматичних способів промивання доїльних установок. Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК». Вінниця. 3 (106). С. 13–17.
51. ДСТУ 4397: 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 15 с.