

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

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня "Магістр"
на тему:
**Обґрунтування параметрів гідроінжекторів системи промивки
доїльних установок**

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

_____ Мельник Анастасія Олександрівна

Керівник: _____ Алієв Ельчин Бахтияр огли

Рецензент: _____ Яропуд Віталій Миколайович

Дніпро, 2021

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

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

МВІТ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2018 р.

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

Мельник Анастасії Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів гідроінжекторів системи промивки доїльних установок

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« ____ » _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі тваринництва та існуючих засобів доїння корів. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз сучасного стану проблеми та обґрунтування напрямків досліджень. 2. Теоретичні дослідження промивання молокопровідної лінії доїльної установки. 3. Програма і методика проведення експериментальних досліджень. 4. Результати експериментальних досліджень. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність застосування автоматичної системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок. Висновки. Список використаних джерел

5. Перелік демонстраційного матеріалу

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

_____ (підпис)

Мельник А.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Алієв Е.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

Мельник А.О. Обґрунтування параметрів гідроінжекторів системи промивки доїльних установок. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

Робота включає 5 розділів, вступ, висновки, бібліографічний список, зміст. В першому розділі «Аналіз сучасного стану проблеми та обґрунтування напрямків досліджень» проведено аналіз конструкцій систем промивання доїльних установок; визначено роль і значення промивання для отримання високоякісного молока; проведено аналіз режимних параметрів техніко-технологічного забезпечення промивання доїльних установок. В другому розділі «Теоретичні дослідження промивання молокопровідної лінії доїльної установки» досліджено адгезію між молочними відкладеннями і поверхнею молокопровідної лінії і розроблено модель гідроінжектора системи промивання. Третій розділ присвячено програмі та методиці експериментальних досліджень. В четвертому розділі приведені результати експериментальних досліджень: фотодатчика визначення забрудненості молокопровідної лінії і режимних параметрів роботи гідроінжектора. Частина з охорони праці, розглядає питання безпеки до доїльних установок і під час виконання технологічної операції доїння. В розділі 5 приведена техніко-економічна оцінка та показана економічна доцільність прийнятих рішень.

Ключові слова: молочно-доїльне обладнання, промивка, параметри, гідроінжектор, дослідження, ефективність

ЗМІСТ

Вступ	8
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
1.1 Роль і значення промивання для отримання високоякісного молока	9
1.2 Огляд систем промивання доїльних установок	11
1.3 Аналіз конструкцій систем промивання доїльних установок	13
1.4 Аналіз режимних параметрів техніко-технологічного забезпечення промивання доїльних установок	22
1.5 Висновки з розділу.....	24
1.6 Мета і завдання досліджень	24
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОМИВАННЯ МОЛОКОПРОВІДНОЇ ЛІНІЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ	26
2.1 Дослідження адгезії між молочними відкладеннями і поверхнею молокопровідної лінії	26
2.2 Модель гідроінжектора системи промивання	28
2.3 Висновки з розділу	33
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	39
3.1 Програма досліджень	35
3.2 Методика досліджень фотодатчика визначення забрудненості молокопровідної лінії	35
3.3 Методика експериментальних досліджень режимів роботи гідроінжектора системи промивання	40
3.4 Статистична обробка результатів досліджень	44
3.5 Висновки з розділу.....	47
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	49
4.1 Результати експериментальних досліджень фотодатчика	

визначення забрудненості молокопровідної лінії	48
4.2 Результати досліджень режимів роботи гідроінжектора	50
4.3 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми автоматичної система промивання молокопровідної лінії доїльних установок	55
4.4 Висновки з розділу.....	57
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
5.1 Поняття охорони праці і аналіз можливих чинників аварійних ситуацій	58
5.2 Аналіз процесу обслуговування насоса дозатора мийних розчинів для доїльних установок	58
5.3 Моделювання процесів виникнення травм при виконанні технологічного процесу	60
5.4 Заходи по попередженню травматизму і запобіганню нещасним випадкам на робочому місці оператора	65
5.5 Висновки з розділу.....	65
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПРОМИВАННЯ МОЛОКОПРОВІДНОЇ ЛІНІЇ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК	66
6.1 Методика розрахунку економічної ефективності	66
6.2 Результати розрахунку	68
6.3 Висновки з розділу.....	70
ВИСНОВКИ	71
Список використаних джерел	73

ВСТУП

Молоко грає найважливішу роль в раціоні харчування людини. У той же час молоко являє собою швидкопсувний продукт. Тому збереження якості молока завжди приділяли велике значення.

Серед показників якості молока, що визначають його технологічні властивості, як сировини, для подальшої його переробки найважливішим є бактеріальна забрудненість. Цей показник практично повністю залежить від двох зовнішніх чинників: санітарного стану доїльного обладнання та охолодження молока.

Молоко від вимені корови проходить через доїльні апарати, молокопровід, молокозбірник і, якщо санітарний стан доїльного обладнання незадовільний, то подальше охолодження забрудненого молока не дасть очікуваних результатів.

Велика частина експлуатованих доїльних установок вітчизняного виробництва не мають ефективних систем промивання. У цих умовах створення ефективної системи промивки набуває першочергового значення.

У 20-х роках минулого століття професором В. Мором, були вперше сформульовані фундаментальні технологічні вимоги до режимів промивки молочного обладнання, які використовуються і сьогодні.

Практика показала, що доцільно використовувати системи циркуляційної промивки з керованим корковим потоком газорідинної суміші. Тільки такий режим дозволяє ефективно промивати всі ділянки труби і забезпечувати можливість скорочення загальної витрати води за рахунок чергування рідинних і повітряних пробок.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Роль і значення промивання для отримання високоякісного молока

Новий стандарт ДСТУ 3662:2018 [1] містить властивості та технічні умови для здійснення закупівлі молока (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Вимоги якості молока

Назва, одиниця вимірювання	Ґатунки		
	екстра	вищий	перший
Кількість мезофільних мікроорганізмів), тис. КУО/см ³	< 100	< 300	< 500
Кількість соматичних клітин, тис/см ³	< 400	< 400	< 500

Рекін А. М. [2] відзначає, що молоко з дійки вимені виходить практично стерильним. В результаті проходження через молочно-доїльне обладнання відбувається зміна фізико-хімічного складу молока. Таким чином, просування молочної лінії призводить до бактеріального забруднення молока і до того моменту, як воно потрапляє в молокозбірник, воно вже формує певну мікрофлору. Його кількісний та якісний склад, змінюючись та розвиваючись з часом залежно від умов зберігання та транспортування молока, визначає санітарно-гігієнічні параметри сировини при передачі на переробку [3, 4, 5].

Зміни бактеріального забруднення молока під час його переміщення молочною лінією на основі усереднення даних Дегтярьова Г. П. [6], Березуцького В. І. [7], Котелевича В.А. [8], Цоя Ю.О. і Мамедової Р.А. [9] представлена на рис. 1.1.

Як зазначає Панін О.О., неякісне очищення доїльного обладнання та відсутність оперативних методів контролю якості промивання призводять до забруднення та накопичення відкладень на внутрішніх поверхнях молочних систем (рис. 1.2).

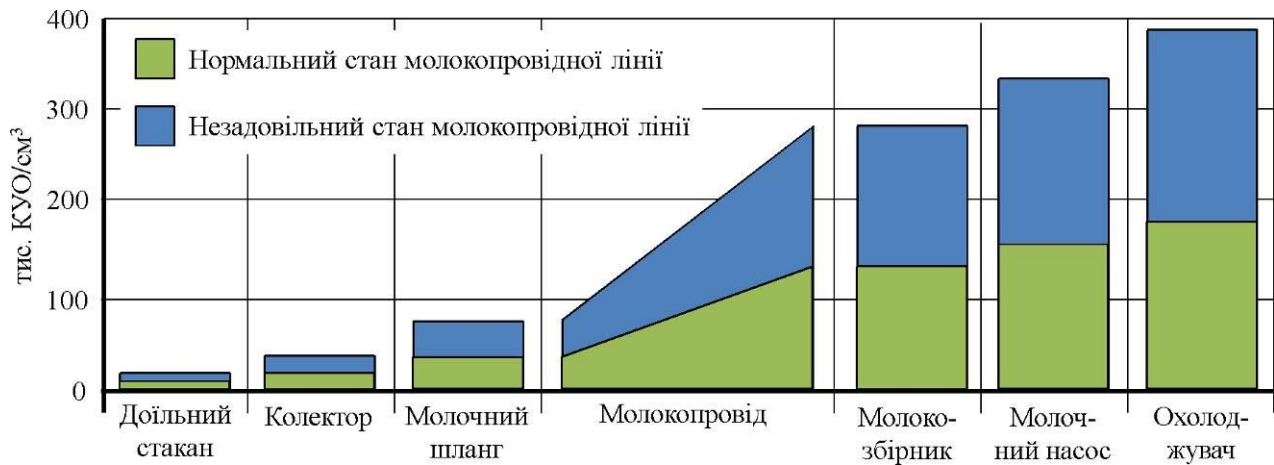


Рисунок 1.1 – Зміна бактеріального забруднення молока під час його руху молокопровідною лінією

Мікробне забруднення молока відбувається аж від доїння до переробки. Швидкість накопичення та динаміка розвитку певних видів мікроорганізмів залежить від санітарного стану молокопроводів, умов зберігання молока та температури [10].



Рисунок 1.2. – Фрагменти механічних забруднень на окремих ділянках молокопровідних систем

У разі недостатнього очищення і дезінфекції на поверхні молокопровідної лінії доїльної установки протягом короткого періоду часу (20–40 хв.) накопичуються молочні залишки, які є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів. Так, молочнокислі бактерії у подібних середовищах подвоюють

свою чисельність у середньому за 40 хв., бактерії групи кишкової палички – за 20 хв. при 30°C [11], тобто в ідеальних умовах в період між доїнням (9 год при дворазовому доїнні) чисельність мікрофлори зростає приблизно в 17 тис. разів. Бактерії, що залишаються після дезінфекції в кількості 2 % в середовищі ліпідо-протеїнових забруднень можуть відновити свою чисельність приблизно за 3,5 год [12, 13].

Якість молока і безпека його споживання значною мірою залежать від чистоти і стерильності молокопровідної лінії доїльної установки [14].

Зміни в складі молока, обумовлені метаболічною активністю мікроорганізмів, що характеризується появою смакових і ароматичних речовин, зміщення рН, зменшенням стабільності казеїну (знижена стабільність до тепла, спонтанне згортання) [15].

Зміна вихідних властивостей молока в результаті бактеріальних процесів можлива тільки при числі мікроорганізмів понад 100 тис. КУО/см³ і чітко проявляються при числі мікроорганізмів більше 500 тис. КУО/см³. Отже, велике значення має допустимий рівень різних груп мікроорганізмів в молоці [16].

Найважливішою операцією по догляду за молочною лінією доїльного залу та молочного обладнання є її промивання. Основним завданням миття доїльного обладнання є видалення з його внутрішньої поверхні, яка контактує з молоком, різних забруднень (залишків молока, бруду, скупчень бактерій та інших частинок і речовин). Більш того, молочна плівка та жир є не тільки сприятливим середовищем для швидкого розмноження бактерій, але й причиною передчасного зносу гумових деталей.

1.2 Огляд систем промивання доїльних установок

Системи примивки, якими комплектуються сучасні доїльні установки, можна класифікувати за способом проходження мийного розчину, за кратністю заповнення молокопровідної системи, за способом утворення пробкового потоку мийного розчину, за автоматизацією технологічного процесу (рис. 1.3).

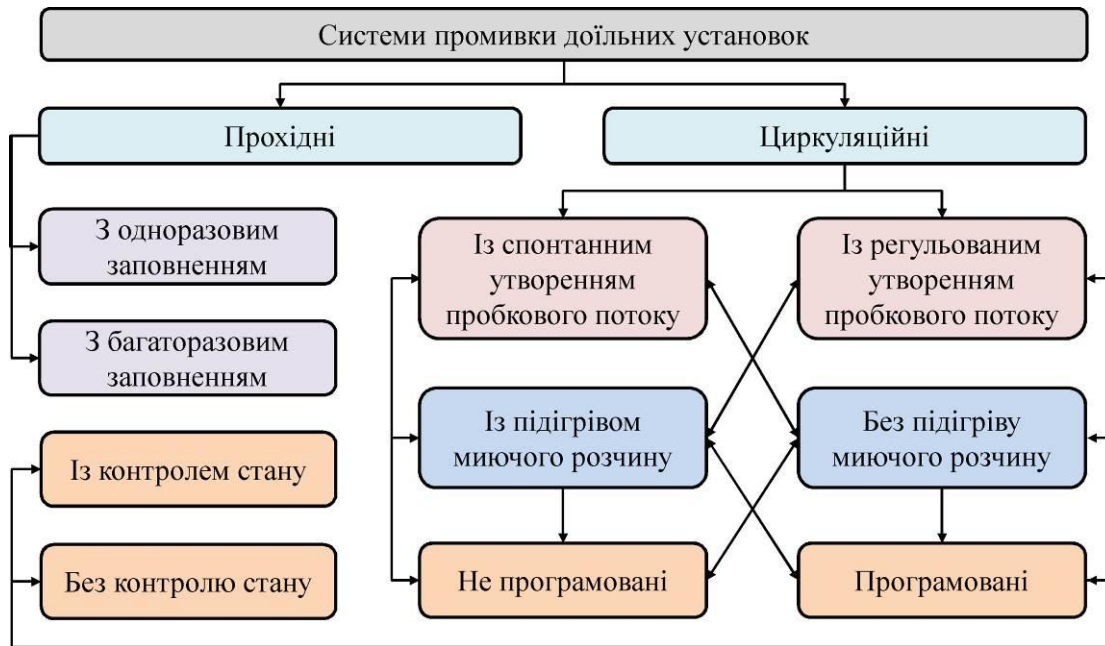


Рисунок 1.3 – Класифікація системи промивання доїльних установок

За способом пропускання миючого розчину існують наскрізні та циркуляційні системи для промивання доїльних установок. Наскрізний метод промивання доїльних установок використовується перед доїнням при промиванні систем подачі молока, а також при доїнні у відрі. Після доїння при виконанні технологічного процесу промивання доїльних установок молокопроводом (верхній або нижній) використовують циркуляційний метод [17].

За кратністю заповнення молокопровідної системи бувають системи промивання з одноразовим і багаторазовим заповненням. Системи промивання з багаторазовим заповненням використовують в основному на доїльних установках з невеликою протяжністю молокопровідних систем, для промивання яких не потрібна велика кількість води.

Для підвищення ефективності циркуляційної промивки використовуються системи із спонтанним та регульованим утворенням пробкового потоку миючого розчину. Останні забезпечують зменшення питомого споживання води, електроенергії, миючих та дезінфікуючих засобів.

Залежно від типу обладнання, що використовується для доїння, використовуються програмовані та непрограмовані системи мийки. Ці системи використовуються для автоматичного миття доїльного обладнання. Можливість програмування дозволяє встановити певні часові параметри системи мийки та адаптувати її до різних типів доїльних залів.

При митті доїльного обладнання використовуються системи з підігрівом та без нагрівання мийного розчину. Взимку переважно використовувати систему обігріву, яка дозволяє підтримувати температуру мийного розчину на необхідному рівні для ефективного миття доїльної зали.

Якщо існує програмована система управління, застосовуються спеціальні датчики, які визначають стан чистоти молочної лінії доїльної зали.

Під час миття доїльних апаратів майже в усіх мийних системах передбачено два варіанти миття підставок: з м'якими головками або мискамі для кожної доїльної чашки або загальним резервуаром, куди занурені доїльні чашки.

Однак сьогодні не приділяється уваги процесу миття окремих одиниць доїльних залів, таких як: групові та індивідуальні лічильники молока. Складність їх конструкцій призводить до поганого очищення внутрішніх поверхонь без повного розбирання та ручного миття елементів конструкції.

1.3 Аналіз конструкцій систем промивання доїльних установок

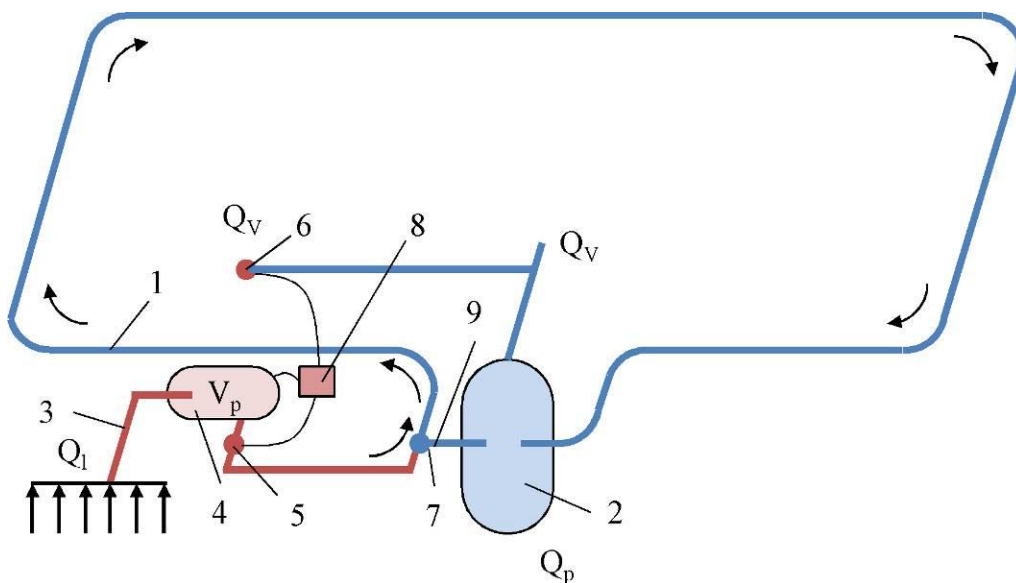
Дослідженням проблеми промивання молокопроводів доїльних установок присвячено багато робіт, зокрема А. М. Жмирко [18], А. І. Пунько [19], Р. А. Мамедова [20, 21, 22, 23, 24], А. С. Корольов [25], В. Б. Матвеев [26], А. П. Палій [27], D. J. Reinemann [28]

У своїй роботі А. М. Жмирко розглядає процес видалення частинок молочного жиру під дією сил дотичного тертя, що долають адгезійне зчеплення молочного жиру з поверхнею молокопроводної лінії. Вченими [29] більш повно проведені дослідження структури плівки молочних забруднень.

Кірсанов В. В. [30] у своїй роботі для створення пробкового режиму течії

рідини при промиванні пропонує спосіб промивання з попередньою акумуляцією мийної рідини в ємності, розташованій між промивним трубопроводом і молокопроводом (рис. 1.4).

Схема працює в такий спосіб: рідина під вакуумом засмоктується доїльними апаратами з пристрою промивання в промивний трубопровід 3 і далі надходить в резервуар 4, який підключений до вакууму через керований вентиль 6, при цьому нижній вентиль 5 закритий. Внаслідок заповнення резервуару на величину V_p спрацьовує верхній датчик рівня, при цьому клапан 6 закривається, а клапан 5 відкривається і рідина з великою швидкістю починає надходити у молокопровід. Оскільки розподільчий кран закритий, то основний потік спрямовується в закільцьований молокопровід, а менший (близько 5 %) надходить по шлангу 9 в молокозбірник 2. Як тільки рівень рідини впаде в резервуарі 4 до нижнього рівня, клапан 5 закривається, а клапан 6 відкривається. У баку 4 знову створюється розрідження і рідина з високою інтенсивністю засмоктується в нього. Молокопроводом рідина рухається під тиском з високою швидкістю при повністю заповненому перерізі труби. При цьому регульований об'єм рідини в баку V_p повинен приблизно дорівнювати об'єму молокозбірника, для того, щоб він не переповнився, оскільки миттєва подача рідини у молокопровід буде значно більшою, ніж пропускна здатність молочного насоса молокозбірника 2.



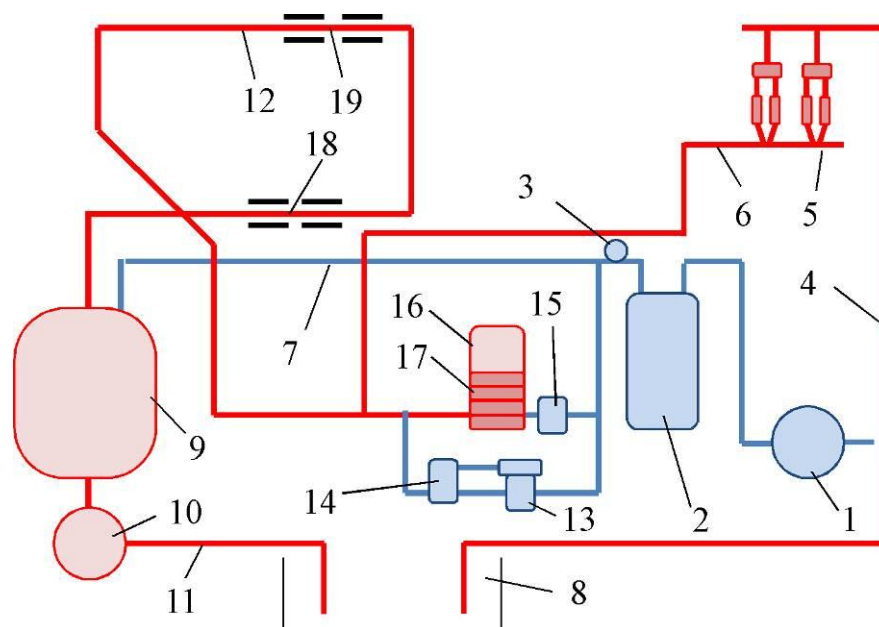
1 – молокопровід; 2 – молокозбірник; 3 – промивний трубопровід; 4 – бак;

5,6 – керовані вентиля; 7 – триходовий кран; 8 – блок керування; 9 – шланг

Рисунок 1.4 – Схема циркуляційного промивання молокопроводу з попередньої акумуляцією промивної рідини

Недоліком поданої конструкції є перевитрати мийного розчину і нездатність контролювати гідродинамічний режим руху повітряної пробки, що може спричинити достатньо сильний гідравлічний удар, який може зруйнувати елементи молокопровідної лінії.

Для інтенсифікації процесу промивання молокопроводу від забруднень у своїй роботі Жмирко А.М., пропонує під час циркуляційного промивання та дезінфекції періодично додатково подавати повітря за допомогою пульсопідсилювача на базі колектора доїльного апарату «Волга» і пружні пробки для механічного очищення внутрішньої поверхні молокопроводу (рис. 1.5) [31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39].



1 – вакуумний насос; 2 – вакуумний балон; 3 – вакуумметр; 4 – трубопровід;
5 – доїльні апарати; 6 – колекторна труба; 7 – вакуумпровід; 8 – ванна;
9 – молокоприймальний бак; 10 – молочний насос; 11 – зливний трубопровід;
12 – молокопровід; 13, 15 – пульсатори; 14 – пульсопідсилювач; 16 – магазин-

живильник; 17 – пружинні пробки; 18 – досліджувана вставка молокопроводу;
19 – прозора молокопровідна вставка

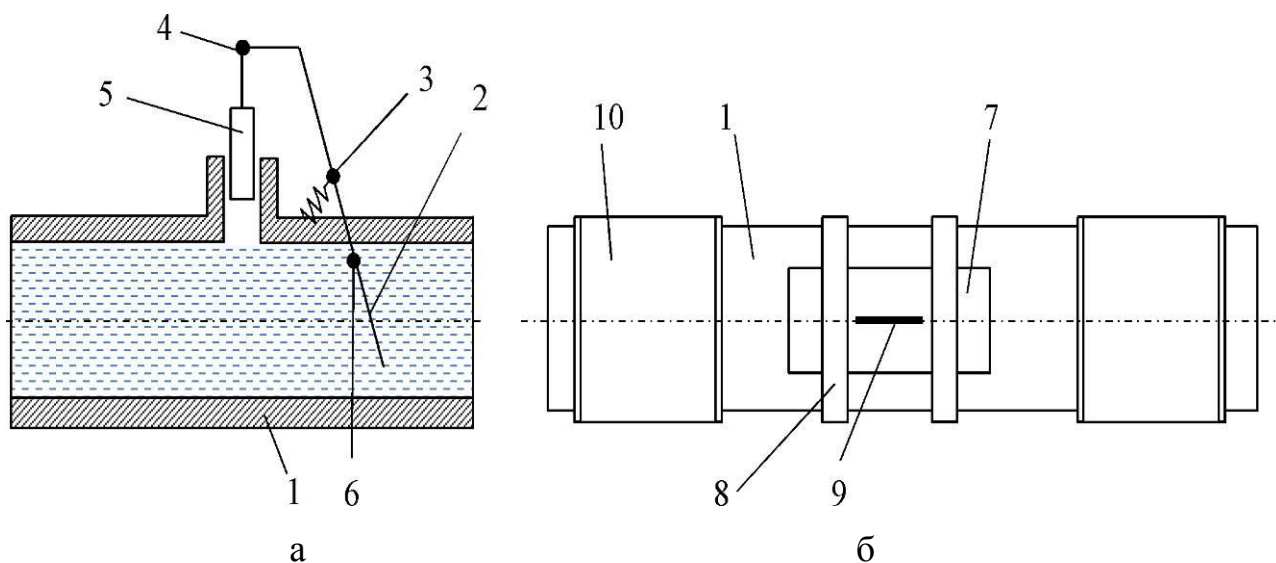
Рисунок 1.5 – Схема установки для дослідження режимів миття молокопроводу

Зазначений спосіб створення пробкового потоку в молокопровідній системі заслуговує на увагу, але його використання під час промивання молокопроводів різної конфігурації не завжди доцільне. Як показала практика, еластичні піжі використовуються тільки для видалення залишків молока або миючої рідини, і не можуть використовуватися для механічного видалення забруднень у молокопроводі. Окрім цього в зазначеній конструкції системи промивання не можливо автоматично регулювати режимні параметри повітряних пробок, що може призвести до неякісного очищення поверхонь молокопровідних ліній або до значного підвищення тиску і утворення гідравлічного удару достатнього зусилля для руйнування стінок молокопроводу. Також в системі встановлено лише один інжектор повітряних пробок, що унеможливорює процес очищення внутрішніх поверхонь на великій відстані від нього.

Палій А. П. запропонував пристрій для промивання молокопровідних систем доїльних установок [40, 41, 42], який складається зі штанги з пружиною 3, яка повертається на осі 6. На кінцях штанги 3 розташовані напірний клапан 2 промивання мийною рідиною та повітряний клапан 5, які з'єднані з штангою 3 за допомогою шарнірів 4. Штанга 3 утримується у визначеному положенні пружинним елементом (рис. 1.6, а). Також Палій А. П. зазначає, що у виробничих умовах для визначення чистоти доїльно-молочного обладнання можна використовувати пристрій для визначення санітарно-гігієнічного стану доїльного обладнання (рис. 1.6, б) [43, 44, 45].

До недоліків зазначеного обладнання слід віднести відсутність за контролем параметрів турбулентного руху мийного засобу молокопровідною системою. А недоліком пристрою для визначення санітарно-гігієнічного стану є те, що він не містить конкретних кроків щодо визначення ефективності санітарної обробки

молокопроводу загалом і не може бути використаний для оперативного визначення стану забрудненості під час проведення технологічної операції промивання.



а – пристрій для промивання молокопровідних систем доїльних установок;
 б – пристрій для визначення санітарно-гігієнічного стану доїльного обладнання; 1 – молокопровід; 2 – напірний клапан; 3 – штанга; 4 – шарнір; 5 – повітряний клапан; 6 – вісь; 7 – пробка; 8 – хомути; 9 – пластина; 10 – муфта

Рисунок 1.6 – Схеми технічних рішень елементів системи промивання доїльних установок

На особливу увагу заслуговують автоматичні системи циркуляційного промивання доїльних установок. Відповідно до стандарту ISO 5707 всі доїльні установки повинні бути оснащені автоматом промивки.

Незважаючи на конструктивні відмінності, автоматичні системи промивання різних фірм мають такі основні блоки: програмний, блок виконавчих органів, дозувальний пристрій і резервуар для рідини. Можлива додаткова комплектація нагрівачем. Виходячи з можливості блочного виконання системи промивання, ряд фірм на основі базової моделі поставляє різні автоматичні системи промивання.

Основним завданням, яке ставиться при вдосконаленні систем промивання молокопровідних систем, – це ресурсозбереження, насамперед зменшення

споживання витрати повітря, гарячої води, енергії і експлуатаційних витрат.

Різноманітність умов експлуатації і типів доїльного обладнання, з одного боку, а з іншого жорсткі вимоги до якості промивання, призвели до необхідності відмови від жорстких програм і до створення програмованих автоматів промивки. Останні дозволяють залежно від умов змінювати програму промивання, тривалість циклів, здійснювати моніторинг за виконанням процесу, своєчасно сигналізувати про збої.

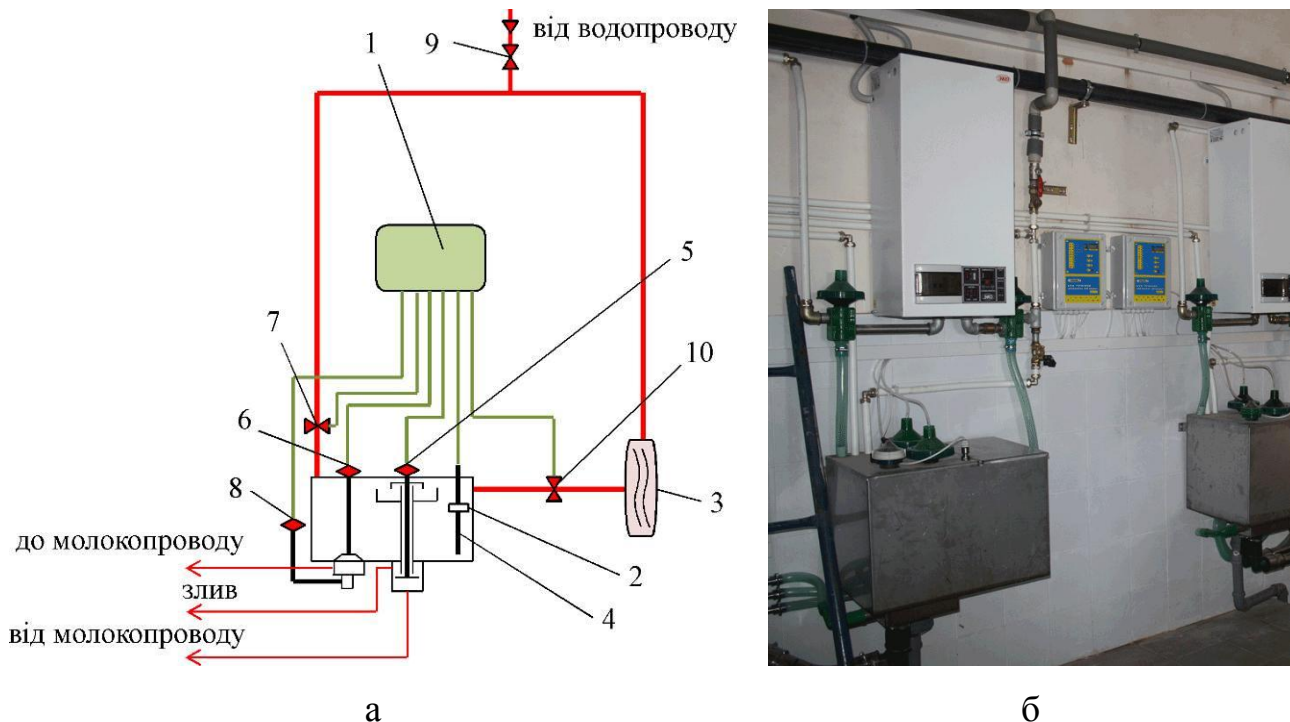
Відомий автомат промивки АП-03 (БУАП-03), виробництва ТДВ «Брацлав» [46, 47] складається з баку, поплавка, датчика рівня мийного розчину, клапана циркуляції-зливу, клапана всмоктування рідини у молокопровід, трубопроводу, електромагнітного клапана пуску холодної води, електромагнітного клапана пуску гарячої води, водонагрівача, електромагнітного клапана пуску концентрату мийного розчину, ємності, контрольного датчика температури та блока керування (рис. 1.7).

До недоліків зазначеного обладнання слід віднести неможливість контролювати стан забрудненості молокопровідної лінії, вакуумметричного тиску, температури і відповідно до цього змінювати режимні параметри його роботи, що призводить до недостатньої якості виконання технологічної операції промивання.

Для вирішення проблеми підвищення якості промивання і ресурсозбереження значну увагу приділено створенню керованого пробкового потоку. Це дозволяє, по-перше, забезпечити високу якість промивання при великих довжинах і діаметрах молокопроводів і, по-друге, значно економити об'єм циркулюючої води і витрат хімічних реагентів [48].

Зазначений ресурсозберігаючий режим використаний фірмою DeLaval в автоматах промивки С100Е (рис. 1.8), фірмою GEA Farm Technologies в автоматі промивки SineTherm (рис. 1.9) та ін. [49, 50]. Також інжектування повітрям для ефективної циркуляційного промивання доїльної установки застосовується в автоматах MiniWash фірми PANAZOO і TOP WASH фірми InterPuls (рис. 1.10) [51, 52]. Зокрема, фірма SAC пропонує системи промивання зі спонтанним утворенням рідинних пробок, і не рекомендує використовувати пристрій повітряної пульсації Uni-

Air-Pulse, вважаючи, що це не впливає на підвищення ефективності промивання доїльного обладнання [53]. Однак в режимі пробкового промивання збільшуються додаткові витрати повітря, що призводять до збільшення навантаження на вакуумні насоси і як наслідок збільшення енерговитрат.



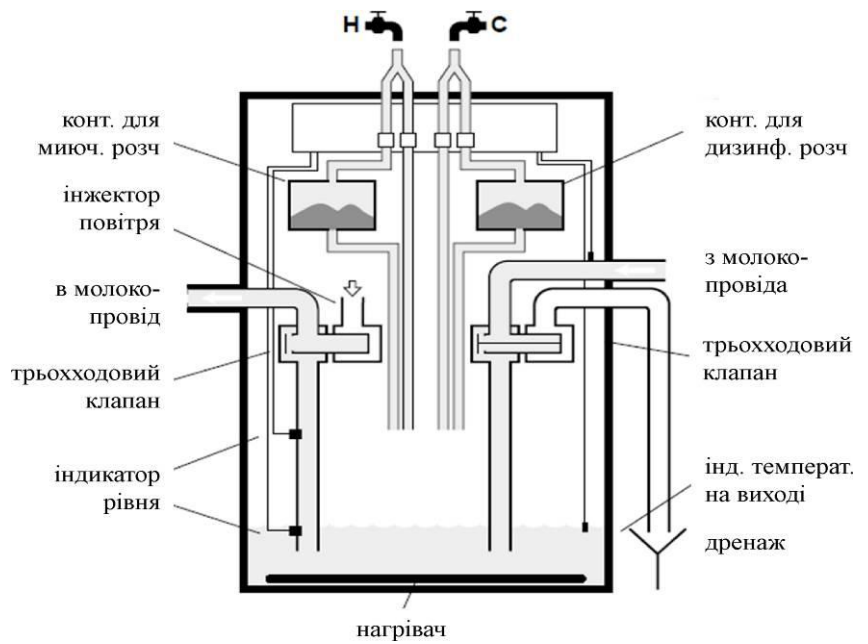
- 1 – блок керування; 2 – поплавок; 3 – водонагрівач; 4 – датчик рівня мийного розчину; 5 – клапан циркуляції-зливу; 6 – клапан всмоктування рідини на молокопровід баку; 7 – електромагнітний клапан пуску холодної води; 8 – клапан пуску повітря; 9 – кран підключення води від водопроводу; 10 – електромагнітний клапан пуску гарячої води

Рисунок 1.7 – Схема (а) і загальний вигляд (б) автомата промивки АП-03 (БУАП-03), виробництва ТДВ «Брацлав»

З таблиці 1.2 видно, що практично всі фірми відмовилися від малоємних систем з багаторазовим заповненням баків і перейшли до систем з одноразовим заповненням. Залежно від розмірів доїльної установки автомат промивки комплектують баками різної ємності.

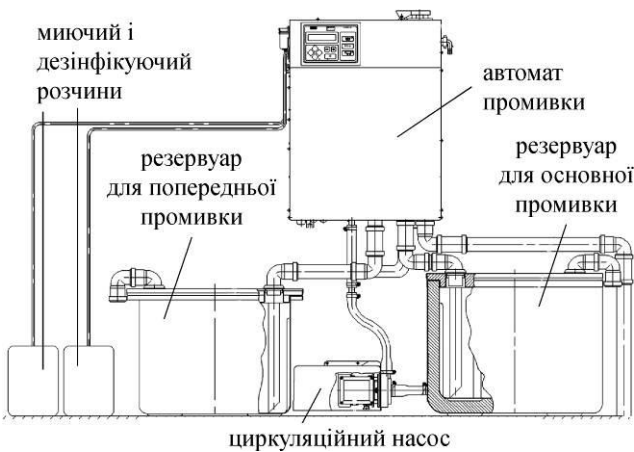


а



б

Рисунок 1.8 – Загальний вигляд (а) і схема (б) автомата промивки С100 виробництва DeLaval

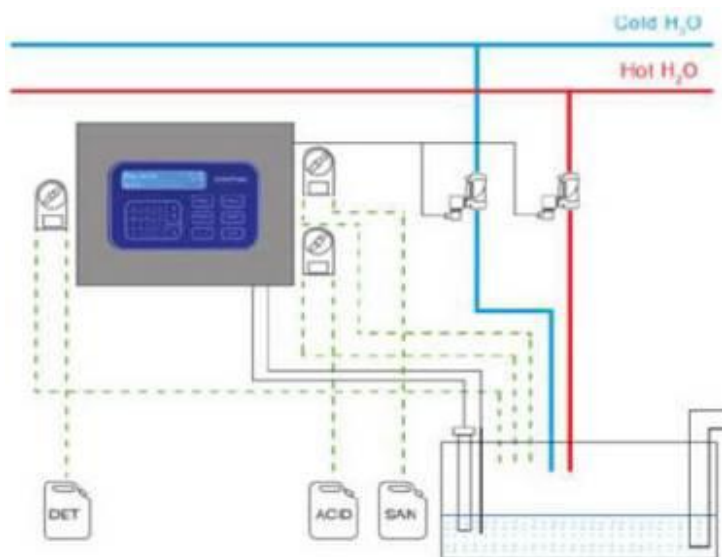


а



б

Рисунок 1.9 – Схема (а) і загальний вигляд (б) автомата промивки SineTherm фірми GEA Farm Technologies



а



б

Рисунок 1.10 – Схема (а) і загальний вигляд (б) автомата промивки TOP WASH фірми InterPuls

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика автоматів промивки

Функції \ Виробник	DeLaval (C100)	GEA Farm Tech. (SineTherm)	InterPuls (TOP WASH)	PANAZOO (MiniWash)	Брацлав (АП-03)
Розташування блоку управління	в корпусі	в корпусі	виносний	в корпусі	виносний
Керування системою промивання	мікро-процесор	мікропроцесор/ ел. мех.	мікропроцесор/ ел. мех.	мікро-процесор	мікро-процесор
Керування клапаном злив-циркуляція	роздільне	суміщене	суміщене	суміщене	роздільне
Розташування клапана впускання повітря	в корпусі	виносної	-	виносної	в корпусі
Наявність водонагрівача	є	є	є	є	є
Наявність інжекторів	немає	є	є	є	немає
Створення керованих пробок	немає	не керовані	не керовані	не керовані	немає
Спосіб дозування мийних засобів	автомат	напівавтомат/ автомат	ручний/ напівавтомат/ автомат	ручний/ напівавтомат/автомат	ручний/ напівавтомат
Система регенерації мийних речовин	немає	є	немає	немає	немає
Об'єм резервуара, л	40; 80; 160	20; 70	35; 70; 160	70	160

1.4 Аналіз режимних параметрів техніко-технологічного забезпечення промивання доїльних установок

Аналіз літературних джерел показав, що незважаючи на відмінність у кількісних характеристиках процесу промивання доїльних установок (температура, тривалість) в цілому за складом операцій і послідовності їх виконання на сьогодні існує єдина думка, а саме:

- попереднє ополіскування і видалення залишків молока теплою водою (30-48 °С) протягом 5-10 хв.;
- приготування мийних лужних розчинів в гарячій воді температурою 60-70 °С і миття протягом 10-30 хв.;
- ополіскування і видалення залишків мийного розчину теплою або гарячою водою протягом 5-10 хв.;
- промивання 1-2 рази в тиждень кислотними миючими розчинами;
- промивання системи перед початком роботи гарячою водою і дезінфікуючим розчином;
- обробку комунікацій кислотними розчинами з температурою 60-70 °С для видалення молочного каменю здійснюють після попереднього ополіскування, проміжне ополіскування гарячою водою при температурі 70 °С протягом 5 хв., після чого миють лужним розчином.

Технологічний режим процесу промивання молокопровідних систем визначає сукупність в основному таких показників, як:

- швидкість мийного розчину при промиванні;
- температура розчину;
- концентрація мийних засобів;
- тривалість промивання.

Ефективне промивання можливе при швидкості руху мийного розчину, достатній для відривання і виносу потоком рідини частинок бруду і відкладень. При необґрунтовано великій швидкості різко підвищуються енергетичні витрати на перекачування розчину. Швидкість рідини при промиванні доїльних установок

залежить від величини розрідження, що створюється вакуумними установками, від гідравлічних параметрів ліній циркуляції, від подачі перекачувальних молочних насосів.

При цьому величина швидкості, яка необхідна для відривання частинок, залежить від розміру і щільності частинки, її форми, шорсткості очищуваної поверхні та властивостей мийної рідини.

Слід зазначити, що стосовно швидкості руху мийного розчину, що відповідає найбільш ефективному технологічному процесу промивання дослідники не дійшли до єдиної думки: швидкість в різних дослідженнях варіюється в межах 0,5-1,5 м/с [54, 55, 56].

З метою інтенсифікації перемішування розчину, що значно впливає на швидкість видалення забруднень, пропонується встановлювати в молокопровідних системах різноманітні пристрої створення турбулентного потоку рідини [57]. Дослідженнями доведено, що висока якість очищення може бути досягнута при розвиненому турбулентному режимі течії мийного розчину (при $Re > 10^4-10^5$), оскільки в цьому випадку створюються найбільш сприятливі умови для механічного впливу потоку на частинки забруднення.

Якість промивання молокопровідних систем доїльних установок прямо пропорційна температурі мийного розчину. З підвищенням температури зростає фізико-хімічна активність мийного розчину, знижується енергія адгезії на межі поділу фаз (мийний розчин – забруднення), зменшується кінематична в'язкість мийного розчину, що підсилює турбулентність. Ефективність впливу мийного засобу на забруднення при інших рівних умовах безпосередньо залежить від температури розчину. Однак, її підвищення понад 70°C не призводить до помітного збільшення мийної здатності [58]. Тому температурний режим наблизили саме до цього показника.

Радикальним способом підтримки необхідного санітарно-гігієнічного стану молочно – доїльного обладнання є застосування високоефективних засобів санітарної обробки. Всі санітарні засоби за своїми властивостями і призначенням можна розділити на три групи [59, 60, 61, 62, 63, 64]: кислотні, лужні і

дезінфікуючі миючі засоби.

При вивченні тривалості промивання встановлено, що при збільшенні часу обробки якість очищення покращується. Так, дослідники зазначають, що циркуляційне промивання молокопровідних систем повинно тривати 5-40 хв. залежно від матеріалів, з яких виготовлені їх елементи.

1.5 Висновки з розділу

1. В результаті аналізу чинників і наслідків ефективності промивки доїльно-молочного обладнання показав, що утворення забруднень на внутрішніх поверхнях молокопровідної лінії в результаті неякісного промивання призводить до збільшення бактеріального забруднення молока і як наслідок до зниження його гатунку.

2. Аналіз технічного забезпечення промивки доїльно-молочного обладнання показав, що найбільш ефективними є циркуляційні системи промивки із регульованим утворенням пробкового режиму з використанням гідроінжекторів.

3. Встановлено, що для підвищення ефективності і ресурсозбереження процесу промивки доїльно-молочного обладнання необхідно адаптувати контроль оцінки стану поверхонь молокопровідної системи і гідродинамічних параметрів руху двофазного мийного розчину.

1.6 Мета і завдання досліджень

Метою досліджень є підвищення ефективності роботи системи промивання доїльно-молочного обладнання шляхом використання гідроінжекторів з автоматизованим керуванням їх режимних параметрів в залежності від стану забруднення молочної системи.

Завдання досліджень:

- встановити напрямки удосконалення технічного забезпечення процесу промивки доїльно-молочного обладнання;
- провести дослідження адгезії молочного забруднення і поверхнею молочної системи;
- створити фізико-математичну модель процесу роботи гідроінжектора системи промивки доїльно-молочного обладнання;
- розробити автоматизацію керування забрудненості молочної системи;
- виконати експериментальні дослідження системи автоматизованого керування режимних параметрів гідроінжекторів.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОМИВАННЯ МОЛОКОПРОВІДНОЇ ЛІНІЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

2.1 Дослідження адгезії між молочними відкладеннями і поверхнею молокопроводної лінії

Першим етапом теоретичних досліджень є розрахунок сили адгезії між молочними відкладеннями і поверхнею молокопроводної лінії. Значення даної сили потребує для визначення найменшої швидкості руху мийного розчину.

Згідно проведеного аналізу наслідків і чинників ефективності промивки доїльних установок припустимо, що молочні відкладення можна представити як краплі молочного походження. Побудуємо схему для розрахунку, яку представлено на рис. 2.1. Відповідно до неї на відкладення у вигляді краплі діють наступні сили.

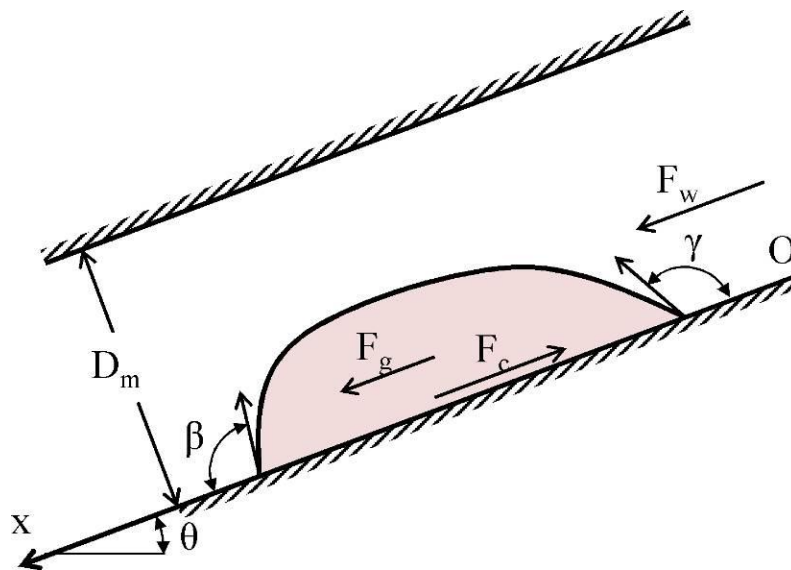


Рисунок 2.1 – Схема дії сил відкладення у вигляді краплі рідини

1. Сила тяжіння:

$$F_g = \rho_m V_m g \sin \theta, \quad (2.1)$$

де ρ_m – густина краплі, кг/м³;
 g – прискорення вільного падіння, м/с²;
 θ – кут нахилу молокопровідної лінії, град;
 V_m – об'єм відкладення, м³.

Згідно з дослідженнями [65, 66, 67] об'єм відкладення у вигляді краплі рідини можна розрахувати за формулою

$$V_m = \frac{\pi (-\cos\beta)^2 \sigma_{ml} + \cos\gamma r_k^3}{24 \sin^3 \beta}, \quad (2.2)$$

де β, γ – краєві кути краплі, град;
 r_k – радіус площі контакту краплі, м [68, 69, 70]:

$$r_k = \sqrt{\frac{24 \sin^3 \beta \sigma_{ml} \cos\gamma - \cos\beta \sigma_{ml}}{\rho_m g (-\cos\beta)^2 \sigma_{ml} + \cos\beta \sin\theta}}, \quad (2.3)$$

σ_{ml} – поверхневий натяг краплі між мийним розчином і відкладенням, Н/м.

Силу адгезії згідно з дослідженнями [71, 72] можна представити у вигляді

$$F_c = c_1 \sigma_{ml} r_k (-\cos\gamma - \cos\beta), \quad (2.4)$$

де c_1 – емпіричний коефіцієнт $c_1 \approx 1,5$ [73].

Силу Стокса (сила в'язкого тертя) запишемо у такій формі:

$$F_w = c_2 \pi \mu_1 r_k u_1 \sqrt{Re_1}, \quad (2.5)$$

де c_2 – емпіричний коефіцієнт $c_2 \approx 1,8$ [74].

μ_1 – динамічна в'язкість мийного розчину, Па·с;

u_1 – швидкість мийного розчину, м/с;

Re_1 – число Рейнольдса [75];

$$Re_1 = \frac{u_1 D_m \rho_1}{\mu_1}, \quad (2.6)$$

ρ_1 – густина мийного розчину, кг/м³;

D_m – діаметр молокопровідної лінії, м;

Умовою руйнування адгезії між відкладеннями і поверхнею молокопровідної лінії є

$$F_w > F_c - F_g. \quad (2.7)$$

Підставляючи до (2.7) вирази (2.1)–(2.6) маємо

$$u_1 > \left[\frac{\tau - c_1 \sigma_{ml} (\cos \gamma - \cos \beta)}{c_2 \pi \sqrt{D_m \rho_1 \mu_1}} \right]^{2/3}. \quad (2.8)$$

За допомогою програмного пакету Mathematica отримано графік залежності (2.8) при $\mu_1 = 8,9 \cdot 10^{-4}$ Па·с, $\rho_1 = 1000$ кг/м³, який зображений на рис. 2.2.

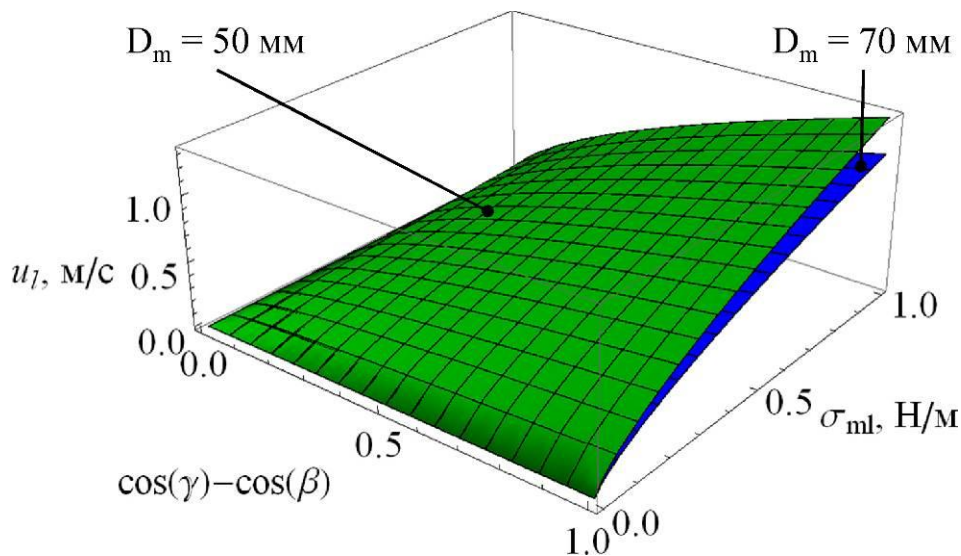


Рисунок 2.2 – Закономірність найменшої швидкості руху мийного розчину від властивостей молочних відкладень (поверхневого натягу σ_{ml} і краєвих кутів β, γ) при визначених діаметрах молокопровідної системи D_m

Рис. 2.3 та умова (2.8) вказує на мінімальну швидкість потоку мийного розчину для забезпечення руйнування адгезії між каплями відкладення і поверхнею молокопровідної лінії.

2.2 Модель гідроінжектора системи промивання

Гідроінжектор можна представити у вигляді сопла із отвором круглої форми. Через отвір подається мийний розчин під тиском, при цьому створюється

струмень. Тому теоретичні дослідження побудовані на основі розрахунку параметрів струменів мийного розчину та їх дії на поверхні молокопровідної системи із молочними відкладеннями.

На рис. 2.3 представлена схема зміни конфігурації струменя мийного розчину з віддаленням від сопла. Потік крапель рідини, які позитивно впливають на процес очищення поверхні, знаходяться в перехідній частині структури струменя.

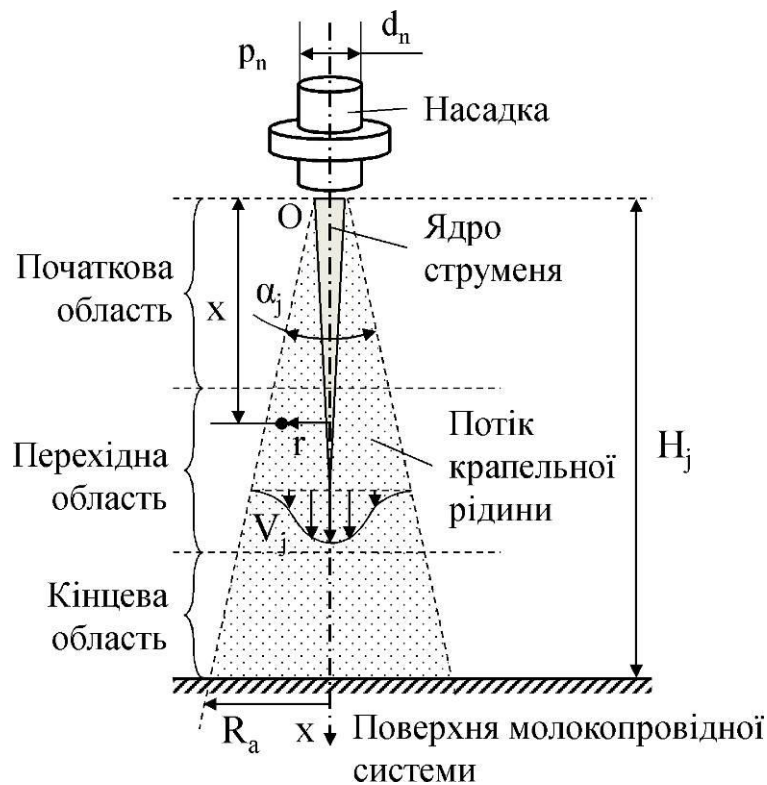


Рисунок 2.3 – Схема зміни структури струменя мийного розчину з віддаленням від сопла

На початковій ділянці струменя мийного розчину відбувається падіння швидкості по осі струменя Ox і по перетину вздовж радіусу r . За дослідженнями [76] довжина початкової ділянки X_i визначається виразом

$$X_i = \frac{0,67 d_n}{a} \frac{1}{2}, \quad (2.9)$$

де d_n – внутрішній діаметр насадки, м;

a – коефіцієнт структури струменя (для осісиметричних струменів $a \approx 0,007$).

Зміна швидкості по осі струменя V_{j0} на перехідній ділянці для осісиметричного струменя визначається залежністю

$$V_{j0} = \frac{0,96}{\frac{2ax}{d_n} + 0,29} V_n, \quad (2.10)$$

де V_n – швидкість потоку рідини у соплі, м/с;

x – відстань від початкового перетину струменя, м.

Перетин швидкості на перехідній ділянці струменя має форму, яку можна апроксимувати до кривої Гауса. Швидкість у довільній точці потоку на перехідній ділянці струменя визначається залежністю

$$V_j = V_{j0} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{r}{ax}\right)^2\right], \quad (2.11)$$

де r – відстань по нормалі від осі до розглянутої точки, м.

Радіус струменя R_t на основній ділянці визначається залежністю

$$R_t = \left(3,4 \frac{2ax}{d_n} + 1\right) \frac{d_n}{2}, \quad (2.12)$$

Середню по перерізу швидкість \bar{V}_j в довільному перерізі струменя можна отримати на підставі залежностей (2.10)–(2.12), взявши інтеграл на площі перерізу і розклавши експоненту в ряд Маклорена до першого наближення:

$$\begin{aligned} \bar{V}_j & \stackrel{\text{де}}{=} \frac{1}{A_j} \int_{A_j} V_j dA_j = \frac{2\pi \cdot 0,96 V_n}{\pi R_t^2 \left(\frac{2ax}{d_n} + 0,29\right)} \int_0^{R_t} r \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{r}{ax}\right)^2\right] dr = \\ & = \frac{1,92 V_n a^2 x^2 d_n}{\left(3,4ax + 0,5d_n\right) \left(2ax + 0,29d_n\right)} \end{aligned} \quad (2.13)$$

де A – площа поперечного перетину, м².

Для спрощення розрахунку ефектів зсувного тиску, які можуть бути викликані рухом струменя уздовж поверхні, припускаємо стаціонарний процес

(струмінь не рухається). Враховуючи прийняте спрощення, струмінь надає тільки нормальний тиск на ділянку контакту.

Враховуючи конфігурацію струменя на рис. 2.3, передбачається, що імпульс струменя мийного розчину залишається постійним між насадкою і точкою удару із поверхнею молокопровідної системи. Зміну імпульсу струменя мийного розчину M можна представити у вигляді

$$M = \int_{A_j} \rho_1 V_j dA_j \quad (2.14)$$

де ρ_1 – густина мийного розчину, кг/м³.

Закон збереження імпульсу струменя мийного розчину для виходу його з насадки і для ділянки контакту має вигляд

$$\rho_1 V_n^2 \left(\frac{\pi d_n^2}{4} \right) = \rho_1 \bar{V}_j \left(\frac{\pi H_j^2}{4} \right) \quad (2.15)$$

або $V_n d_n = 2 R_a \bar{V}_j H_j$,

де R_a – радіус області удару струменя, м;

H_j – відстань між насадкою і поверхнею молокопровідної системи, м.

Підставляючи в (2.15) вираз для \bar{V}_j з (2.13) отримуємо вираз для радіусу області удару струменя R_a

$$R_a = \frac{0,4ax + 0,5d_n}{3,84a^2 x^2} \quad (2.16)$$

З рівняння (2.13) і закону Бернуллі ($p_a = \frac{\rho_1}{2} \bar{V}_j^2$) отримуємо

$$p_a = \frac{\rho_1}{2} V_n^2 \left(\frac{1,92a^2 x^2 d_n}{0,4ax + 0,5d_n} \right)^2$$

де p_a – тиск струменя на поверхню молокопровідної системи, Па.

**(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..1)**

У свою чергу швидкість потоку рідини у насадці визначається так само з закону Бернуллі

$$V_n = \sqrt{\frac{2p_n}{\rho_1}}, \quad (2.18)$$

де p_n – тиск на виході насадки, Па.

Підставляючи (2.18) в (2.17) остаточно маємо

$$p_a = p_n \left(\frac{1,92a^2 x^2 d_n}{(6,4ax + 0,5d_n)(ax + 0,29d_n)} \right)^2. \quad (2.19)$$

Графічна інтерпретація залежностей (2.16) і (2.19) представлені на рис. 2.4 і 2.5 відповідно.

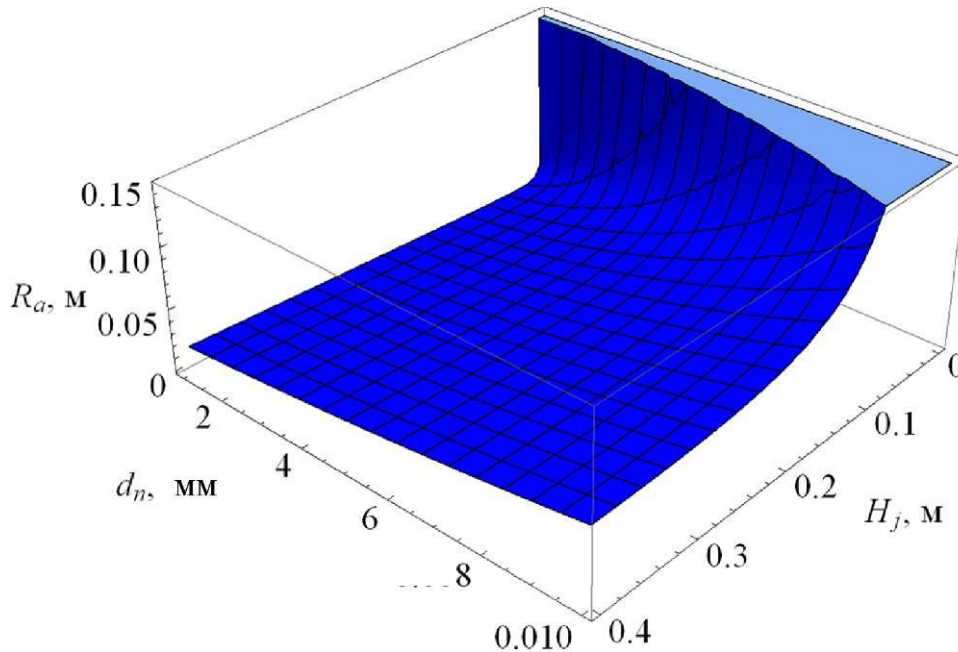


Рисунок 2.4 – Залежність радіусу області удару струменя R_a від діаметра отвору сопла d_n і відстані до нього H_j

Для більш ефективної роботи гідроінжектора у вигляді сопла із отвором круглої форми необхідно, щоб тиск на виході насадки p_n був максимальним. Беручи до уваги технічну базу молочно-доїльного обладнання за базовий

генератор гідравлічного тиску обрано насос молочний, який максимум може надати 300 кПа (≈ 3 атм).

Для визначення оптимального діаметра отвору сопла d_n і відстані до нього H_j вирішимо в програмному пакеті Mathematica задачу максимізації тиску струменя на поверхню молокопровідної системи p_a

$$p_a \text{ при } d_n = 2,1 \text{ мм, } H_j = 0,166 \text{ м } \approx 42,0 \text{ кПа} . \quad (2.20)$$

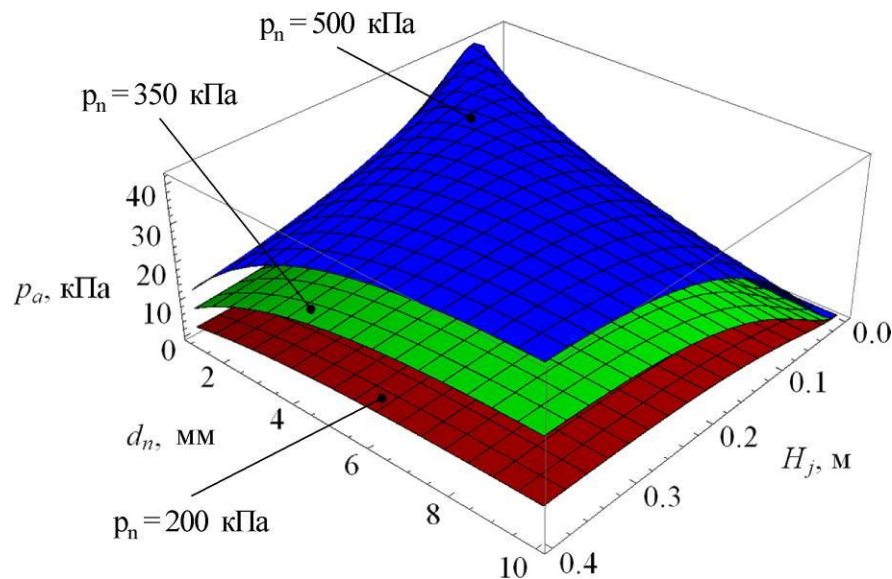


Рисунок 2.5 – Залежність тиску струменя на поверхню молокопровідної системи p_a від діаметра отвору сопла d_n і відстані до нього H_j при різних значеннях тиску p_n

При цьому значення радіуса ділянки удару струменя R_a становить 0,0236 м. Розрахункова сила дії струменя мийного розчину за формулою $F_a = p_a \pi R_a^2 = 74$ Н перевищує значення сили адгезії краплі молочного відкладення на поверхні молокопровідної системи $F_c = 42$ Н, яке розраховано за формулою (2.4).

2.3 Висновки з розділу

1. У результаті аналітичних досліджень адгезії між відкладеннями і поверхнею молокопровідної лінії встановлено закономірність найменшої швидкості переміщення мийного розчину від властивостей крапель відкладень (і поверхневого натягу σ_{ml} і краєвих кутів β, γ) при визначених діаметрах молокопровідної системи D_m .

2. Розроблено фізико-математичну модель процесу роботи гідроінжектора системи помивки, що створює струмінь мийного розчину направленої дії для очищення внутрішніх поверхонь молокопровідної системи.

3. Внаслідок аналітичних досліджень отримані закономірності радіуса ділянки удару струменя R_a і його тиску на поверхню молокопровідної системи p_a від діаметра отвору сопла d_n , відстані до нього H_j при різних значеннях тиску p_n .

4. Беручи до уваги технічну базу молочно-доїльного обладнання за базовий генератор гідравлічного тиску обрано насос молочний, який максимум може надати 300 кПа (≈ 3 атм). При цьому $d_n = 2,1$ мм, $H_j = 0,166$ м, $R_a = 0,0236$ м.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма досліджень

Метою досліджень є доповнення математичних моделей переміщення двофазного мийного розчину молокопровідною лінією доїльної установки та перевірка адекватності отриманих залежностей впливу режимних і технологічних параметрів технічного забезпечення системи промивки на ефективність процесу очищення доїльних установок.

Програмою досліджень передбачено: розробити і дослідити фотодатчик визначення забрудненості молокопровідної лінії; провести експериментальні дослідження роботи гідроінжектора (насадки для створення струменя мийного розчину) системи промивки доїльної установки.

Перелік параметрів і характеристик доїльних установок, які підлягають контролю і регулюванню, регламентуються міжнародними стандартами ISO 3918 [77], ISO 5707 [78], ISO 6690 [79]. У зазначених стандартах передбачені методи оцінки функціонування молочних та вакуумних систем молочно-доїльних машин, які реалізуються в процесі доїння. Для подальших досліджень запропоновані такі методики експериментальних досліджень, які можна використовувати не тільки для визначення відповідних закономірностей і раціональних режимних та технологічних параметрів системи промивання, а й для оцінки їх техніко-технологічної придатності.

3.2 Методика досліджень фотодатчика визначення забрудненості молокопровідної лінії

Для періодичної оцінки якості технологічного процесу промивання молокопровідної лінії доїльної установки без участі оператора машинного доїння

розроблено відповідне обладнання для автоматичного визначення її забрудненості.

Основним елементом обладнання для автоматичного визначення забрудненості молокопровідної лінії доїльної установки є фотодатчик, схема якого представлена на рис. 3.1, а загальний вигляд на рис. 3.2. Також до складу обладнання входить персональний комп'ютер, до якого підключено безпосередньо фотодатчик на основі пристрою Arduino, який виконує функцію керування світлодіодом 100 Лм через підлаштовний резистор 5 Ω . До аналогового входу пристрою Arduino Uno ATmega328 підключено відомий резистор 10 Ω , 0,1 %, який з'єднується із заземленням (GND) і фоторезистором GM20539, що підключено до напруги 5 В.

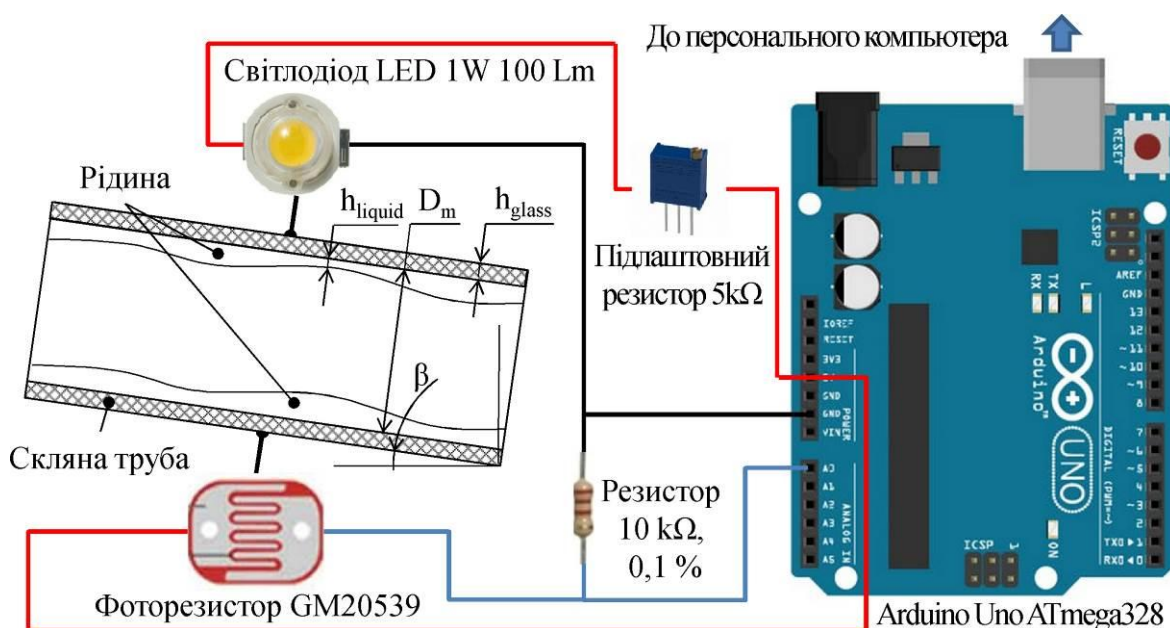
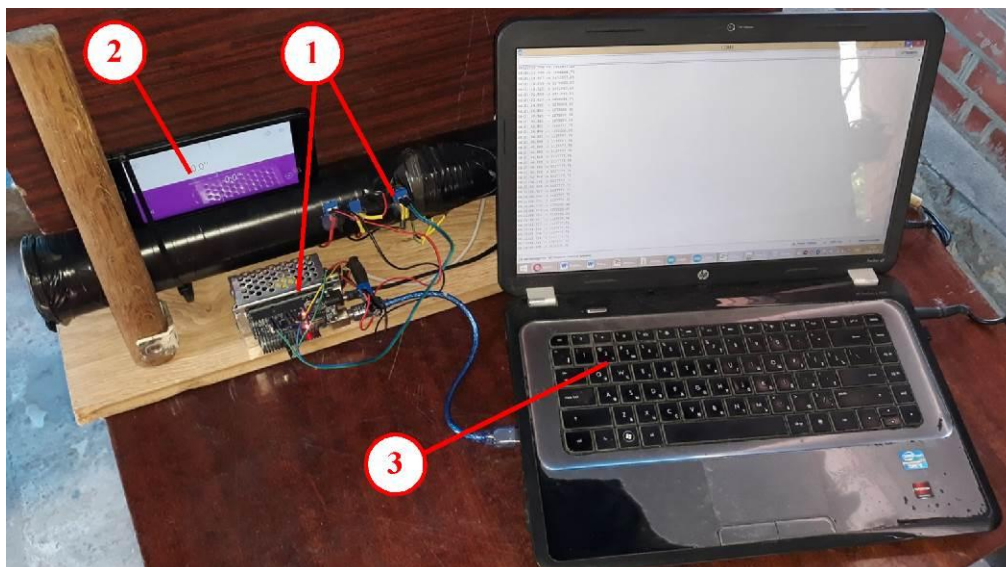


Рисунок 3.1 – Схема визначення закономірності інтенсивності світла, що поглинається молоком від товщини його шару

Фоторезистор закріплений знизу скляної труби під кутом β до горизонту, навпроти встановлений світлодіод. Скляна труба повністю ізольована від зовнішнього освітлення чорним непрозорим матеріалом.

Для проведення досліджень роботи розробленого обладнання необхідно змінювати кут нахилу скляної труби. При цьому контроль за зміною цього кута виконується з використанням цифрового кутоміра.

Обладнання працює наступним чином. Скляна трубка заповнена середовищем (повітря, молоко, миючий розчин). Далі включається світлодіод, світло від якого проходить крізь стінки скляної трубки і навколишнього середовища і падає на фоторезистор. Опір фоторезистора змінюється і визначається за допомогою пристрою Arduino Uno ATmega328. Отримані дані передаються на персональний комп'ютер кожні 2 с.



1 – фотодатчик; 2 – цифровий кутомір; 3 – персональний комп'ютер

Рисунок 3.2 – Загальний вигляд обладнання для визначення залежності інтенсивності світла, що поглинається молоком від товщини його шару

Розглянемо процес заповнення горизонтальної скляної труби рідиною заданого об'єму (рис. 3.3). Згідно з [80] об'єм рідини становить:

$$V = L \left(R_m^2 \operatorname{Arccos} \left(1 - \frac{h}{R_m} \right) - R_m h \sqrt{2R_m h - h^2} \right), \quad (3.1)$$

де L – довжина скляної труби;

R_m – внутрішній радіус скляної труби;

h – товщина шару рідини в скляній трубці, m (рис. 3.3).

Вирішуючи рівняння (3.1) в програмному пакеті Mathematica відносно h отримуємо відповідну залежність, графік якої побудовано на рис. 3.4.

Відомо, що залежність ослаблення інтенсивності світла при поширенні його в поглинаючих середовищах підпорядковується закону Бугера-Ламберта-Бера [81]. У нашому випадку їх три: скло, повітря і рідина (молоко або мийний розчин). Відповідно маємо

$$I(h) = I_0 \exp(-k_\lambda h), \quad (3.2)$$

де $I(h)$ – інтенсивність світла, що пройшло шар середовища товщиною h ;

I_0 – інтенсивність світла на вході в речовину;

k_λ – показник поглинання світла середовищем, m^{-1} [82].

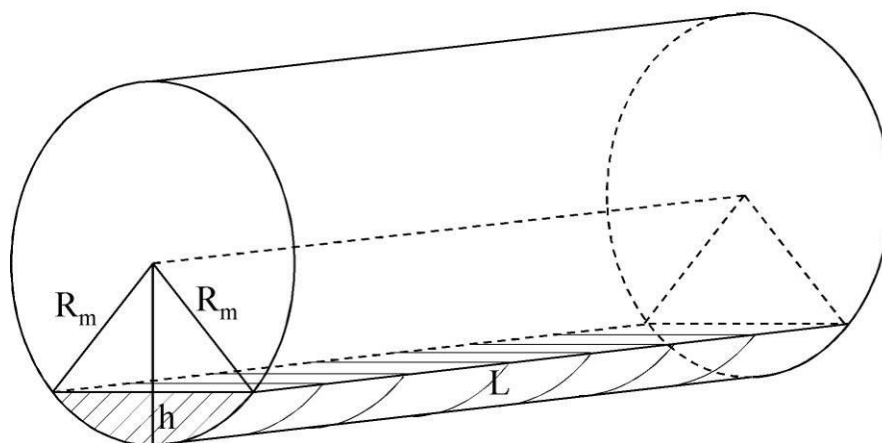


Рисунок 3.3 – Схема заповнення горизонтальної труби рідиною заданого об'єму

При проходженні світла крізь скляну трубу, яка заповнена повітрям, інтенсивність світла I_1 можна записати у вигляді:

$$I_1 = I_0 \exp(-2k_{\lambda, \text{glass}} h_{\text{glass}} - k_{\lambda, \text{air}} D_m), \quad (3.3)$$

Якщо на стінках спостерігається адгезія молока, то інтенсивність світла I_2 буде представлено у вигляді:

$$I_2 = I_0 \exp(-2k_{\lambda, \text{glass}} h_{\text{glass}} - k_{\lambda, \text{air}} D_m - h_{\text{milk}} k_{\lambda, \text{milk}}), \quad \text{або} \quad (3.4)$$

$$I_2 = I_1 \exp\left(-k_{\lambda_{\text{air}}} h_{\text{milk}} - k_{\lambda_{\text{milk}}} h_{\text{milk}}\right)$$

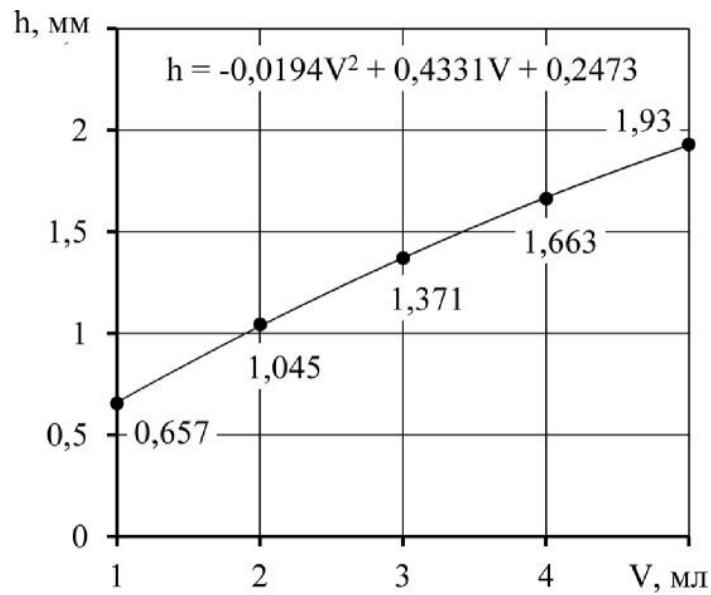


Рисунок 3.4 – Залежність товщини шару рідини від її об'єму

Приймаючи показник поглинання світла повітрям $k_{\lambda_{\text{air}}} = 10^{-3} \rightarrow 0$, маємо рівняння (3.5) у вигляді

$$I_2 = I_1 \exp\left(-k_{\lambda_{\text{milk}}} h_{\text{milk}}\right) \quad (3.5)$$

Оскільки фоторезистор обернено пропорційно змінює свій опір R залежно від інтенсивності падаючого світла I , то перепишемо рівняння (3.5) у вигляді

$$R_2 = R_1 \exp\left(-k_{\lambda_{\text{milk}}} h_{\text{milk}}\right) \text{ або } h_{\text{milk}} = \frac{1}{k_{\lambda_{\text{milk}}}} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \quad (3.5)$$

Процес дослідження проводився в два етапи.

Перший етап починається з встановлення скляної трубки за допомогою цифрового кутоміра горизонтально. Далі за допомогою регульовального резистора на фотодатчику та персонального комп'ютера ми досягаємо такої інтенсивності світла, яка поширюється від світлодіода, що фоторезистор має одне із значень опору 10 Ω , 15 Ω , 20 Ω , 25 Ω , 30 Ω і 35 Ω . Цей опір відповідає інтенсивності світла I_1 для випадку світла, що проходить через скляну трубку, заповнену повітрям. Потім скляну пробірку наповнюють певним об'ємом молока: 1 мл, 2 мл, 3 мл,

4 мл, 5 мл. Для рівномірного розповсюдження по всій довжині трубки експозиція становить 15 хвилин. Потім за допомогою персонального комп'ютера та фотодатчика вимірюється опір фоторезистора, який отримував світло, яке частково поглиналося молоком. Як результат, необхідно встановити залежність товщини молочного шару від опору фоторезистора.

Другий етап починається з встановлення скляної трубки з цифровим транспортером під одним з кутів $2,5^\circ$, 5° , $7,5^\circ$, 10° . Далі за допомогою регулювального резистора на фотосенсорі та персонального комп'ютера ми досягаємо такої інтенсивності світла, яка поширюється від світлодіода, що опір фоторезистора становить 10Ω . Цей опір відповідає інтенсивності світла I_1 для випадку світла, що проходить через скляну трубку, заповнену повітрям. Далі з найвищого краю скляної трубки подається 5 мл молока (рис. 3.1). Після цього розпочинається процес вимірювання опору фоторезистора та фіксація отриманих даних. Як результат, необхідно встановити динаміку опору фоторезистора та відповідне значення товщини шару молока в процесі його стікання через скляну трубку.

3.3 Методика експериментальних досліджень режимів роботи гідроінжектора системи промивання

Для перевірки фізико-математичної моделі роботи гідроінжектора системи промивання, робочим органом якого є насадка із круглим отвором, створено відповідне лабораторне обладнання. Схема експериментального стенду та його загальний вигляд наведено на рис. 3.5, 3.6 відповідно. Стенд складається з таких частин: робочий орган гідроінжектора системи промивання (насадка); тензодатчик на 10 кг, на якому закріплюється чашка Петрі; ваговий сенсор; пристрій Arduino, який приєднано до персонального комп'ютера із відповідним програмним забезпеченням. Тензодатчик з одного краю жорстко закріплений на нерухомому штативі. Чашка Петрі кріпиться на легкозмінних кронштейнах.

Факторами експериментальних досліджень є внутрішній діаметр насадки d_n , тиск на виході насадки p_n , тривалість дії струменя на поверхню насадки t_n , відстань між насадкою і поверхнею H_j . Межі та інтервали факторів досліджень представлені в табл. 3.3.

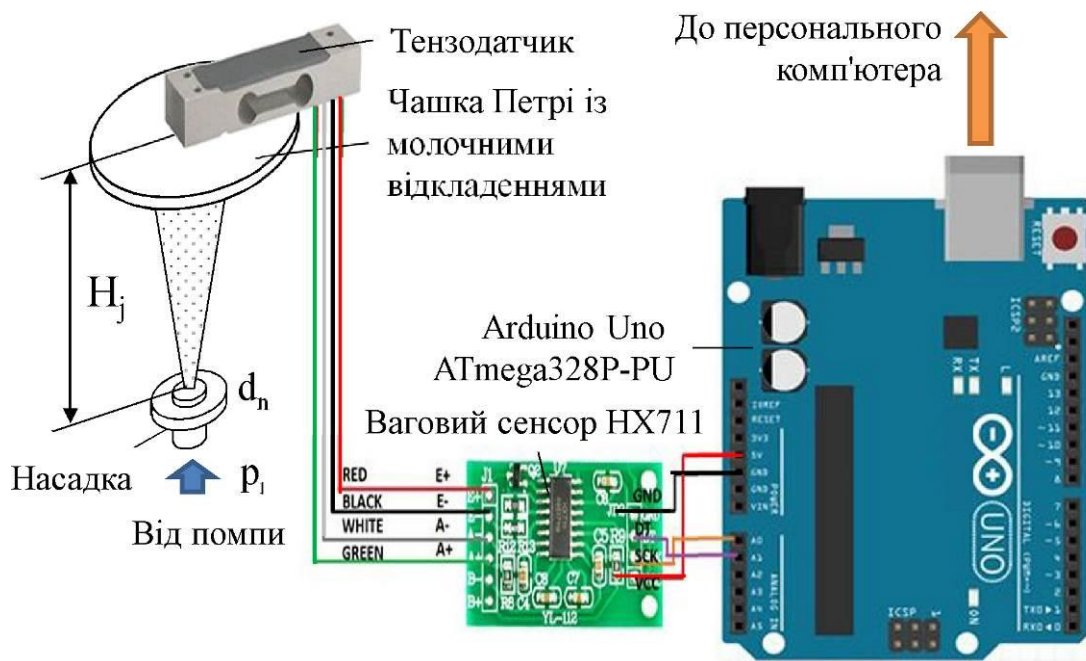


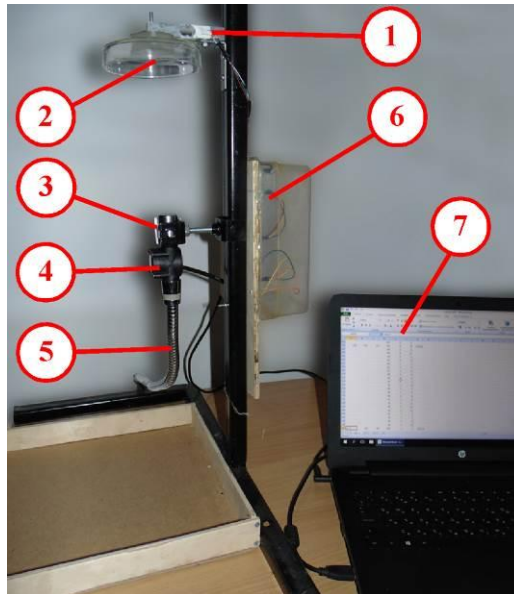
Рисунок 3.5 – Схема експериментального стану для дослідження робочого органу гідроінжектора системи промивання

Таблиця 3.3 – Межі та інтервали факторів експериментальних досліджень

Рівень	Тиск на виході насадки p_n , кПа (x_1)	Внутрішній діаметр насадки d_n , мм (x_2)	Відстань між насадкою і поверхнею H_j , м (x_3)	Тривалість дії струменя на поверхню t_n , хв. (x_4)
Верхній (+1)	500	3	0,3	30
Середній (0)	350	2	0,2	20
Нижній (-1)	200	1	0,1	10
Інтервал	150	1	0,1	10

Тиск на виході з сопла p_n встановлюється зміною напруги на насосі PLD1206 (800 кПа, 12 В) і регулюється гідравлічним манометром. Внутрішній діаметр сопла d_n встановлюється заміною форсунок на відповідний калібрований

діаметр отвору. Відстань між соплом і поверхнею H_j контролюється лінійкою. Тривалість струменя на поверхні сопла t_n визначається секундоміром.



1 – тензодатчик; 2 – чашка Петрі; 3 – насадка; 4 – датчик тиску;
5 – трубопровід; 6 – Arduino Uno ATmega328P-PU; 7 – персональний комп'ютер

Рисунок 3.6 – Загальний вигляд експериментального стенду для дослідження робочого органу гідроінжектора системи промивання

В якості критеріїв досліджень обрано силу дії струменя мийного розчину на поверхню F_a і ступінь очищення поверхні від молочного відкладення після промивання гідроінжектором χ .

Сила дії струменя мийного розчину на поверхню F_a визначалася з використанням тензодатчика, калібрувальну залежність якого можна представити у вигляді:

$$F_a = (0 \cdot 2^{-16} \cdot \text{bit} - m_{\text{Petri}}) \cdot g, \quad (3.7)$$

де bit – значення тензодатчика отримане з ваговий сенсор HX711 (bit (0 кг) = 0, bit (10 кг) = 2^{16});

m_{Petri} – маса чашки Петрі, кг;

g – прискорення вільного падіння, m/s^2 .

Ступінь очищення поверхні (чашки Петрі) від молочного відкладення після промивання гідроінжектором χ визначався за формулою

$$\chi = \frac{m''_{\text{Petri}} - m'_{\text{Petri}}}{m'_{\text{Petri}} - m_{\text{Petri}}} 100, \% \quad (3.8)$$

де m_{Petri} – маса пустої чашки Петрі, кг;

m'_{Petri} – маса чашки Петрі із молочним відкладенням до промивання, кг;

m''_{Petri} – маса чашки Петрі із молочним відкладенням після промивання, кг.

Дослідження проводилися за планом Бокса–Бенкіна для трьох факторів на трьох рівнях із загальною кількістю дослідів – 15. Однак критерії визначали кожні 10 хв. Повторити двічі. Далі, використовуючи програмний пакет Mathematica, для кожного із запропонованих критеріїв була визначена модель регресії другого порядку.

Експериментальні дослідження режимів роботи гідроінжектора системи промивання елементів доїльної установки виконувалися таким чином. Перед початком досліджень було підготовлено $15 \times 2 = 30$ чашок Петрі із свіжим молоком із однаковими властивостями, які були розміщені у приміщенні при температурі 15-25 °С на 30 діб. У результаті в чашках Петрі утворилися молочні відкладення (рис. 3.7). Маса пустих чашок Петрі заздалегідь відома.

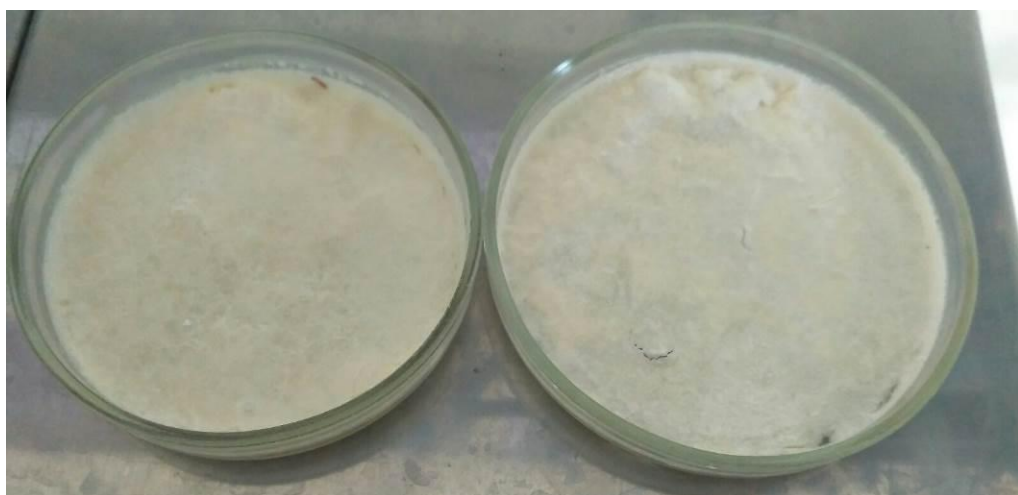


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд молочних відкладень у чашках Петрі

Далі чашку Петрі з відкладеннями молока зважували і фіксували на тензорезисторі. Потім насос запускали і, створюючи струмінь із соплом гідроінжектора із заданими параметрами, визначали силу дії струменя промивного розчину на поверхню F_a . Кожні 10 хвилин сушать чашку Петрі в духовці і визначають її масу. Усі дані були зведені в єдину таблицю. На основі отриманих значень мас за формулою (3.8) визначали ступінь очищення поверхні від відкладень молока після промивання гідроінжектором χ .

3.4 Статистична обробка результатів досліджень

Зазначене вище планування багатофакторних експериментальних досліджень передбачає визначення математичних моделей процесів у вигляді рівняння регресії (полінома) другого порядку

$$Y = A_0 + \sum_{k=1}^k A_i X_i + \sum_{k=1}^k A_{ij} X_i X_j + \sum_{k=1}^k A_{ii} X_i^2, \quad (3.9)$$

де A_0, A_i, A_{ij}, A_{ii} – коефіцієнти регресії;

X_i, X_j – незалежні змінні фактори.

Для спрощення розрахунків рівняння регресії другого порядку визначаються у кодованому вигляді за формулою:

$$X_i = \frac{V_i - V_{0i}}{\Delta V_i}, \quad (3.10)$$

де X_i – кодоване значення фактора (верхній рівень +1, нижній рівень -1, нульовий рівень 0);

V_i – натуральне значення фактора;

V_{0i} – натуральне значення фактора на нульовому рівні;

ΔV_i – натуральне значення інтервалу варіації фактора.

Обробка результатів досліджень, проведених методом математичного факторного планування експериментів, виконувались за допомогою програмного пакета Mathematica.

Для перевірки гіпотези про статистичну однорідність (належність до однієї генеральної сукупності) всіх дисперсій використовується критерій Кохрена G (G-критерій). Нульова гіпотеза має вигляд: $H_0: s_1^2 = s_2^2 \dots s_i^2 = s_k^2$. Він використовується при активному експерименті з однаковою повторністю (більше двох) числа дослідів, які підпорядковуються нормальному розподілу і залежить від числа дослідів n та кількості варіантів дослідів k (числа дисперсій). Таким чином матриця даних, отримана згідно з матрицею планування, складається із k повторень дослідів (паралельних дослідів), представленими колонками і n рядів (повторів). Ряди позначаються індексом i , колонки – j .

Перевірка однорідності дисперсій виконується обчисленням частки від ділення максимальної дисперсії s_{\max}^2 на суму всіх дисперсій $\sum_{i=1}^k s_i^2$

$$G_p = \frac{s_{\max}^2}{\sum_{i=1}^k s_i^2}, \quad (3.11)$$

Отримана частка порівнюється із критичним значенням $G_{\alpha(k,v)}$. Якщо $G_{(k,v)} < G_{\alpha(k,v)}$, то нульова гіпотеза підтверджується – всі вибіркові дисперсії є оцінками однієї генеральної сукупності, тобто однорідні. Якщо $G_{(k,v)} \geq G_{\alpha(k,v)}$, тобто перевірка на відтворюваність дала негативний результат, то залишається визначити відтворюваність або невідтворюваність експерименту щодо керованих змінних внаслідок наявності флуктуацій некерованих і неконтрольованих змінних, що створюють на виході великий рівень “шуму”, або наявність грубого промаху в рядку, звідки взята сумнівна дисперсія. У першому випадку слід підвищити точність вимірів, або встановити менші інтервали варіації факторів та підвищити повторність у дослідях, у другому — знайти грубий промах і замінити його результатом доброякісного виміру при відповідній комбінації чинників.

Для визначення значимості коефіцієнтів регресії використовується критерій Стьюдента, який є параметричним і вимагає наявності нормального розподілу оцінюваної сукупності. Цей критерій ґрунтується на обчисленні і оцінці частки від ділення різниці між середнім значенням \bar{X} і сумнівним X_c , тобто

максимальним X_{\max} чи мінімальним X_{\min} значенням вибірки на СКВ повної вибірки s . Нормальність досліджуваного розподілу підтверджується за формулою

$$t = \frac{\bar{X} - X_c}{s} \quad (3.12)$$

Отримані емпіричні значення t порівнюють з критичним $t_{\alpha(v)}$ і за умови $t \geq t_{\alpha(v)}$ результат X_c вважають грубою помилкою і виключається із розгляду.

Якщо є n вимірювань X_1, X_2, \dots, X_n і потрібно встановити оцінку довірчої межі для деякого майбутнього $(n+1)$ вимірювання, сумісного з іншими вимірами. Для цього визначається \bar{X} і s , користуючись n вимірами, а довірна межа для вимірювання X_{n+1} , сумісного з іншими n значеннями x , знайдемо з виразу

$$X_{n+1} - \bar{X} = t_{\alpha(v)} s \sqrt{\frac{n+1}{n}}, \quad (3.13)$$

для відповідного рівня значущості α і ступеня вільності $v = n - 1$.

Адекватність моделі перевіряється за допомогою критерію Фішера

$$F_p = \frac{S_{LF}^2}{S_y^2}, \quad (3.14)$$

де S_{LF}^2 – дисперсія неадекватності математичної моделі;

S_y^2 – дисперсія помилки досліджу.

Якщо для критерію Фішера виконується умова $F_p < F_{\text{табл}}$, то нульова гіпотеза буде відхилена за умови прийнятого рівня значущості, зазвичай при $\alpha = 0,05$.

Після отримання математичної моделі процесу визначаються оптимальні значення факторів (координати оптимуму поверхні відгуку) та вивчаються властивості цієї поверхні біля оптимуму. Пошук оптимуму здійснюється методом канонічного перетворення математичної моделі. Результатом перетворення рівняння регресії є форма поверхні відгуку та оптимальні координати поверхні відгуку або оптимальні значення факторів процесу роботи вакуумного насоса. Після цього проводять аналіз поверхні відгуку за допомогою двомірних

перетинів. Побудування двомірних перетинів виконуються з використанням програмного пакету Mathematica.

Пошук оптимуму здійснюється рішенням компромісної задачі, після визначення математичних моделей процесу за оцінювальними показниками та визначення оптимальних параметрів. На початку виділяються найбільш значимі фактори з кожної моделі та їх оптимальні параметри, потім із загального списку визначаються спільні фактори і аналізується діапазон їхніх оптимальних значень.

3.5 Висновки з розділу

Відповідно до програми експериментальних досліджень, розроблено:

– методику з дослідження фотодатчика визначення забрудненості молокопровідної лінії;

– методику дослідження режимів роботи гідроінжектора (насадки для створення струменя мийного розчину) системи промивання елементів доїльної установки.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Результати експериментальних досліджень фотодатчика визначення забрудненості молокопровідної лінії

В результаті досліджень фотодатчика визначення забрудненості молокопровідної лінії отримані дані, які зведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Зведені дані досліджень фотодатчика

V, мл	h, мм	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	ln(R ₂ /R ₁)	V, мл	h, мм	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	ln(R ₂ /R ₁)
1	0,768	10000	12658	0,2548	1	0,768	25000	29950	0,2538
2	1,156		14885	0,4312	2	1,156		35730	0,4365
3	1,482		17087	0,5795	3	1,482		41858	0,5995
4	1,774		19654	0,7285	4	1,774		46900	0,7162
5	2,041		22587	0,8754	5	2,041		55286	0,8844
1	0,768	15000	19368	0,3075	1	0,768	30000	35775	0,2555
2	1,156		22579	0,4695	2	1,156		42227	0,4262
3	1,482		26346	0,6312	3	1,482		48168	0,5612
4	1,774		29935	0,7642	4	1,774		57355	0,7395
5	2,041		34696	0,917	5	2,041		65004	0,867
1	0,768	20000	23027	0,2025	1	0,768	35000	37540	0,3052
2	1,156		27614	0,3925	2	1,156		43962	0,4675
3	1,482		31404	0,5262	3	1,482		51412	0,6278
4	1,774		36945	0,6942	4	1,774		58702	0,7632
5	2,041		42283	0,833	5	2,041		68124	0,9147

Графічна інтерпретація табл. 4.1 представлена на рис. 4.1. Лінійне рівняння регресії можна подати у вигляді:

$$h = 2,1237 \ln(R_2/R_1) + 0,4824. \quad (4.1)$$

Коефіцієнт кореляції отриманих даних з рівнянням (3.6) становить 0,9896. Згідно з критерієм Фішера $F = 1,92 > F_{0,05}(28;29) = 1,86$. Це свідчить про адекватність моделі. Враховуючи це, можна стверджувати, що вибір методу оцінки товщини шару молока, що залишився на стінках молочної лінії. Швидкість поглинання світла молоком становить $k_\lambda = 494,1 \text{ м}^{-1}$.

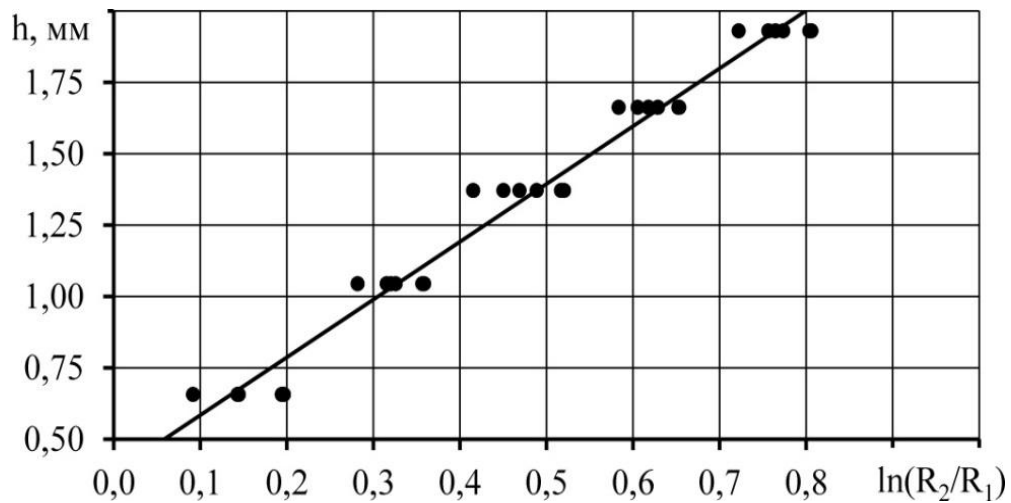


Рисунок 4.1 – Закономірність товщини шару молока h від логарифму відношення опору фоторезистора $\ln(R_2/R_1)$

Апроксимація даних табл. 4.1 дає змогу отримати залежність товщини шару молока h від його об'єму V в молокопровідній лінії, яка представлена на рис. 4.2:

$$h = -0,0194V^2 + 0,4331V + 0,2473. \quad (4.2)$$

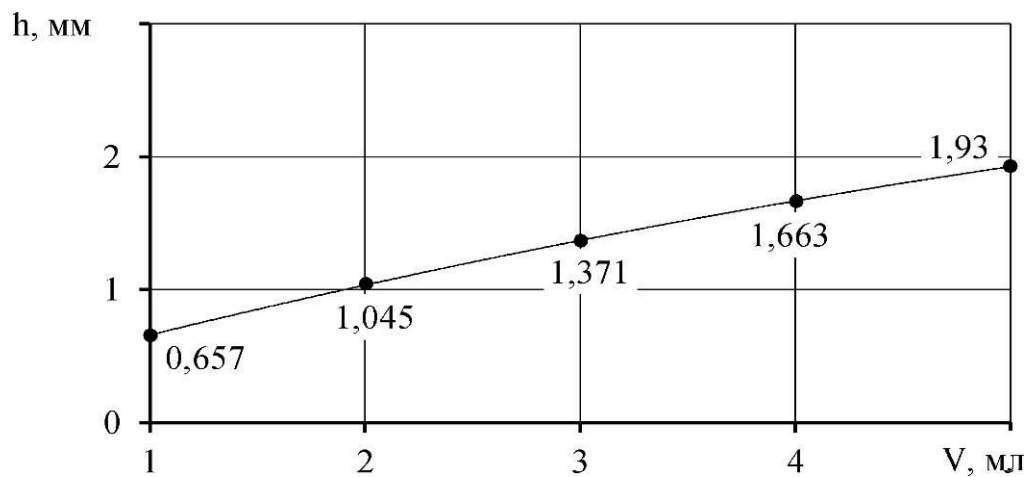


Рисунок 4.2 – Закономірність товщини шару молока h від його об'єму V в молокопровідній лінії

Згідно з критерієм Фішера $F = 0,99 < F_{0,05}(27;29) = 1,87$. Це свідчить про адекватність моделі.

У результаті другого етапу отримані дані, що наведені на рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, який відображає динаміку логарифма відношення опорів фоторезистора, та пропорційно значенню товщини шару молока, в процесі його стікання скляною трубою.

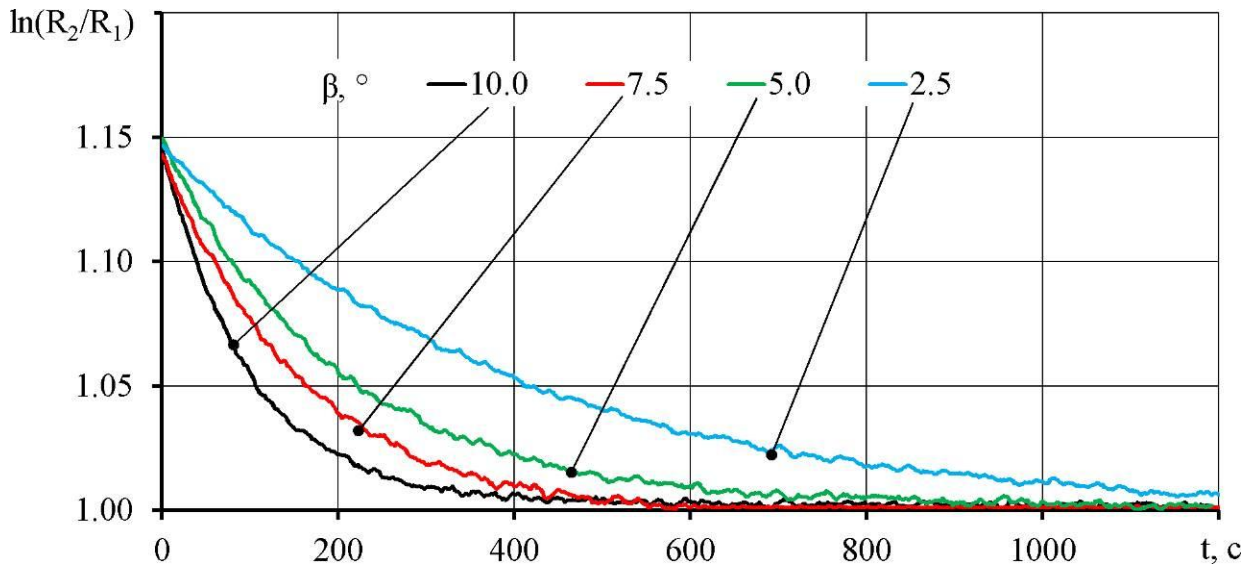


Рисунок 4.3 – Динаміка логарифма відношення опорів фоторезистора в процесі його стікання скляною трубою

Отримані залежності свідчать про доцільність використання розробленого обладнання для автоматичного визначення забруднення молочного трубопроводу під час технологічної експлуатації промивання систем молочних трубопроводів.

4.2 Результати досліджень режимів роботи гідроінжектора

В результаті обробки даних у програмному комплексі Mathematica отримана математична модель впливу досліджуваних факторів на силу струменя промивного розчину на поверхню F_a отримала

$$F_a = 58,7698 + 7,53566 x_1 + 0,953334 x_1^2 + 1,30602 x_2 - 0,4575 x_1 x_2 - 2,79158 x_2^2 - 1,16708 x_3 + 0,09 x_1 x_3 + 4,53155 x_2 x_3 - 3,49488 x_3^2. \quad (4.3)$$

Для цього рівняння на 95 % рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідні, значення критерію Кохрена $G = 0,1558 < G_{0,05}(2, 15) = 0,3346$.

Дисперсія адекватності математичної моделі $S_{ад}^2 = 0,6781$; дисперсія похибки дослідів $S_y^2 = 0,2803$; значення критерію Фішера $F = 2,418 < F_{0,05}(6, 30) = 2,43$; модель адекватна.

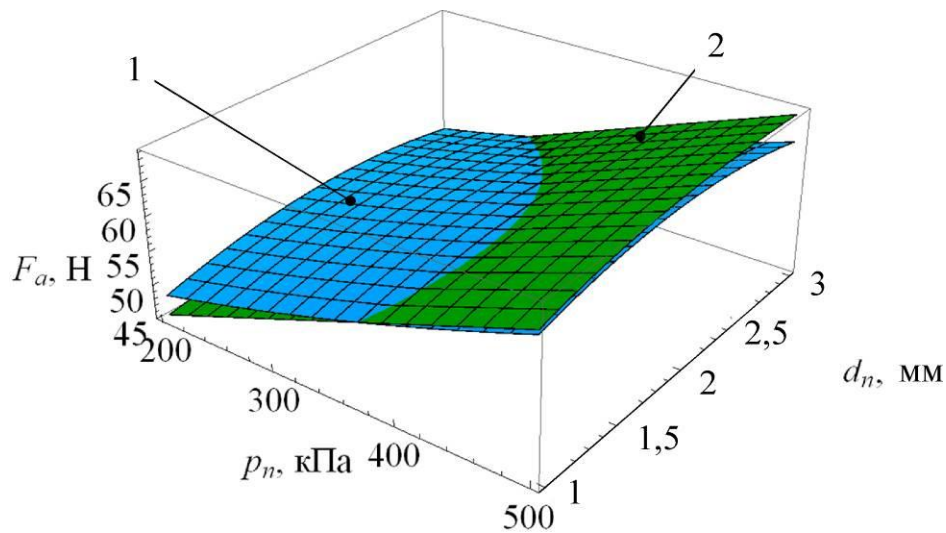
За табличним значенням критерію Стьюдента $t_{0,05}(30) = 2,04$ були відкинуті незначущі на рівні довірчої ймовірності більше 95 % коефіцієнти регресії і отримано рівняння у розкодованому вигляді:

$$F_a = 36,9444 - 2,79158 d_n^2 + 37,4935 H_j - 349,488 H_j^2 + 4,47673 d_n + 45,3155 H_j d_n - 0,00305 p_n d_n + 0,0266784 p_n + 0,0000423704 p_n^2. \quad (4.4)$$

Максимальне значення силу дії струменя мийного розчину на поверхню $F_a = 67,3$ Н досягається при $p_n = 500$ кПа, $d_n = 2,03$ мм, $H_j = 0,1855$ м. Фіксуючи почергово фактори досліджень на зазначеному рівні, побудовані на рис. 4.4–4.5, графічні інтерпретації експериментальної залежності (4.4) і теоретичної $F_a = p_a \pi R_a^2$ відповідно до (2.16) і (2.19).

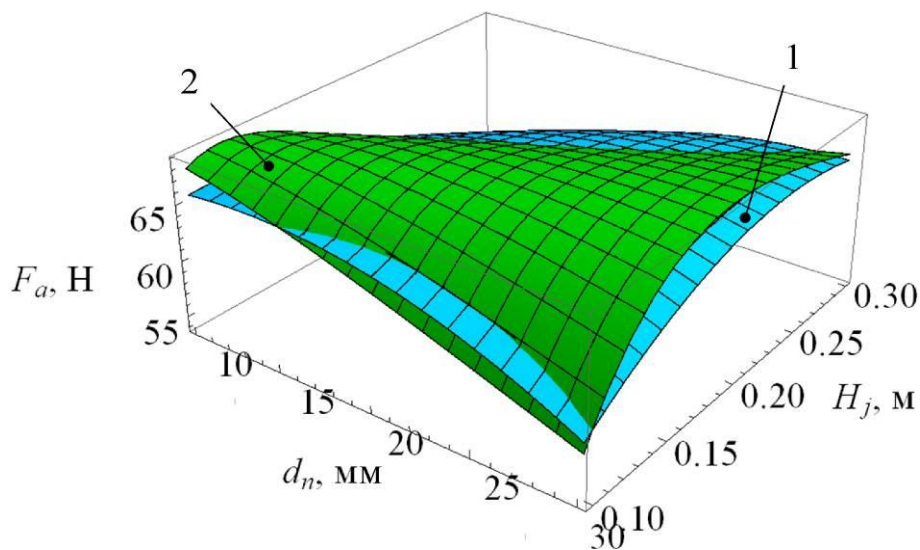
Наочне (згідно з рис. 4.4–4.5) і статистичне (за критерієм Фішера $F = 1,68 < F_{0,05}(6, 30) = 2,42$ і коефіцієнтом кореляції $R = 0,97$) порівняння теоретичних і експериментальних результатів досліджень дозволяє стверджувати про адекватність і логічність отриманих закономірностей сили дії струменя мийного розчину на поверхню F_a від факторів досліджень.

Також з рис. 4.4–4.5 видно, що із збільшенням тиску на виході насадки p_n сили дії струменя мийного розчину на поверхню F_a також збільшується, а для відстані між насадкою і поверхнею H_j і її внутрішнього діаметра d_n спостерігається оптимум, фізичний зміст якого пояснюється протилежністю залежностей радіуса струменя R_t (2.16) (рис. 2.5) і тиску струменя на поверхню молокопровідної системи p_a (2.19) (рис. 2.6).



1 – експериментальна залежність; 2 – теоретична залежність

Рисунок 4.4 – Закономірність значення сили дії струменя мийного розчину на поверхню F_a від тиску на виході насадки p_n і її внутрішнього діаметра d_n



1 – експериментальна залежність; 2 – теоретична залежність

Рисунок 4.5 – Залежність значення сили дії струменя мийного розчину на поверхню F_a від відстані між насадкою і поверхнею H_j і її внутрішнього діаметра d_n

В результаті обробки даних в програмному комплексі Mathematica математична модель впливу досліджуваних факторів на ступінь очищення поверхні від відкладень молока після промивання гідроінжектором χ мала вигляд

$$\begin{aligned} \chi = & 36,5154 + 2,1899 x_1 + 0,906648 x_1^2 - 0,0691821 x_2 - 1,72748 x_1 x_2 - \\ & - 3,87887 x_2^2 - 0,28071 x_3 + 0,413364 x_1 x_3 + 2,52184 x_2 x_3 - \\ & - 3,52624 x_3^2 + 2,05251 x_4 + 0,195778 x_1 x_4 - 0,23794 x_2 x_4 + \\ & + 0,150394 x_3 x_4 - 0,898557 x_4^2. \end{aligned} \quad (4.5)$$

Для цього рівняння на 95 % рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідні, значення критерію Кохрена $G = 0,2712 < G_{0,05}(2, 15) = 0,3346$.

Дисперсія адекватності математичної моделі $S_{ад}^2 = 2,750$; дисперсія похибки дослідів $S_y^2 = 2,434$; значення критерію Фішера $F = 1,13 < F_{0,05}(35, 90) = 1,55$; модель адекватна.

За табличним значенням критерію Стюдента $t_{0,05}(90) = 1,99$ були відкинуті незначущі на рівні довірчої ймовірності більше 95 % коефіцієнти регресії і отримано рівняння у розкодованому вигляді:

$$\begin{aligned} \chi = & - 3,88822 - 3,87887 d_n^2 + 90,6127 H_j - 352,624 H_j^2 + \\ & + 14,5026 d_n + 25,2184 H_j d_n - 0,0115165 p_n d_n + 0,0376324 p_n + \\ & + 0,564674 t_n - 0,00898557 t_n^2. \end{aligned} \quad (4.6)$$

Максимальне значення ступеня очищення поверхні від молочного відкладення після промивання гідроінжектором $\chi = 40,1$ % досягається при $p_n = 500$ кПа, $d_n = 1,75$ мм, $H_j = 0,191$ м. Фіксуючи по чергово фактори досліджень на зазначеному рівні, побудовані на рис. 4.6–4.7, графічні інтерпретації експериментальної залежності (4.6).

З рис. 4.6–4.7 видно, що із збільшенням тиску на виході насадки p_n та тривалості дії струменя на поверхню t_n ступень очищення поверхні від молочного відкладення після промивання гідроінжектором χ також збільшується, однак наближається до певного асимптотичного значення, а для відстані між насадкою і поверхнею H_j і її внутрішнього діаметра d_n спостерігається оптимум, фізичний зміст якого пояснюється протилежністю залежностей радіуса струменя R_t (2.16) (рис. 2.5) і тиску струменя на поверхню молокопровідної системи p_a (2.19) (рис. 2.6).

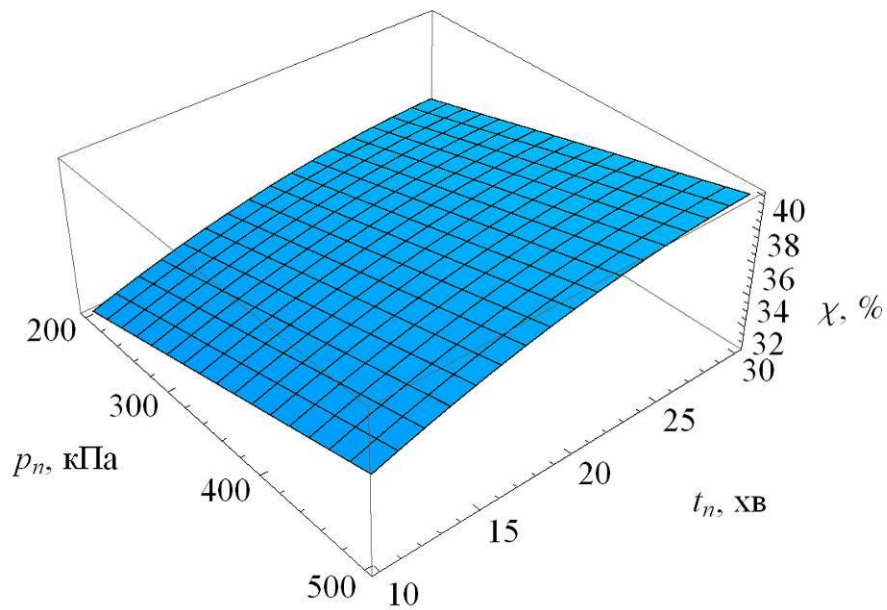


Рисунок 4.6 – Закономірність ступеня очищення поверхні від молочного відкладення після промивання гідроінжектором χ від тиску на виході насадки p_n та тривалості дії струменя на поверхню t_n

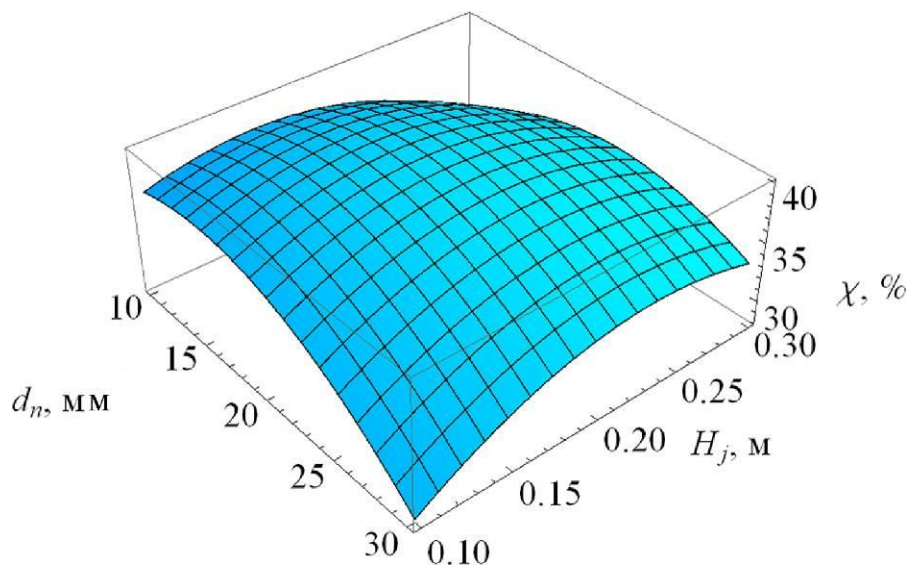


Рисунок 4.7 – Закономірність ступеня очищення поверхні від молочного відкладення після промивання гідроінжектором χ від відстані між насадкою і поверхнею H_j і її внутрішнього діаметра d_n

Раціональні конструктивно-режимні параметри гідроінжектора з умови максимуму ступеня очищення поверхні від молочного відкладення після промивання $\chi = 40,1 \%$ є наступними $p_n = 500$ кПа, $d_n = 1,75$ мм, $H_j = 0,191$ м.

4.3 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми автоматичної системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок

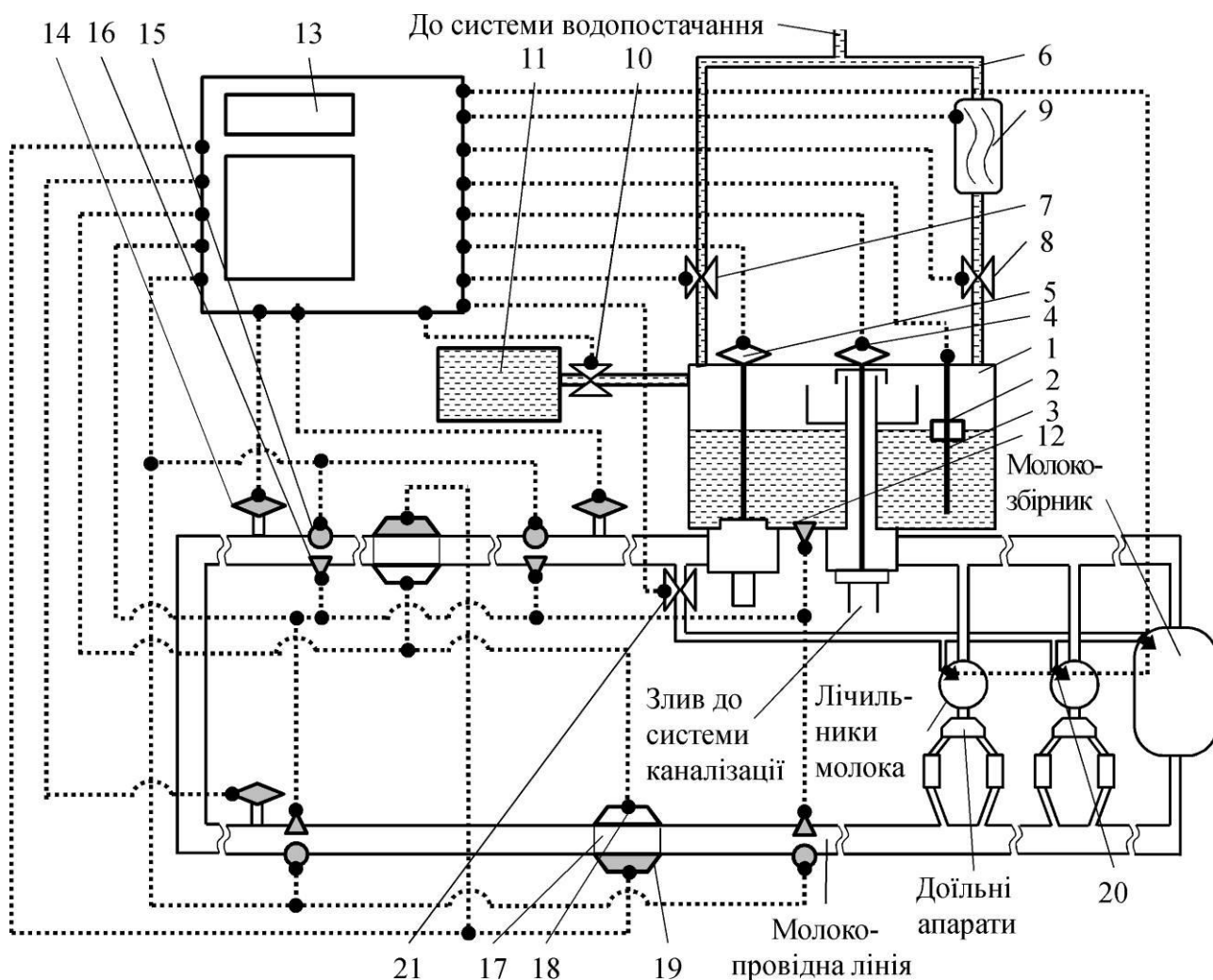
На основі отриманих математичних моделей процесу роботи промивання доїльних установок із повітряним і гідро- інжекторами, а також фотодатчика визначення забрудненості молокопровідної лінії доїльної установки розроблено систему промивання молокопровідної лінії доїльних установок із автоматизованим контролем його режимних параметрів.

Поставлено задачу створення такої автоматичної системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок, в якій за рахунок встановлення додаткових елементів можливо оперативно визначати стан забрудненості молокопровідної лінії і відповідно автоматично змінювати її режимні параметри, що дасть можливість виконувати відповідний технологічний процес із більш високою продуктивністю і якістю при зменшенні втрат води і енерговитрат.

Принцип роботи системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок пояснюється конструктивно-технологічною схемою, яка наведена на рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден..**

Автоматична система промивки молокопровідної лінії доїльних установок, яка містить бак, поплавок, датчик рівня миючого розчину, клапан циркуляції-зливу, клапан всмоктування рідини на молокопровід, трубопровід, електромагнітний клапан пуску холодної води, електромагнітний клапан пуску гарячої води, водонагрівач, електромагнітний клапан пуску концентрату миючого розчину, ємність, контрольний датчик температури, блок керування, яка відрізняється тим, що додатково забезпечена електромагнітними клапанами пуску повітря, датчиками вакуумметричного тиску, датчиками температури і фотодатчиками, що складаються із фотодіодів і фоторезисторів, які розміщені на

молокопровідній лінії доїльних установок і приєднані по засобам електричних проводів до блоку керування.



1 – бак; 2 – поплавок; 3 – датчик рівня мийного розчину; 4 – клапан циркуляції-зливу; 5 – молокопровід; 6 – трубопровід; 7 – електромагнітний клапан пуску холодної води; 8 – електромагнітний клапан пуску гарячої води; 9 – водонагрівач; 10 – електромагнітний клапан пуску концентрату мийного розчину; 11 – ємність; 12 – контрольний датчик температури; 13 – блок керування; 14 – електромагнітні клапани пуску повітря; 15 – датчики вакуумметричного тиску; 16 – датчики температури; 17 – фотодатчики; 18 – фотодіоди; 19 – фоторезистори; 20 – гідроінжектори; 21 – електромагнітний клапан пуску мийного розчину

Рисунок 5.1 – Загальний вигляд автоматичної системи промивки молокопровідної лінії доїльних установок

4.4 Висновки з розділу

1. Експериментальні дослідження дали змогу встановити доцільність використання обладнання для визначення забруднення молочного трубопроводу під час виконання операції промивання. Закономірність товщини шару молока, що рухається в скляній трубці, від опору фоторезистора.

2. В результаті експериментальних досліджень гідроінжектора встановлені закономірності величини дії струменя промивного розчину на поверхню F_a та ступеня очищення поверхні від відкладень молока після промивання χ від тиску сопла p_n , відстані між та його внутрішнього діаметра d_n .

3. Візуальне та статистичне (за критерієм Фішера $F = 1,68 < F_{0,05}(6, 30) = 2,42$ та коефіцієнтом кореляції $R = 0,98$) порівняння теоретичних та експериментальних результатів досліджень дозволяє стверджувати про адекватність та логічність отриманих залежностей сили дії. струмись промивного розчину на поверхні F_a від досліджуваних факторів у відповідному діапазоні їх значень.

4. $P_n = 500$ кПа, $d_n = 1,75$ мм, $H_j = 0,191$ м визначили як раціональні конструктивні та режимні параметри гідроінжектора з умови максимального ступеня очищення поверхні від відкладень молока після промивання $\chi = 40,1$ %.

5. На основі отриманих математичних моделей процесу роботи промивання доїльних установок із гідроінжекторами, а також фотодатчика визначення забрудненості молокопровідної лінії доїльної установки розроблено автоматичну систему її промивання, використання якої дозволяє виконувати відповідний технологічний процес із більш високою продуктивністю і якістю при зменшенні втрат води і енерговитрат.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Поняття охорони праці і аналіз можливих чинників аварійних ситуацій

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [83, 84].

Під час виконання робіт люди здатні переносити ушкодження без наслідків лише тоді, коли не перевищують певних меж. Для кожної людини ці межі індивідуальні, і залежать від фізичного здоров'я кожного працівника, а також від його психічного здоров'я. За межами цих рівнів і тривалості виникає не зворотне пошкодження організму, яке кваліфікується як нещасний випадок, травма тощо.

Поміж різних небезпечних чинників [85], які можуть спричинити певні дії на людину, виділяють шкідливі і небезпечні виробничі чинники. Небезпечний виробничий чинник – це такий, дія якого на працюючих у певних умовах призводить до травми, тривалого каліцтва або іншого раптового погіршення здоров'я.

Аналіз умов праці, побуту і профілактики травматизму дозволяє виявити причини і визначити закономірності їх виникнення. На основі такої інформації розробляються заходи та засоби щодо профілактики виробничого травматизму.

5.2 Аналіз процесу обслуговування насоса дозатора мийних розчинів для доїльних установок

Процес обслуговування насоса дозатора є складним технологічним процесом. Він полягає у виконанні певного ряду операцій по обслуговуванню насоса дозатора доїльної установки, для видалення залишків молока і його компонентів після доїння. Даний процес може повторюватися 2-3 рази на добу

для отримання чистоти та дезінфекції доїльного обладнання.

Даний процес полягає у дозованому змішуванні води та концентрованого миючого засобу і пропусканню миючого розчину через молокопровід та доїльну апаратуру згідно технології промивки. Додатково ця технологія має ще й процеси підігріву води та відкачування миючого розчину

Обслуговування насоса дозатора може здійснюватися як окремим оператором, так і оператором машинного доїння (далі оператор), які ознайомлені з будовою та роботою даного обладнання.

При обслуговуванні насоса дозатора доїльної установки, мають місце наступні небезпечні фактори:

1. Промивка молокопроводів та доїльної апаратури здійснюється з використанням хімічних миючих речовин, які можуть негативно впливати на стан здоров'я оператора.

2. Машини і обладнання, яке використовується при виконанні даного технологічного процесу живляться від електричної мережі 220 В, тому існує небезпека ураження працівника електричним струмом внаслідок короткого замикання чи несправності заземлення.

3. Приготування миючого розчину передбачає використання гарячої води, для підігріву якої застосовують електроводонагрівачі, тому існує небезпека травмування працівника рідиною високої температури.

4. Для подачі нагрітої води до насоса дозатора застосовується металевий трубопровід, тому існує небезпека контакту оператора з нагрітими елементами обладнання і травмування високими температурами.

5. Стіни і підлога апаратної. Де встановлено обладнання промивки викладені облицювальною плиткою, тому існує небезпека травмування оператора при падінні на слизькій підлозі.

Виконання вищезгаданих умов техніки безпеки дасть можливість уникнути небезпеки виникнення травм і нещасних випадків під час виконання робіт по обслуговуванню обладнання циркуляційної промивки молочно-доїльного

обладнання

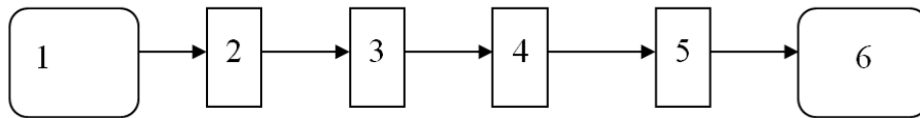
5.3 Моделювання процесів виникнення травм при виконанні технологічного процесу

Метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків слід використовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, виявлених під час перевірки робочих місць, окремих марок машин, агрегатів, а також різних конструкцій, виробничих процесів та технологій. Але дослідження показали, що будь-яка аварія чи катастрофа може бути наслідком однієї з багатьох потенційно небезпечних ситуацій або їх поєднання. Тому метод логічного моделювання не може бути використаний для моделювання складних процесів, що імітують формування та виникнення складних аварій. Розрахувавши рівень безпеки, можна спрямувати вдосконалення конструкції технічних засобів на зменшення їх безпеки, а також вжити термінових заходів щодо усунення небезпек з більш високим рівнем.

Метод "дерево", "дерево несправностей" або "дерево помилок та помилок оператора" використовується для аналізу складних систем. Аналіз обставин та причин різних аварій, виробничого травматизму та деяких катастроф показав, що процеси утворення та виникнення цих явищ можна моделювати заздалегідь, використовуючи метод побудови "дерева" відмов та помилок системи людина-машина оператори в сільському господарстві. Основні принципи побудови моделі такі. Вивчається дослідження, на якому нещасні випадки, виробничий травматизм мали місце раніше або можуть мати місце.

Для побудови логічно-імітаційних моделей використовують різні символи, що характеризують певні події. Як правило, побудова моделі починається з основної операції, а наступні розміщуються зверху вниз до основних подій (рис. 5.1).

Кожен блок рисунка, позначений відповідним номером, означає подію, або окремий етап побудови моделі.



1 – тип системно-головної події; 2 – послідовність подій, що призводять до поломки (аварії) системи; 3 – послідовність подій представлена логічними операторами "І", "АБО" та іншими; 4 – усі вхідні та вихідні події, що входять в модель, зображені у вигляді прямокутників з відповідними написами; 5 – послідовний підхід до основних подій, частоти яких відомі; 6 – основні події зображені у вигляді кіл з написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі ("дерево помилок").

Рисунок 5.1 – Модель дерева помилок

Для висвітлення можливих небезпек та факторів, які призводять до небезпечної ситуації (травми, нещасного випадку тощо), проводять моделювання процесу виникнення небезпечної ситуації та її наслідків.

Для прикладу виконаємо моделювання процесу виникнення небезпечної ситуації (травми або нещасного випадку) під час виконання операцій по обслуговуванню насоса дозатора. Для цього побудуємо логіко-імітаційні моделі процесу виникнення травм у оператора (рис. 5.2-5.3).

В даній моделі:

⊕ – оператор «і»;

⊗ – оператор «або»;

1,2,3... – номери подій;

0,3; 0,4; ,05 – ймовірність подій.

Ймовірність виникнення вихідної події (ураження оператора високою температурою) P_{11} визначаємо з наступних математичних виразів:

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,1 + 0,3 - 0,1 \cdot 0,3 = 0,37$$

$$P_7 = P_4 + P_5 + P_6 - P_4 \cdot P_5 - P_4 \cdot P_6 - P_5 \cdot P_6 + P_4 \cdot P_5 \cdot P_6 = \\ 0,1 + 0,2 + 0,3 - 0,1 \cdot 0,2 - 0,1 \cdot 0,3 - 0,2 \cdot 0,3 + 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,3 = 0,496$$

$$P_{10} = P_8 + P_9 - P_8 \cdot P_9 = 0,4 + 0,3 - 0,4 \cdot 0,3 = 0,58$$

$$P_{11} = P_3 \cdot P_7 \cdot P_{10} = 0,37 \cdot 0,496 \cdot 0,58 = 0,106$$

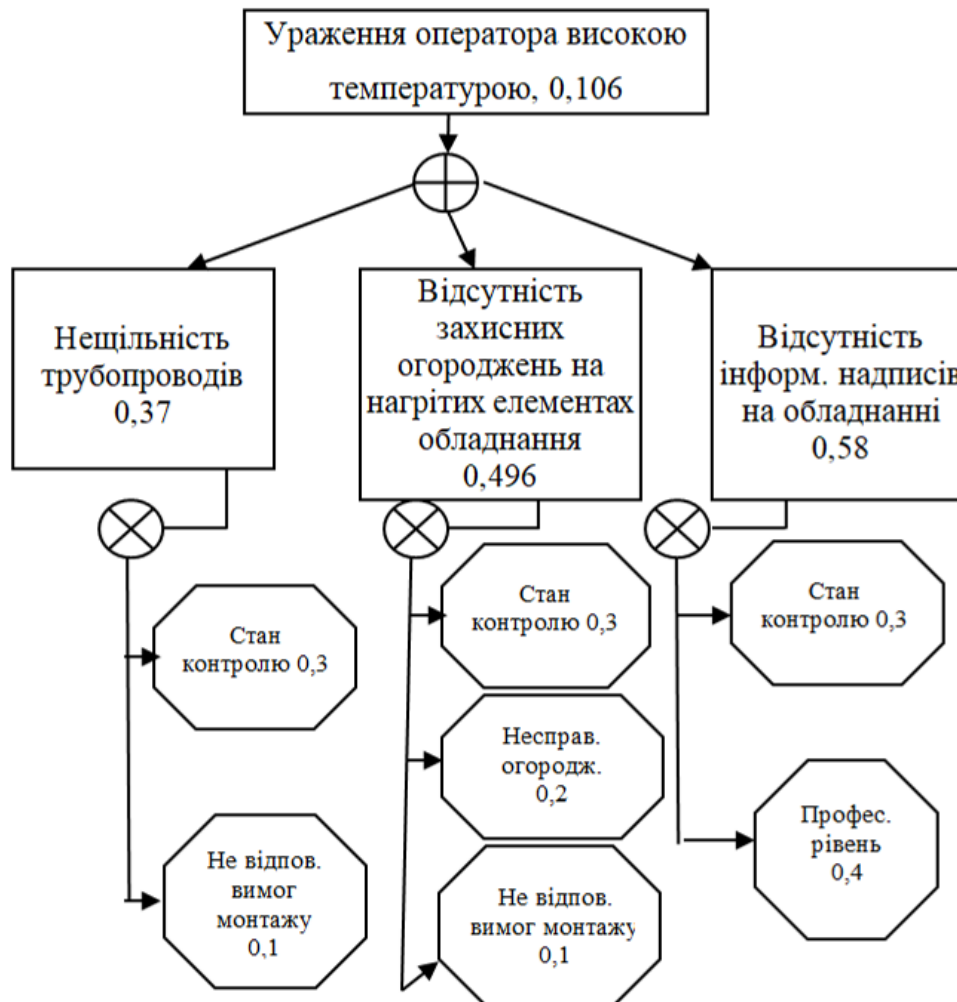


Рисунок 5.2 – Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травми в наслідок ураження оператора високою температурою

Ймовірність виникнення вихідної події (ураження оператора електричним струмом) P_{11} визначаємо з наступних математичних виразів:

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 = \\ = 0,1 + 0,2 + 0,3 - 0,1 \cdot 0,2 - 0,1 \cdot 0,3 - 0,2 \cdot 0,3 + 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,3 = 0,496$$

$$P_8 = P_5 + P_6 + P_7 - P_5 \cdot P_6 - P_5 \cdot P_7 - P_6 \cdot P_7 + P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 = \\ = 0,1 + 0,2 + 0,3 - 0,1 \cdot 0,2 - 0,1 \cdot 0,3 - 0,2 \cdot 0,3 + 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,3 = 0,496$$

$$P_{11} = P_9 + P_{10} - P_9 \cdot P_{10} = 0,4 + 0,3 - 0,4 \cdot 0,3 = 0,58$$

$$P_{12} = P_4 \cdot P_8 \cdot P_{11} = 0,496 \cdot 0,496 \cdot 0,58 = 0,143$$

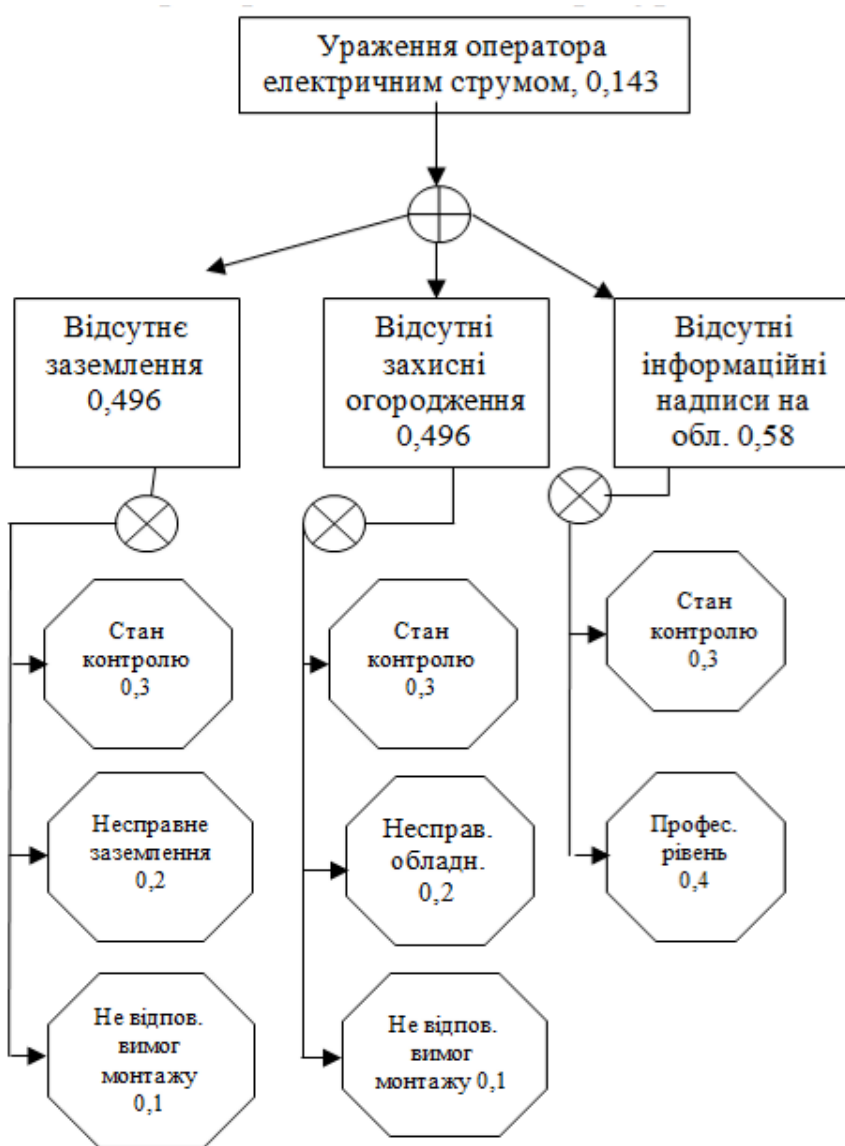


Рисунок 5.3 – Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травми в наслідок ураження оператора електричним струмом

Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень працюючих, підвищити контроль та використати обладнання за всіма вимогами техніки безпеки), то можна побачити на моделі шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до нуля.

Таблиця 5.1 – Результати обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційна модель травмування оператора в наслідок ураження високою температурою

Випадкова подія, що увійшла в дану модель	Номер події	Показник %
Не відповідність вимогам монтажу	1	0,1
Стан контролю	2	0,3
Нещільність трубопроводів	3	0,37
Не відповідність вимог монтажу	4	0,1
Несправне огороження	5	0,2
Стан контролю	6	0,3
Відсутність захисних огорожень на нагрітих елементах обладнання	7	0,496
Професійний рівень	8	0,4
Стан контролю	9	0,3
Відсутність інформаційних надписів на обладнанні	10	0,58
Ураження оператора високими температурами	11	0,106

Таблиця 5.2 – Результати обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційна модель травмування оператора в наслідок ураження електричним струмом

Випадкова подія, що увійшла в дану модель	Номер події	Показник %
Не відповідність вимогам монтажу	1	0,1
Несправне заземлення	2	0,2
Стан контролю	3	0,3
Відсутність заземлення	4	0,496
Не відповідність вимог монтажу	5	0,1
Несправне обладнання	6	0,2
Стан контролю	7	0,3
Відсутність захисних огорожень	8	0,496
Професійний рівень	9	0,4
Стан контролю	10	0,3
Відсутність інформаційних надписів на обладнанні	11	0,58
Ураження оператора електричним струмом	12	0,143

5.4 Заходи по попередженню травматизму і запобіганню нещасним випадкам на робочому місці оператора

Вивчивши всі небезпечні ситуації, що можуть виникнути на робочому місці оператора насоса дозатора промивки молокопроводу та доїльної апаратури, а також проаналізувавши логіко-імітаційну модель процесу виникнення травми у працівника, можна намітити наступні заходи по попередженню травматизму і запобіганню нещасним випадкам.

Не допускати до експлуатації обладнання та машини, що не відповідає всім вимогам безпеки та не має відповідних документів про здачу його в експлуатацію, завірених монтажною організацією та замовником.

До роботи з насосом дозатором допускати тільки осіб, які пройшли навчання, ознайомленні з будовою та роботою даного обладнання а також пройшли всі інструктажі. Не допускати до експлуатації машин без захисного заземлення [86, 87, 88, 89, 90, 91]. Трубопроводи, по яких подається гаряча вода позначити, або закрити щитками, щоб унеможливити контакт працівника з нагрітою поверхнею. Приміщення, в яких встановлено насос дозатор і зберігаються миючі засоби, обладнати приточно-витяжною вентиляцією. Підлогу застелити гумовими килимками. Приміщення де встановлено насос дозатор обладнати засобами пожежогасіння та аптечкою [92, 93, 94, 95].

5.5 Висновки з розділу

Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці досліджено стан охорони праці та аналіз травматизму при машинному доїнні. Проведено аналіз процесу обслуговування насоса дозатора мийних розчинів для доїльних установок. Розглянуті заходи по попередженню травматизму і запобіганню нещасним випадкам на робочому місці оператора.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПРОМИВАННЯ МОЛОКОПРОВІДНОЇ ЛІНІЇ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК

6.1 Методика розрахунку економічної ефективності

Техніко-економічні розрахунки виконані згідно з методом економічного оцінювання техніки на етапі випробування, яка є галузевим стандартом України ДСТУ 4397:-2005.

Річний економічний ефект E_p від впровадження автоматичної системи промивання молокопроводної лінії доїльних установок визначається за формулою

$$E_p = \Pi_B - \Pi_H + E_y, \quad (6.1)$$

де Π_B , Π_H – сукупні експлуатаційні витрати для базового і нового варіанту системи промивання молокопроводної лінії доїльних установок відповідно, грн.;

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

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

$$E_y = C_{yH} - C_{yB}, \quad (6.2)$$

де C_{yB} , C_{yH} – загальна вартість молока, одержаної у разі застосування базового і нового варіанту системи промивання молокопроводної лінії доїльних установок відповідно, грн.

Загальна вартість молока визначається за формулою

$$C_y = \Pi_p \cdot \Pi_B, \quad (6.3)$$

де Π_p – річний надій молока у господарстві, л;

Π_B – базова ціна за 1 л молока залежно від його гатунку, грн./л;

Сукупні експлуатаційні витрати визначаються за формулою

$$\Pi_E = Z + \Gamma + B + P + A, \quad (6.4)$$

де Z – витрати на оплату праці, грн.

Γ – витрати на електроенергію, грн.

$$\Gamma = C_E \cdot E; \quad (6.5)$$

E – річні витрати електроенергії доїльної установки під час промивання, кВт·год.;

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

B – витрати води під час промивання, грн.

$$B = C_E \cdot W; \quad (6.6)$$

W – річні витрати води під час промивання, м³;

C_E – ціна 1 м³ води, грн.;

P – витрати на технічне обслуговування і ремонт, грн.

$$P = B \cdot (r_{TO} + r_K); \quad (6.7)$$

B – балансована вартість доїльної установки, грн.;

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

r_K – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

A – витрати на амортизацію, грн.

$$A = B \cdot r_A; \quad (6.8)$$

r_{TO} – коефіцієнт відрахувань на амортизацію.

У зв'язку з тим, що базовий від нового варіанту системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок не відрізняється за кількістю обслуговуючого персоналу і часу їх роботи, то в формулі (6.4) опустимо витрати на оплату праці і перепишемо її у вигляді

$$\Pi_E = \Gamma + B + P + A. \quad (6.9)$$

6.2 Результати розрахунку

Вихідні дані для проведення техніко-економічного розрахунку представлені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для проведення техніко-економічного розрахунку

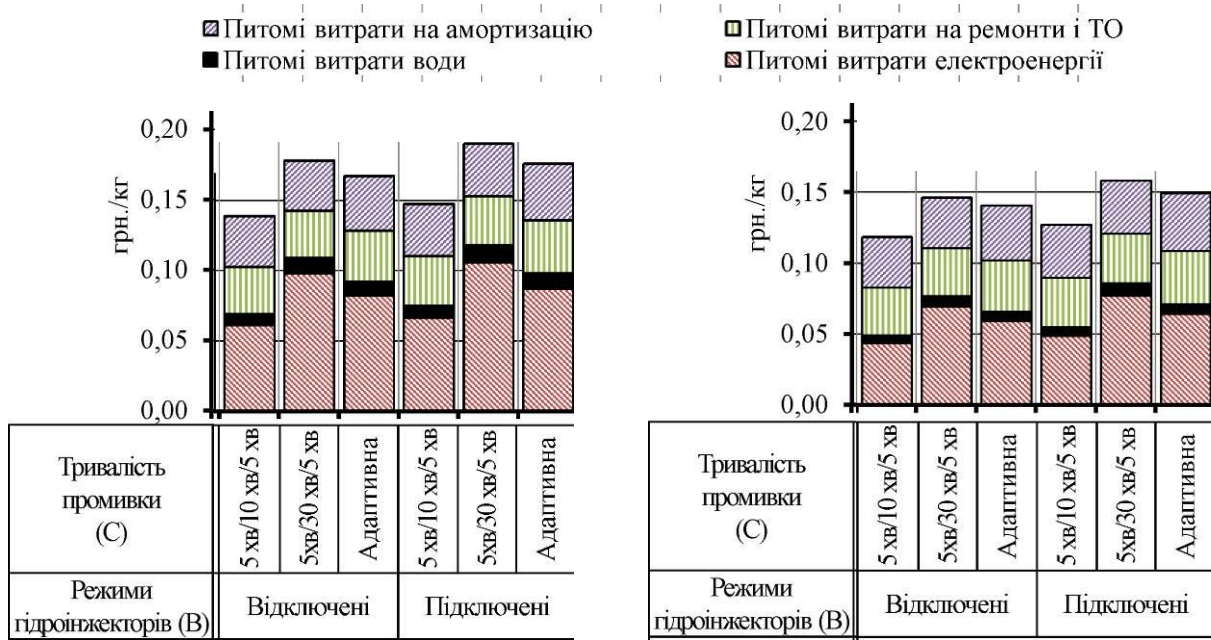
Показник	Значення
Поголів'я, гол.	100
Середній річний надій від однієї коррови, кг	5000
Період лактації, днів	305
Кратність доїння	2
Ціна на воду, грн./м ³	18,45
Ціна електроенергії, грн./кВт·год	1,90
Ціна на молоко "Екстра", грн./кг	9,84
Ціна на молоко "Вищий ґатунок", грн./кг	9,45
Ціна на молоко "Перший ґатунок", грн./кг	9,31

Враховуючи отримані дані і зазначені вище формули (6.1)-(6.9) проведемо техніко-економічний розрахунок кожного з досліджуваних варіантів.

Графічне представлення структури питомих витрат кожного з досліджуваних варіантів для двох типів доїльних установок наведено на рис. 6.1. Аналіз рисунків показує, що загальні питомі витрати для доїльної установки УДМ-100 «Брацлавчанка» вище (0,13-0,19 грн./кг), ніж для УДЕ-16 Ялинка (0,11-0,16 грн./кг).

Можна зробити висновок про ґатунок отриманого молока після проходження через промиту молокопровідну систему доїльної установки. Залежно від ґатунку формується вартість отриманого молока згідно з формулою (6.3). Взявши за базу перший варіант системи промивання (без додаткового техніко-технологічного забезпечення) отримуємо питомий додатковий економічний ефект залежно від режиму системи промивання (рис. 6.1).

Взявши різницю питомого додаткового економічного ефекту і питомих загальних витрат, отримуємо питомий економічний ефект (на 1 кг молока) використання розробленої автоматичної системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок для різних режимів (рис. 6.2).



УДМ-100 «Брацлавчанка»

УДЕ-16 Ялинка

Рисунок 6.1 – Структура питомих витрат по кожному з досліджуваних варіантів

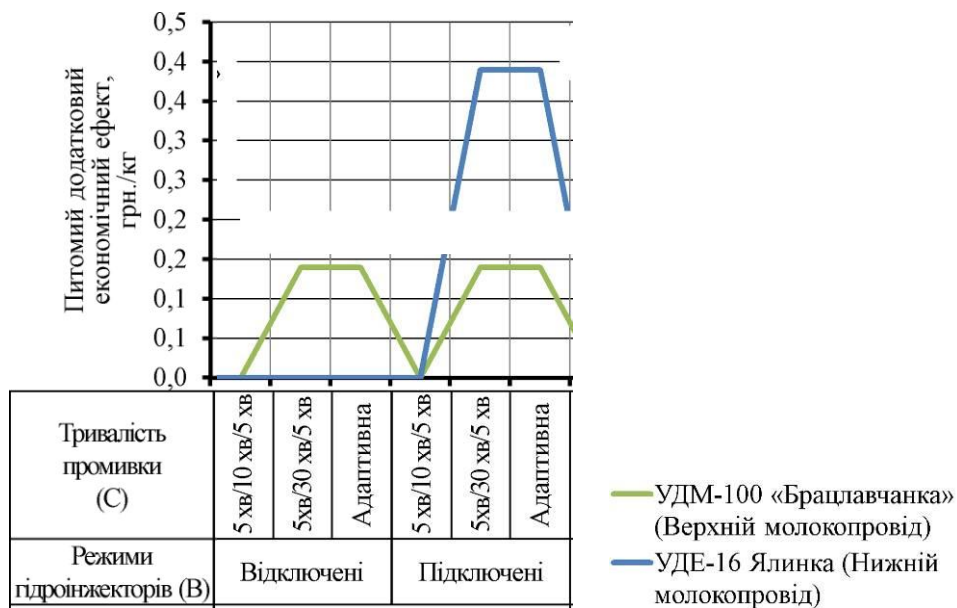


Рисунок 6.2 – Залежність питомого додаткового економічного ефекту

З рис. 6.2 видно, що для доїльної установки УДМ-100 «Брацлавчанка» відсутність повітряного інжектора призводить до того, що експлуатаційні витрати перевищують додатковий економічний ефект. А найбільший питомий економічний ефект (0,11 грн./кг) спостерігається для варіанту із адаптивною тривалістю промивання за відключених гідроінжекторів. Дійсно в поданому

випадку наявність гідроінжекторів збільшує питомі експлуатаційні витрати при незначному поліпшенні якості молока.

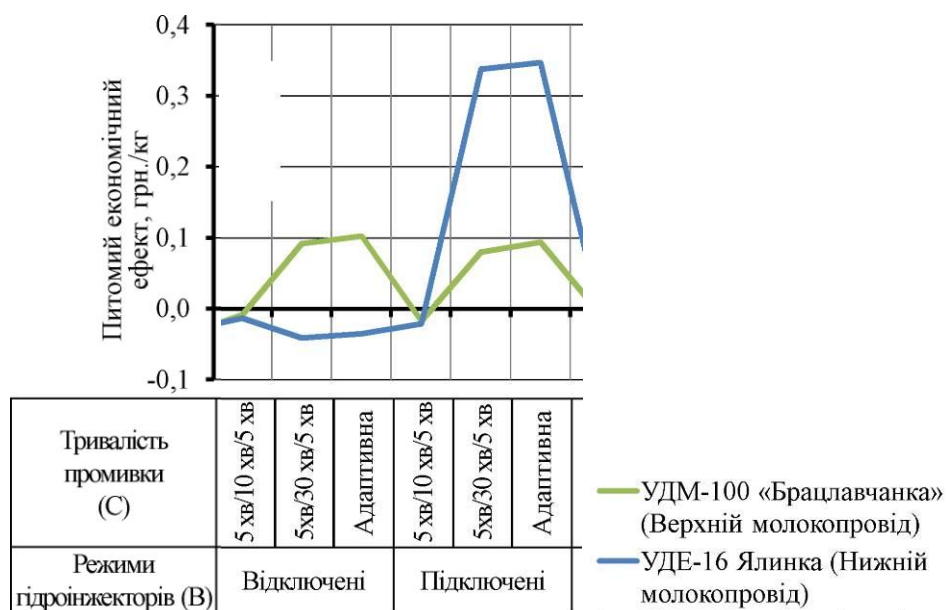


Рисунок 6.3 – Залежність питомого економічного ефекту

Інша картина спостерігається для доїльної установки УДЕ-16 Ялинка: найбільший питомий економічний ефект (0,36 грн./кг) спостерігається для варіанту із адаптивною тривалістю промивання за підключених гідроінжекторів.

Тобто можна зробити висновок про те, що для різних типів доїльних установок необхідно використовувати відповідні режими роботи розробленої автоматичної системи промивання молокопровідної лінії.

6.3 Висновки з розділу

За результатами техніко-економічних розрахунків встановлено, що для доїльної установки УДМ-100 «Брацлавчанка» найбільший питомий економічний ефект (0,11 грн./кг) спостерігається для варіанту із адаптивною тривалістю промивання за відключених гідроінжекторів. Для доїльної установки УДЕ-16 Ялинка найбільший питомий економічний ефект (0,36 грн./кг) спостерігається для варіанту із адаптивною тривалістю промивання за підключених гідроінжекторів.

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу чинників і наслідків ефективності промивки доїльно-молочного обладнання показав, що утворення забруднень на внутрішніх поверхнях молокопровідної лінії в результаті неякісного промивання призводить до збільшення бактеріального забруднення молока і як наслідок до зниження його гатунку. Аналіз технічного забезпечення промивки доїльно-молочного обладнання показав, що найбільш ефективними є циркуляційні системи промивки із регульованим утворенням пробкового режиму з використанням гідроінжекторів. Встановлено, що для підвищення ефективності і ресурсозбереження процесу промивки доїльно-молочного обладнання необхідно адаптувати контроль оцінки стану поверхонь молокопровідної системи і гідродинамічних параметрів руху двофазного мийного розчину.

2. У результаті аналітичних досліджень адгезії між відкладеннями і поверхнею молокопровідної лінії встановлено закономірність найменшої швидкості переміщення мийного розчину від властивостей крапель відкладень (і поверхневого натягу σ_{ml} і краєвих кутів β , γ) при визначених діаметрах молокопровідної системи D_m .

3. Розроблено фізико-математичну модель процесу роботи гідроінжектора системи помивки, що створює струмінь мийного розчину направленої дії для очищення внутрішніх поверхонь молокопровідної системи. Внаслідок аналітичних досліджень отримані закономірності радіуса ділянки удару струменя R_a і його тиску на поверхню молокопровідної системи p_a від діаметра отвору сопла d_n , відстані до нього H_j при різних значеннях тиску p_n . Беручи до уваги технічну базу молочно-доїльного обладнання за базовий генератор гідравлічного тиску обрано насос молочний, який максимум може надати 300 кПа (≈ 3 атм). При цьому $d_n = 2,1$ мм, $H_j = 0,166$ м, $R_a = 0,0236$ м.

4. Експериментальні дослідження дали змогу встановити доцільність використання обладнання для визначення забруднення молочного трубопроводу під час виконання операції промивання. Закономірність товщини шару молока,

що рухається в скляній трубці, від опору фоторезистора.

5. В результаті експериментальних досліджень гідроінжектора встановлені закономірності величини дії струменя промивного розчину на поверхню F_a та ступеня очищення поверхні від відкладень молока після промивання χ від тиску сопла p_n , відстані між та його внутрішнього діаметра d_n .

6. Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці досліджено стан охорони праці та аналіз травматизму при машинному доїнні. Проведено аналіз процесу обслуговування насоса дозатора мийних розчинів для доїльних установок. Розглянуті заходи по попередженню травматизму і запобіганню нещасним випадкам на робочому місці оператора.

7. За результатами техніко-економічних розрахунків встановлено, що для доїльної установки УДМ-100 «Брацлавчанка» найбільший питомий економічний ефект (0,11 грн./кг) спостерігається для варіанту із адаптивною тривалістю промивання за відключених гідроінжекторів. Для доїльної установки УДЕ-16 Ялинка найбільший питомий економічний ефект (0,36 грн./кг) спостерігається для варіанту із адаптивною тривалістю промивання за підключених гідроінжекторів.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 3662:2018. (2019). Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови. К.: ДП «УкрНДНЦ».
2. Дегтерев, Г. П., Рекин, А. М. (2000). Новые моющие-дезинфицирующие средства. Молочная промышленность. № 4. С. 445–448.
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. Дегтерев, Г. П. (2000). Качество молока в зависимости от санитарного состояния доильного оборудования. Молочная промышленность. № 5. С. 23–26.
7. Березуцкий В. И. (2000). Совершенствование технологии циркуляционной мойки молокопровода доильной установки УДС-3А: Дис. ... канд. техн. наук. Зерноград. 158 с.
8. 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.
9. Цой, Ю. А., Мамедова, Р. А. (2007). Параметры пробкового режима течения жидкости в молокопроводе при промывке. Техника в сельском хозяйстве. М. Вып. 2. С. 3–4.
10. 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.

11. Емцев, В. Т., Шильникова, В. К. Микробиология. М.: Агропромиздат, 1990. 191 с.
12. Палій, А. П. (2015). Встановлення чинників, які впливають на процес промивання молокопроводу. Вісник Полтавської державної аграрної академії. Полтава. № 1–2. С. 80–83.
13. 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»).
14. Фокіна, А. О. (2017). Гігієна доїння корів. Студентський науковий вісник [МНАУ]. 2017. Вип. 2 (10): Сільськогосподарські науки. С. 264–269.
15. Кривохижа, Є. М., Жукорський, О. М., Никифорук, 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.
16. Крижанівський, Я. Й. (2004). Методичні підходи до визначення бактеріологічних нормативів ефективності технологій одержання молока. Ветеринарна біотехнологія. Бюл. № 4. С. 115–119.
17. Мартиненко, І. І. (1995). Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. К.: Урожай, 1995. 224 с.
18. Жмырко, А. М. (2005). Обоснование параметров и режимов работы системы мойки молокопровода доильных установок для доения коров в стойлах: Дис. ... канд. техн. наук. зерноград. 159 с.
19. Пунько, А. И. (2006). Обоснование параметров автомата промывки доильной установки АП-100. Вестн Нацыянальнай Акадэмі Навук Беларусь. №5. С. 199-201.
20. Мамедова, Р. А. (2008). Интенсификация циркуляционной промывки доильных установок: Дис. ... канд. техн. наук. Москва. 163 с.
21. Coj, J. A., Mamedova, R. A. (2005). The influence of parameters milk pipeline of milking installation on modes of motion an gas-liquid to mixtures. Problemy

intensyfikacji produkcji zwierzecej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów UE. Warszawa. P. 355–359.

22. Цой, Ю. А., Мамедова, Р. А. (2006). Исследования пробкового режима движения жидкости при промывке молокопровода. Новые направления развития технологий и технических средств в молочном животноводстве Сб научных трудов XIII Международного симпозиума по вопросам машинного доения сельскохозяйственных животных. Минск. С 92–97.

23. Бойко, А. Я., Зеленцов, А. И., Мамедова, Р. А. (2006). Технологические основы и опыт создания программируемых автоматов промывки доильного оборудования. Сб. материалов научн.-практ. конф., посвященной 55-летию ПГСХА. Пенза. С. 239–241.

24. Бойко, А. Я., Барский, П. К., Мамедова, Р. А. (2008). Обоснование параметров водосберегающих режимов циркуляционной промывки доильных установок. Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 6-й международной научно-технической конференции. Ч. 3. М. ГНУ ВИЭСХ. С. 153–156.

25. Королёв, А. С. (2010). Разработка методов и технических средств для оценки качества очистки молочных линий доильных установок : Дис. ... канд. техн. наук. Оренбург. 129 с.

26. Матвеев, В. Б. (2011). Повышение эффективности промывки доильных установок на основе пневмомеханического интенсификатора с активными рабочими органами : Дис. ... канд. техн. наук. Москва. 141 с.

27. Палій, А. П. (2018). Обґрунтування, розробка та ефективність застосування інноваційних технологій і технічних рішень у молочному скотарстві : Дис. ... докт. с.-г. наук. Миколаїв. 382 с.

28. Reinemann, D. J. (1995). System Design and Performance Testing for Cleaning Milking Systems. Proc. Designing a Modern Milking Center, Northeast Regional Agricultural Engineering Services National Conference, Rochester New York, Nov. 29 dec. I.

29. Палій, А. П. (2014). Дослідження процесу очищення доїльних установок різного типу після доїння. Науково-технічний бюллетень. НААН, Ін-т тваринництва. Харків. № 112. С. 109–114.

30. Кирсанов, В. В. (2001). Структурно-технологическое обоснование эффективного построения и функционирования доильного оборудования. Дис. ... докт. техн. наук. Москва. 470 с.

31. Жмырко, А. М. (2002). Основные закономерности очистки молокопровода с применением периодической подачи упругих пробок в моющую жидкость. Совершенствование процессов и технических средств в АПК. зерноград. Вып. 4. С. 38–40.

32. Жмырко, А. М. (2003). Усовершенствованная система мойки молокопроводов увеличенного диаметра. Научная молодежь – Агропромышленному комплексу. зерноград. С. 128–130.

33. Жмырко, А. М. (2003). Динамика пневмопривода устройства подачи воздуха в систему очистки молокопровода от загрязнений. Физ.-техн. проблемы создания нов. технологий в АПК: Сб. науч. тр. Ставрополь. Т. II. С. 411-415.

34. Краснов, И. Н., Жмырко, А. М. (2003). Исследование течений газожидкостных смесей по молокопроводу доильных установок в процессе его мойки. Совершенствование процессов и технических средств в АПК. зерноград. Вып. 5. С. 25–29.

35. Жмырко, А. М. (2005). Качество очистки деталей молокопровода от загрязнений при его циркуляционной мойке. Совершенствование процессов и технических средств в АПК. зерноград, 2005. С. 62–65.

36. Жмырко, А. М. (2005). Обоснование режимов очистки молокопровода увеличенного диаметра от загрязнений. Совершенствование процессов и технических средств в АПК. зерноград. С. 59–62.

37. Краснов, И. Н., Жмырко, А. М. (2005). Совершенствование технологии очистки от загрязнений молокопроводов увеличенного диаметра. Известия высш. уч. заведений. Северокавказский регион. Технические науки. С. 56–62.

38. С2 2220566 RU 7 А 01 J 7/02, В 08 В 9/027. Устройство для промывки молокопроводов доильных установок. Краснов И. Н., Жмырко А. М. (Азово-Черноморская гос. агроинж. академия). № 2002102301; Заявл. 25.01.2002. Изобретения. 2004. № 1. С. 574.

39. С2 2233581 RU 7 А 01 J 7/00. Устройство для промывки молокопроводов доильных установок. Краснов И. Н., Жмырко А. М. (Азово-Черноморская гос. агроинж. академия). № 2002129176; Заявл. 31.10.2002. Изобретения. 2004. № 22. С. 353.

40. 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.

41. Палій, А. П. (2016). Контроль очищення молокопровідної лінії на основі технологічних інновацій. Вісник аграрної науки. № 10. С. 26–29.

42. Палій, А. (2015). Технологічні інновації у визначенні чистоти доїльного обладнання. Тваринництво України. № 9. С. 5–8.

43. Патент на корисну модель UA 62161 U, МПК А01J 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.

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

45. Пат. на корисну модель № 113770 UA, МПК А01J7/00, А01J7/02. Стенд для дослідження чистоти промивання молокопроводу доїльних установок. А. П. Палій. № u 201608959; заявл. 22.08.2016; опубл. 10.02.2017; Бюл. № 3.

46. Блок управления автоматом промывки БУАП-03 (версии 3.0 и 3.1) WM-TURBO. Паспорт, техническое описание и инструкция по эксплуатации. (2017). Вінниця. ВАТ «Брацлав». 14 с.

47. Указания к проведению электромонтажных работ электронных устройств для доильного оборудования. (2014). Вінниця. ВАТ «Брацлав». 81 с.
48. Эффективная промывка. Проспект фирмы De Laval. 2018. 25 с.
49. Инструкция по эксплуатации и монтажу автомата промывки SineTherm. Инструкция фирмы GEA Farm Technologies. 2010. 210 с.
50. Системная книга фирмы De Laval: Автомат промывки C100E. 2003. 95 с.
51. Руководство по эксплуатации автомата промывки E.M.W. Инструкция фирмы PANAZOO. 2005. 25 с.
52. Инструкция по эксплуатации автомата промывки TOP WASH. Инструкция фирмы InterPuls. 2008. 22 с.
53. Руководство по установке и обслуживанию автомата промывки UNIWASH2. Инструкция фирмы SAC. 2003. 90 с.
54. Матвеев, В. Ю., Кирсанов В. В. (2011). Интенсификация и энергосбережение в системах промывки молокопроводов доильных установок. Сб. научн. трудов. Научно-технический прогресс в животноводстве – инновационные технологии и модернизация в отрасли: Т. 21, Ч. 4. М.: ВНИИМЖ. С. 9–14.
55. Кирсанов В. В., Матвеев, В. Ю. (2011). Теоретическое обоснование механического устройства с активным рабочим органом для очистки молокопроводов доильных установок. Сб. научн. трудов. Научно-технический прогресс в животноводстве – инновационные технологии и модернизация в отрасли: Т. 21, Ч. 4. М. : ВНИИМЖ. С. 9-14.
56. Кирсанов В. В., Матвеев, В. Ю. (2011). Теоретическое обоснование интенсификации режимов промывки молокопроводов доильных установок. Сб. научн. трудов. Научно-технический прогресс в животноводстве – инновационные технологии и модернизация в отрасли: Т. 21, Ч. 4. М. : ВНИИМЖ. С. 9–14.
57. Харьков, С. В. (1983). Обоснование режима промывки доильной установки унифицированного ряда и разработка технических средств для его реализации : Дис. ... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону. 143 с.

58. Остроухов, А. И., Пучин, Е. А. (2012). Современное моющее средство для очистки доильно-молочного оборудования. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. № 5 (56). С. 14–17.

59. Пат. № 94570, Україна С11D 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.

60. 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.

61. 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.

62. Засекін, Д., Пушкова, А., Димко, Р. (2017). Сучасні вимоги до мийно-дезінфікуючих 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.

63. 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.

64. 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.

65. Зимон, А. Д. (1977) Адгезия пленок и покрытий. Монография. М. : Химия. 352 с.
66. Зимон, А. Д. (1974) Адгезия жидкости и смачивание. Монография. М. : Химия. 416 с.
67. Зимон, А. Д. (1967) Адгезия пыли и порошков. Монография. М. : Химия. 372 с.
68. Tsuyoshi Hattori, Seiichi Koshizuka (2019). Numerical simulation of droplet behavior on an inclined plate using the Moving Particle Semi-implicit method. Mechanical Engineering Journal. Bulletin of the JSME. Vol. 6. No. 5. P. 1–16. DOI: 10.1299/mej.19-00204
69. Hattori, T., Hiai, D., Akaike, S., Koshizuka, S. (2016). Improvement of wetting calculation model on polygon wall in the MPS method. Transactions of the JSME (in Japanese). Vol. 82. No. 835. DOI:10.1299/transjsme.15-00602.
70. Пальтиель, Л. Р., Зенин, Г. С., Вольнец, Н. Ф. (2004). Физическая химия: поверхностные явления и дисперсные системы. СЗТУ. 69 с.
71. Hattori, T., Sakai, M., Akaike, S., Koshizuka, S. (2018). Numerical simulation of droplet sliding on an inclined surface using moving particle semi-implicit method. Computational Particle Mechanics. Vol. 5. Issue. 4. pp.477–491.
72. Annapragada, S. R., Murthy, J. Y., Garimella, S V. (2012). Droplet Retention on an Incline. CTRC Research Publications. 160 p. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2011.09.057>.
73. Matsunaga, T., Shibata, K., Koshizuka, S. (2018). Boundary integral based polygon wall representation in the MPS method. Transactions of the JSME (in Japanese). Vol. 84. No. 864. DOI:10.1299/transjsme.18-00197.
74. Yuhashi, N., Matsuda, I., Koshizuka, S. (2016). Calculation and validation of stirring resistance in cam-shaft rotation using the moving particle semi-implicit method. Journal of Fluid Science and Technology. Vol. 11. No. 3. DOI:10.1299/jfst.2016jfst0018.
75. Zhang, T. G., Koshizuka, S., Shibata, K., Murotani, K., Ishii, E. (2015). Improved wall weight function with polygon boundary in moving particle semi-implicit

method. Transactions of the Japan Society for Computational Engineering and Science. DOI:10.11421/jsces.2015.20150012.

76. Абрамович, Г. Н. (2011). Теория турбулентных струй. Репринтное воспроизведение издания 1960 г. М. : ЭКОЛИТ. 720 с.

77. ISO 3918. Milking machine installations – Vocabulary. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. 42 p.

78. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. 52 p.

79. ISO 6690. Milking machine installations – Mechanical tests. Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. 46 p.

80. Корн, Г., Корн, Т. (1970). Справочник по математике для научных работников и инженеров. М. : Наука. 720 с.

81. Гагарин, А. П. (1988). Бугера-Ламберта-Бера закон. Физическая энциклопедия: [в 5 т.]. Советская энциклопедия. Т. 1: Ааронова – Бома эффект Длинные линии. С. 232–233. 707 с.

82. Сивухин, Д. В. (2005). § 89. Поглощение света и уширение спектральных линий. Общий курс физики. М., 2005. Т. IV. Оптика. С. 582–583.

83. Закон України «Про охорону праці» Документ 2694-ХІІ, чинний, поточна редакція. Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>.

84. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Київ: Держстандарт України, 1999. 22 с.

85. ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів

86. Про затвердження Порядку проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки. Документ 687-2004-п, чинний, поточна редакція — Редакція від 04.03.2016, підстава - 76-2016-п. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/687-2004-п#Text>

87. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. 01.07.2016.

88. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

89. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ДНАОП 0.00-1.21-98). Документ z0093-98, поточна редакція — Прийняття від 09.01.1998. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98#Text>.

90. НПАОП 40.1-1.07-01 (ДНАОП 1.1.10-1.07-01) Правила експлуатації електрозахисних засобів. Приказ от 05.06.2001 № 253.

91. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів. Документ z1143-06, чинний, поточна редакція — Редакція від 21.02.2017, підстава - z0132-17. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#Text>.

92. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. МОЗ України. Наказ 08.04.2014 № 248. Документ z0472-14, чинний, поточна редакція. Прийняття від 08.04.2014. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>.

93. ГОСТ 12.0.003-74 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація. 01.01.1976. Чинність документа відновлена з 26.04.2019 до 01.01.2022 згідно з наказом від 24.04.2019 № 111.

94. ГОСТ 12.0.003-74 56. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 № 15 і зареєстрованого у Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за № 231/10511 зі змінами. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text>.

95. Закон України «Про екстрену медичну допомогу». Документ 5081-VI, чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-IX. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5081-17#Text>.

Додатки

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

**Обґрунтування параметрів гідроінжекторів системи промивки
доїльних установок**

Виконав: студент групи МГМЗ-1-19
Мельник Анастасія Олександрівна

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

Дніпро, 2020

Метою досліджень є підвищення ефективності роботи системи промивання доїльно-молочного обладнання шляхом використання гідроінжекторів з автоматизованим керуванням їх режимних параметрів в залежності від стану забруднення молочної системи.

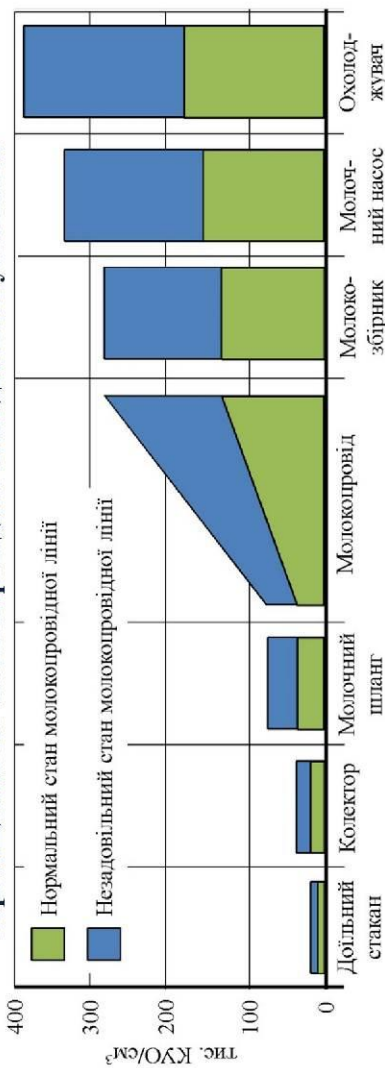
Для досягнення поставленої мети необхідно вирішення наступних **задач**:

- встановити напрямки удосконалення технічного забезпечення процесу промивки доїльно-молочного обладнання;
- провести дослідження адгезії молочного забруднення і поверхнею молочної системи;
- створити фізико-математичну модель процесу роботи гідроінжектора системи промивки доїльно-молочного обладнання;
- розробити автоматизацію керування забрудненості молочної системи;
- виконати експериментальні дослідження системи автоматизованого керування режимних параметрів гідроінжекторів.

Вимоги до якості молока за ДСТУ 3662:2019

Назва показника, одиниця вимірювання	Норма для гатунків вищій першій екстра		Методи контролювання
	< 100	< 300	
Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (за температури 30 °С), тис. КУО/см ³	< 100	< 300	ДСТУ 7357, ДСТУ 7089, ДСТУ ISO 4833, ДСТУ IDF 100B
Кількість соматичних клітин, тис/см ³	< 400	< 400	ДСТУ ISO 13366-1, ДСТУ ISO 13366-2

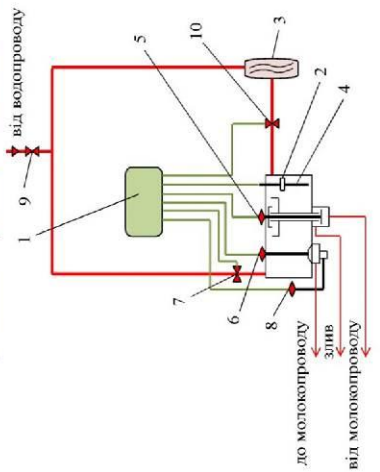
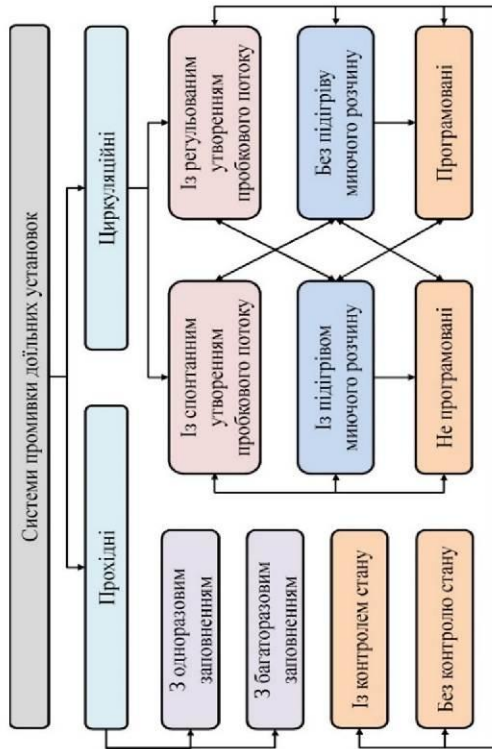
Зміна бактеріального обсіменіння молока під час його переміщення по молокопровідній лінії доїльної установки



Фрагменти механічних забруднень на окремих ділянках молокопровідних систем (Панин А.А., 2010 р.).



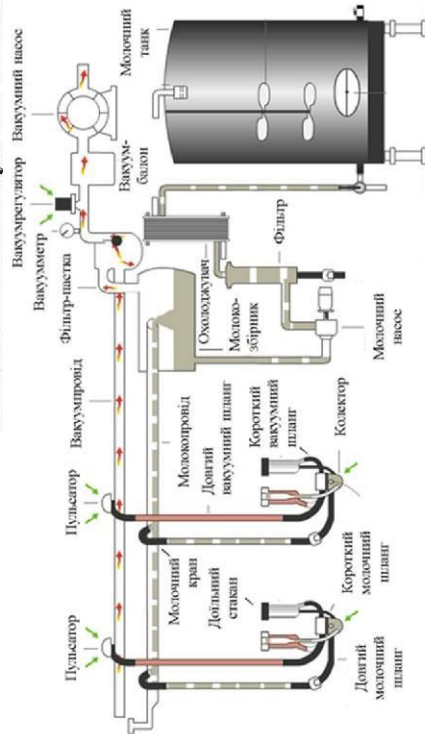
Класифікація системи промивання доїльних установок



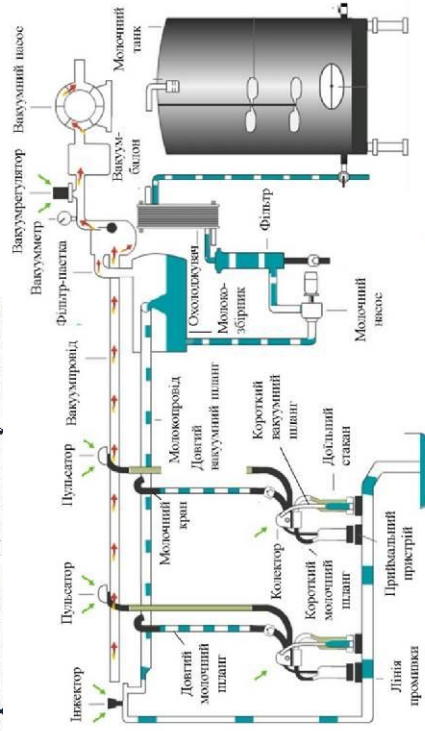
1 – блок керування, 2 – потлавок, 3 – водонагрівач, 4 – датчик рівня мийного розчину, 5 – клапан циркуляції-зливу, 6 – клапан всмоктування рідини на молокопровід баку, 7 – електромагнітний клапан пуску холодної води, 8 – клапан пуску повітря, 9 – кран підключення води від водопроводу, 10 – електромагнітний клапан пуску гарячої води

Схема і загальний вигляд автомата промивки АП-03 (БУАП-03), виробництва ТДВ «Брацлав»

Загальна схема існуючої системи промивання доїльної установки



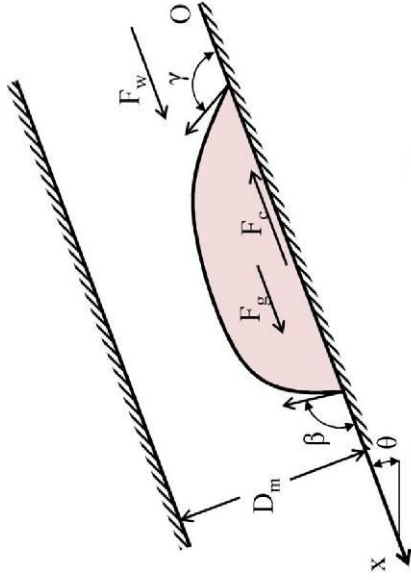
Із спонтанним утворенням пробкового режиму



Із регульованим утворенням пробкового режиму

Теоретичні дослідження явища адгезії між молочними відкладанями і поверхнею молокопровідної системи

5



Розрахункова схема дії сил на краплю молочного відкладення

Сила тяжіння (проекція на вісь молокопроводу0):

$$F_g = \rho_m V_m g \sin \theta$$

Сила адгезії: $F_c = c_f \sigma_{mf} r_k (\cos \gamma - \cos \beta)$

Сила Стокса: $F_w = c_{f2} \pi \mu_f r_k u_f \sqrt{Re_f}$

Об'єм відкладення у вигляді краплі рідини:

$$V_m = \frac{\pi(1 - \cos \beta)^2 (2 + \cos \gamma) r_k^3}{24 \sin^3 \beta}$$

Радіус площі контакту краплі

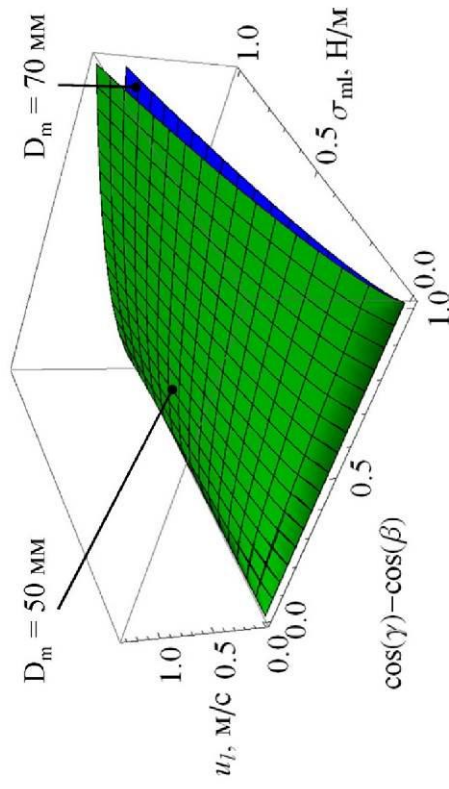
$$F_c = c_f \sqrt{\frac{24 \sin^3 \beta (\cos \gamma - \cos \beta)^3 \sigma_{mf}}{\rho_m g (1 - \cos \beta)^2 (2 + \cos \beta) \sin \theta}}$$

Умова руйнування адгезії між відкладанями і поверхнею молокопровідної лінії:

$$F_w > F_c - F_g.$$

Найменша допустима швидкість руху мийного розчину, що забезпечує руйнування адгезії:

$$u_1 = \left[\frac{(\pi - c_1) \sigma_{ml} (\cos \gamma - \cos \beta)}{c_2 \pi \sqrt{D_m} \rho_l \mu_l} \right]^{2/3}$$



Залежність найменшої допустимої швидкості руху мийного розчину від фізико-механічних властивостей молочних відкладень при різних діаметрах молокопровідної лінії D_m

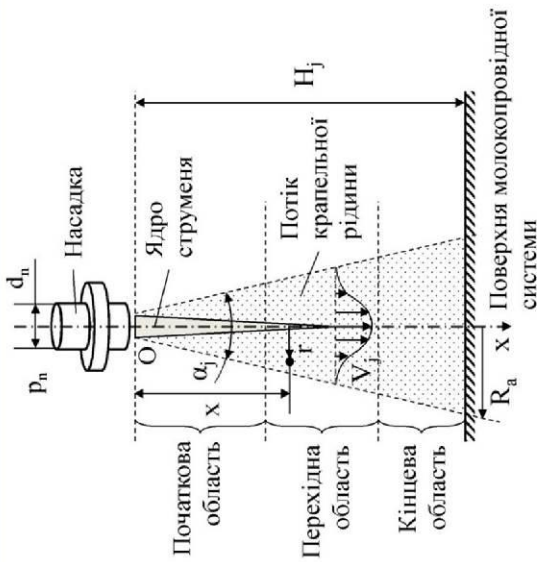


Схема зміни структури струменя мийного розчину з віддаленням від сопла до поверхні молокопровідного обладнання

Умова розрахунку параметрів гідравлічного інжектора:

$$F_a > F_{cs}$$

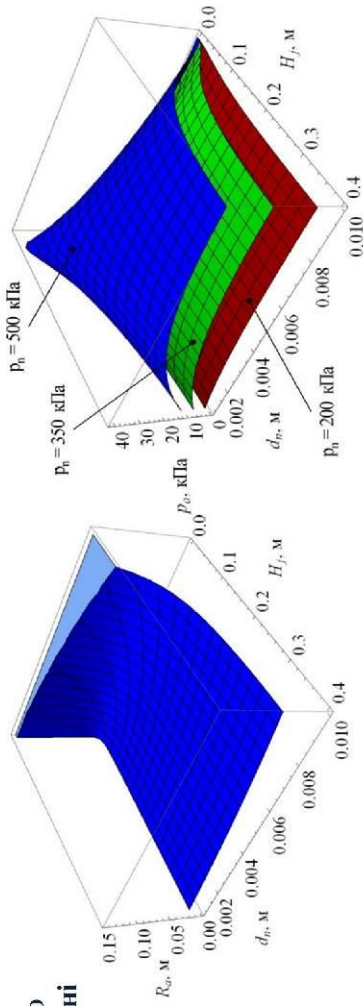
де $F_a = p_a \pi R_a^2$ - сила дії струменя мийного розчину.

Радіус області

$$R_a = (3,4ax + 0,5d_n)^2 \cdot (2ax + 0,29d_n) / (3,84a^2x^2)$$

Тиск струменя на поверхню молокопровідної системи

$$p^a = p_n \cdot (1,92a^2x^2d_n / ((3,4ax + 0,5d_n)^2 \cdot (2ax + 0,29d_n)))^2$$



Залежність радіуса області удару струменя R_a і тиску струменя на поверхню молокопровідної системи p^a від внутрішнього діаметра насадки d_n і відстані до неї H_j при різних значеннях тиску на виході насадки P_n

Рациональні значення параметрів

$$d_n = 0,0021 \text{ м}, H_j = 0,166 \text{ м},$$

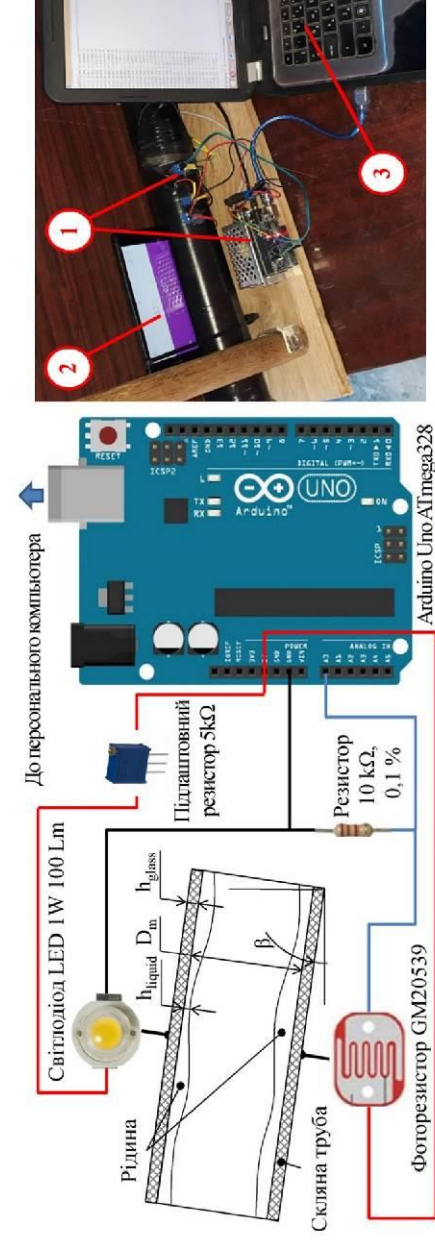
$$R_a = 0,00236 \text{ м}, P_n = 420 \text{ кПа}.$$

Метою експериментальних досліджень є доповнення математичних моделей переміщення двофазного мийного розчину молокопровідною лінійою доїльної установки та перевірка адекватності отриманих залежностей впливу режимних і технологічних параметрів технічного забезпечення системи промивки на ефективність процесу очищення доїльних установок.

Програмою досліджень передбачено:

- розробити і дослідити фотодатчик визначення забрудненості молокопровідної лінії;
- провести експериментальні дослідження роботи гідроінжектора (насадки для створення струменя мийного розчину) системи промивки доїльної установки.

Методика досліджень фотодатчика визначення забрудненості молокопровідної лінії

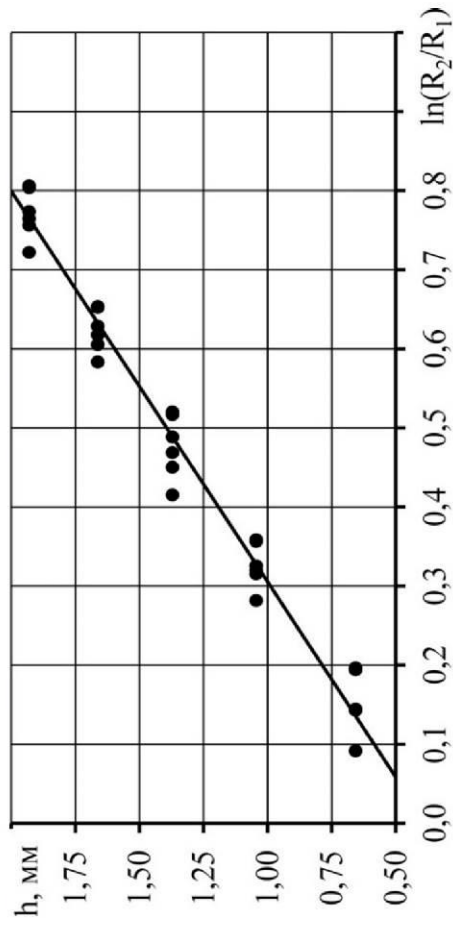


1 – фотодатчик; 2 – цифровий кутомір; 3 – персональний комп'ютер
 Схеми фотодатчика і загальний вигляд обладнання для визначення залежності інтенсивності світла, що поглинається молоком від товщини його шару

Товщина шару молока на стінках фотодатчика

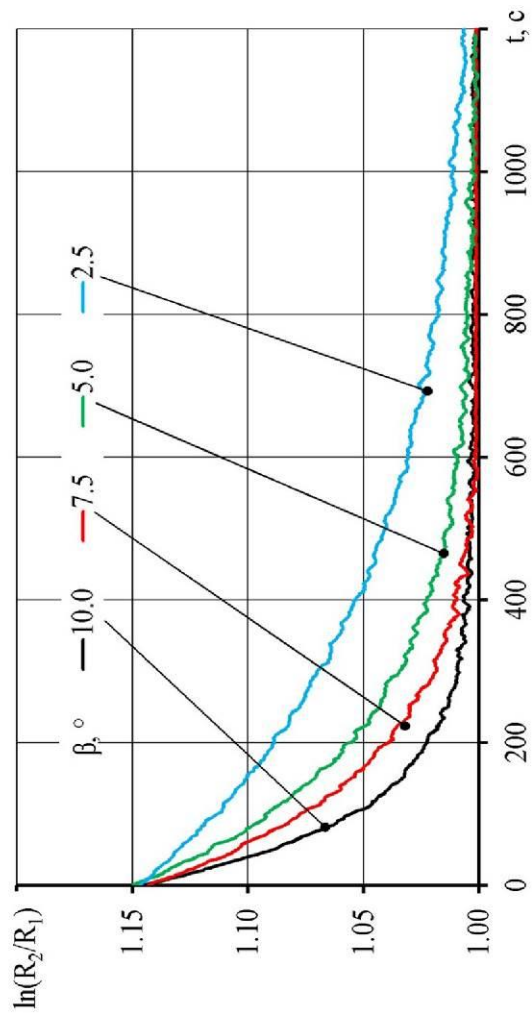
$$h_{\text{milk}} = k_{\lambda, \text{milk}}^{-1} \ln(R_2 / R_1)$$

де R_2 – поточне значення опору на фотодатчику, Ом;
 R_3 – початкове значення опору на фотодатчику, Ом;
 $k_{\lambda, \text{milk}}$ – показник поглинання світла молоком, м^{-1}



Залежність товщини шару
молока h від логарифму
відношення опорів фоторезистора
 $\ln(R_2/R_1)$

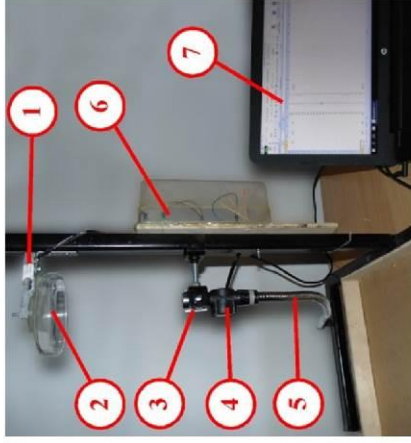
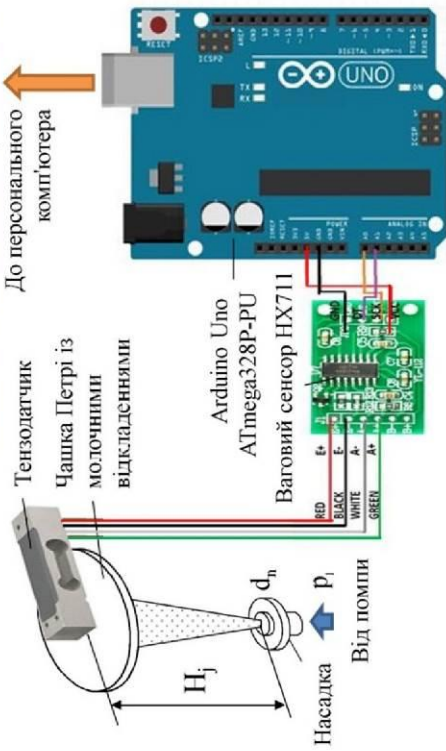
$$h = 2,0237 \ln(R_2/R_1) + 0,3824$$



Динаміка логарифма
відношення опорів
фоторезистора в процесі
його стікання по
скляній трубці

Методика експериментальних досліджень режимів роботи гідравлічного інжектора 9

Схема і загальний вигляд експериментального стенду для дослідження робочого органу гідроінжектора системи промивання (насадки із отвором круглої форми)



- 1 – тензодатчик; 2 – чашка Петрі; 3 – насадка;
 4 – датчик тиску; 5 – трубопровід;
 6 – Arduino Uno ATmega328P-PU;
 7 – персональний комп'ютер

Межі та інтервали факторів експериментальних досліджень

Рівень	Тиск на виході насадки P_{in} , кПа (x_1)	Внутрішній діаметр насадки d_{in} , м (x_2)	Відстань між насадкою і поверхнею H_j , м (x_3)	Тривалість дії струменя на поверхню t_{ps} , хв (x_4)
(+1)	500	0,003	0,3	30
(0)	350	0,002	0,2	20
(-1)	200	0,001	0,1	10
Інт.	150	0,001	0,1	10

Ступінь очищення поверхні від молочного відкладення

$$\chi = \frac{m''_{Petri} - m'_{Petri}}{m'_{Petri} - m_{Petri}} 100\%$$

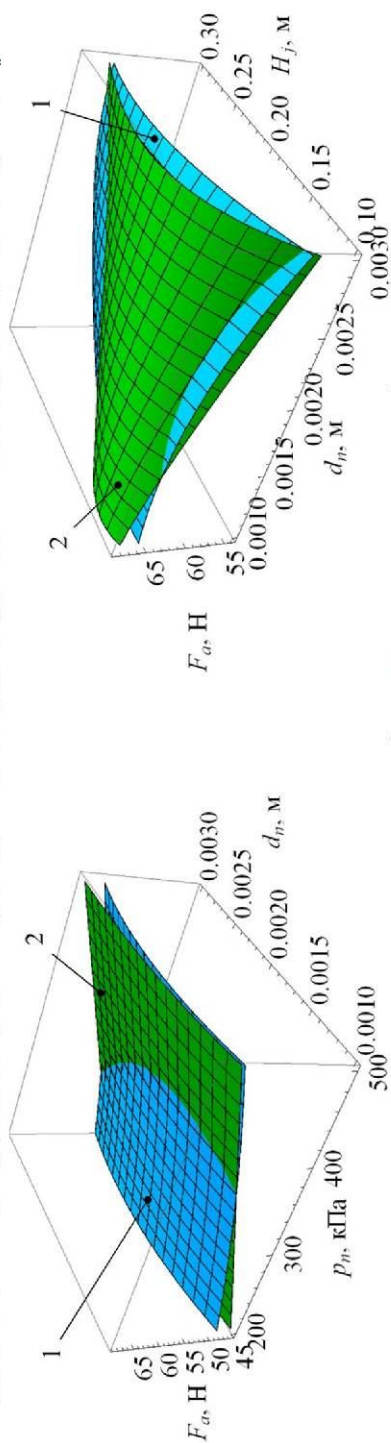
Експериментальні дослідження проводилися за планом Бокса-Бенкіна (BV_3) для трьох рівнів на трьох рівнях із загальною кількістю дослідів – 15.



а) Чаша Петрі до (а) та після проведення досліджень (б)

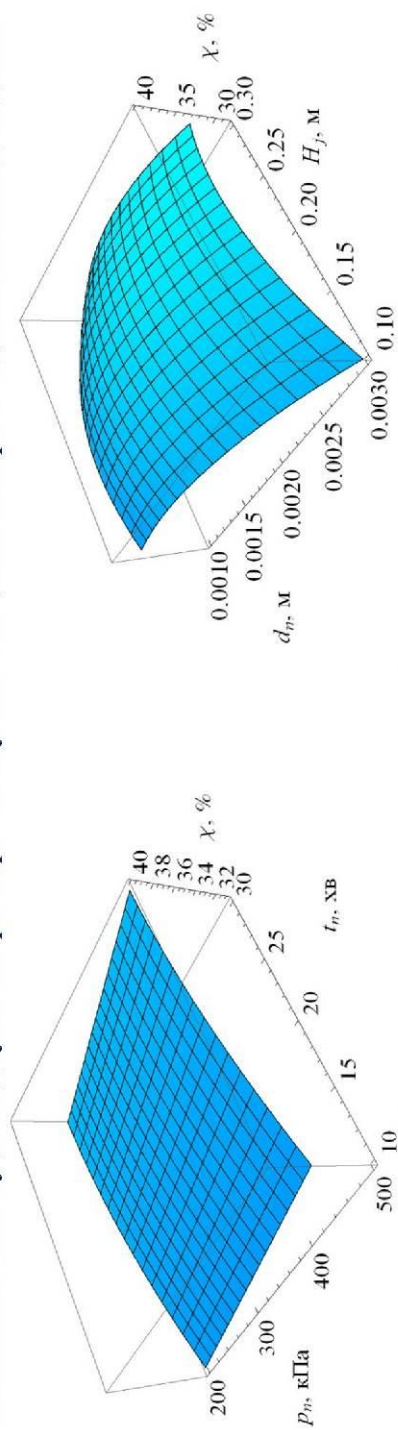
Порівняння параметрів роботи гідроінжектора отриманих теоретичним та експериментальним шляхом

Залежність впливу досліджуваних факторів на силу дії струменя мийного розчину на поверхню F_a



1 – експериментальна залежність, 2 – теоретична залежність

Залежність впливу досліджуваних факторів на ступінь очищення поверхні від молочного відкладення



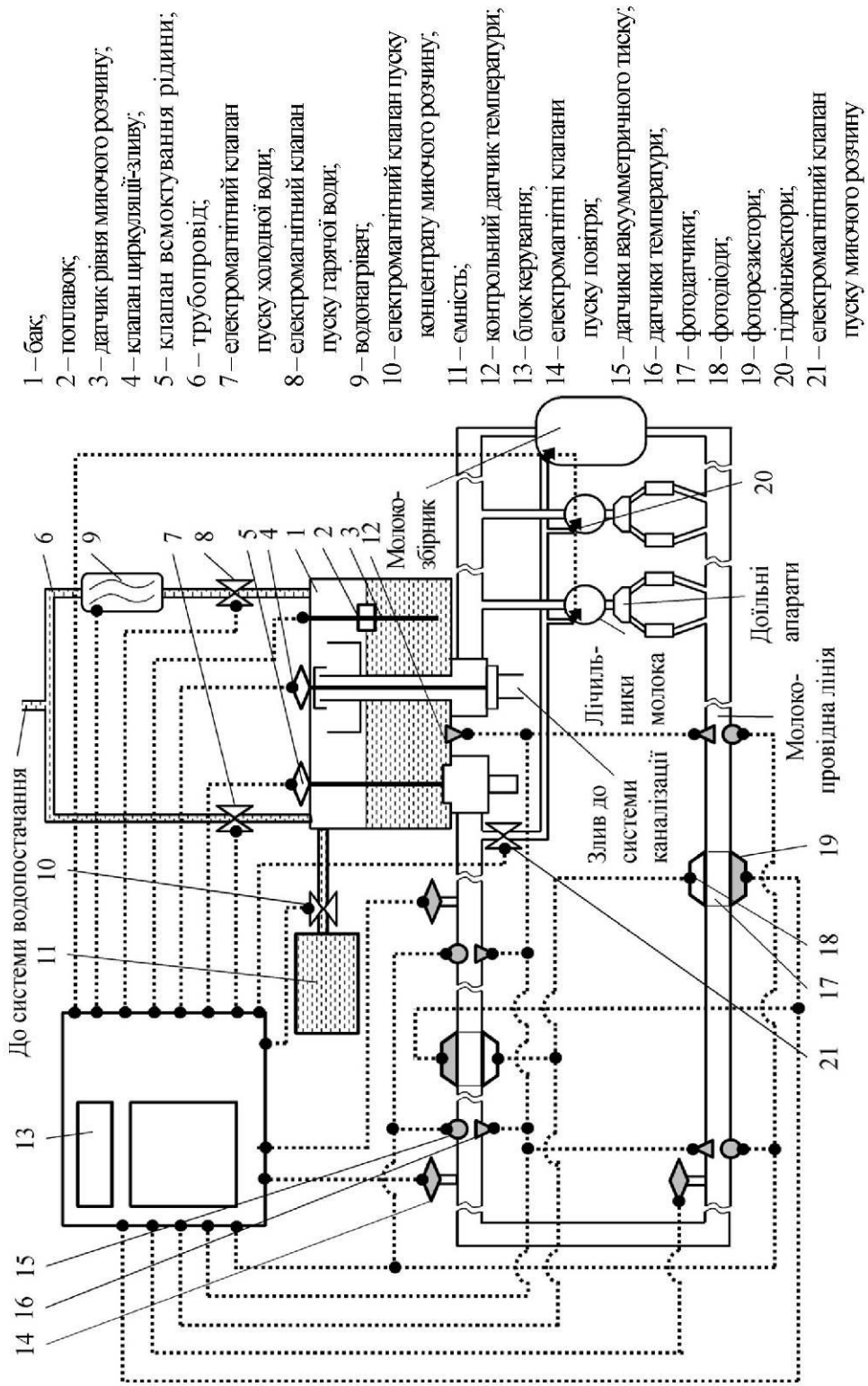
1 – експериментальна залежність, 2 – теоретична залежність

Максимальне значення ступеня очищення поверхні від молочного відкладення після промивання гідроінжектором $\chi = 40,1$ % досягається при $p_n = 450$ кПа, $d_n = 0,0019$ м, $H_j = 0,17$ м

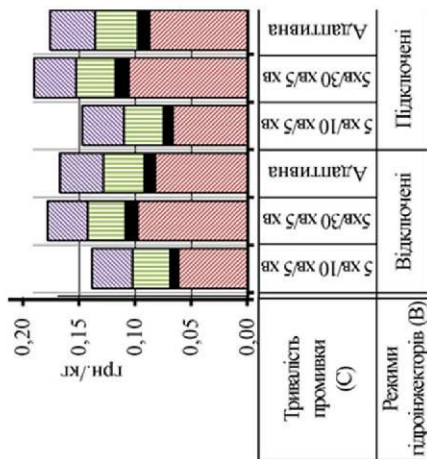
Конструктивно-технологічна схема автоматизованої системи промивання

11

МОЛОКОПРОВІДНІЙ ЛІНІЇ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК

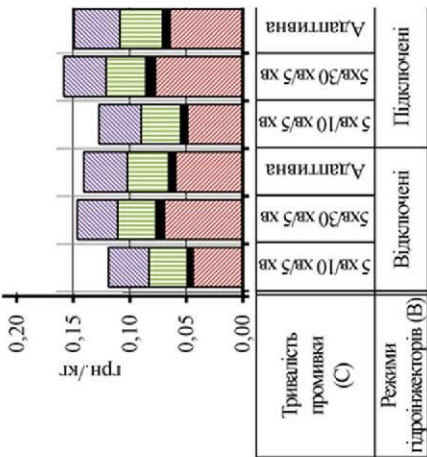


■ Питомі витрати на амортизацію
■ Питомі витрати води



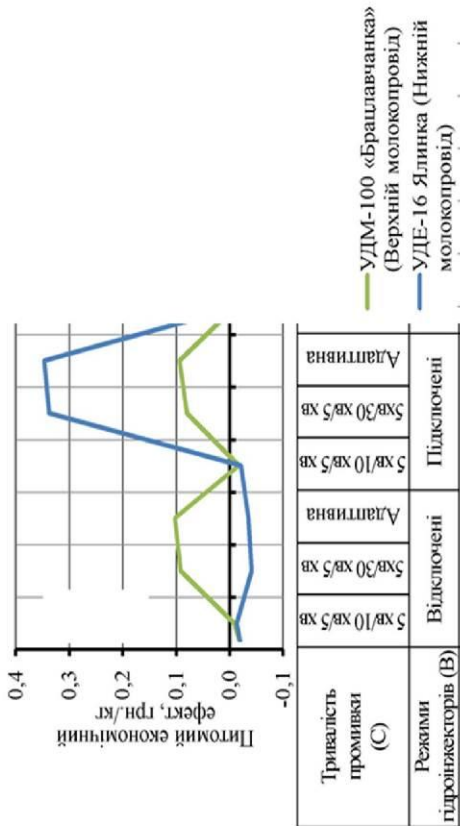
УДМ-100 «Брацлавчанка»

■ Питомі витрати на ремонті і ТО
■ Питомі витрати електроенергії



УДЕ-16 Ялінка

Структура питомих витрат по кожному з досліджуваних варіантів



Залежність питомого економічного ефекту

1. В результаті аналізу чинників і наслідків ефективності промивки доїльно-молочного обладнання показав, що утворення забруднень на внутрішніх поверхнях молокопроводної лінії в результаті неякісного промивання призводить до збільшення бактеріального забруднення молока і як наслідок до зниження його ґатунку. Аналіз технічного забезпечення промивки доїльно-молочного обладнання показав, що найбільш ефективними є циркуляційні системи промивки із регульованим утворенням пробкового режиму з використанням гідроінжекторів. Встановлено, що для підвищення ефективності і ресурсозбереження процесу промивки доїльно-молочного обладнання необхідно адаптувати контроль оцінки стану поверхонь молокопроводної системи і гідродинамічних параметрів руху двофазного мийного розчину.
2. У результаті аналітичних досліджень адгезії між відкладеннями і поверхнею молокопроводної лінії встановлено закономірність найменшої швидкості переміщення мийного розчину від властивостей крапель відкладень (і поверхневого натягу $\sigma_{\text{пл}}$ і кращих кутів β , γ) при визначених діаметрах молокопроводної системи $D_{\text{м}}$.
3. Розроблено фізико-математичну модель процесу роботи гідроінжектора системи помивки, що створює струмінь мийного розчину направленої дії для очищення внутрішніх поверхонь молокопроводної системи. Внаслідок аналітичних досліджень отримані закономірності радіуса ділянки удару струменя R_a і його тиску на поверхню молокопроводної системи p_a від діаметра отвору сопла d_n , відстані до нього H_j при різних значеннях тиску p_n . Беручи до уваги технічну базу молочно-доїльного обладнання за базовий генератор гідравлічного тиску обрано насос молочний, який максимум може надати 300 кПа (≈ 3 атм). При цьому $d_n = 2,1$ мм, $H_j = 0,166$ м, $R_a = 0,0236$ м.

4. Експериментальні дослідження дали змогу встановити доцільність використання обладнання для визначення забруднення молочного трубопроводу під час виконання операції промивання. Закономірність товщини шару молока, що рухається в скляній трубці, від опору фоторезистора.
5. В результаті експериментальних досліджень гідроінжектора встановлені закономірності величини дії струменя промивного розчину на поверхню F_a та ступеня очищення поверхні від відкладень молока після промивання χ від тиску сопла p_n , відстані між та його внутрішнього діаметра d_n .
6. Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці досліджено стан охорони праці та аналіз травматизму при машинному доїнні. Проведено аналіз процесу обслуговування насоса дозатора мийних розчинів для доїльних установок. Розглянуті заходи по попередженню травматизму і запобіганню нещасним випадкам на робочому місці оператора.
7. За результатами техніко-економічних розрахунків встановлено, що для доїльної установки УДМ-100 «Брацлавчанка» найбільший питомий економічний ефект (0,11 грн./кг) спостерігається для варіанту із адаптивною тривалістю промивання за відключених гідроінжекторів. Для доїльної установки УДЕ-16 Ялінка найбільший питомий економічний ефект (0,36 грн./кг) спостерігається для варіанту із адаптивною тривалістю промивання за підключених гідроінжекторів.

**MATERIÁLY
XVIII MEZINÁRODNÍ VĚDECKO - PRAKTICKÁ
KONFERENCE**

**MODERNÍ VYMOŽENOSTI VĚDY -
2021**

22 - 30 ledna 2021 r.

Volume 3

Praha
Publishing House «Education and Science»
2021

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

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

Šéfredaktor: Prof. JUDr Zdenák Černák

Náměstek hlavního redaktora: Mgr. Alena Pelicánová

Zodpovědný za vydání: Mgr. Jana Štefko

Manažer: Mgr. Helena Žáková

Technický pracovník: Bc. Kateřina Zahradníková

**Materiály XVIII Mezinárodní vědecko - praktická konference ,
Moderní vymoženosti vědy -2021 po**
For students, research workers.

Pro studentů, aspirantů a vědeckých pracovníků

Cena 50 Kč

ISSN 1561-6940

© Authors , 2021

© Publishing House «Education and Science» , 2021

Д.т.н. Алієв Е.Б., магістрант Мельник А.О., магістрант Чорний В.О.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ

Технологічна задача підвищення ефективності технологічного процесу машинного доїння на сьогодні досить актуальна. Вирішенням цієї проблеми займалися такі відомі вчені, як Ю.Н. Белявський (1964), В.А. Стремнін (1968), Л.П. Карташов і В.Ф. Корольов (1972), В.В. Бережной (1982). В подальшому цю проблему досліджували й розвинули В.А. Борознін, (1999), В.В. Кирсанов (2001), В.П. Плотников (2003), З.В. Макаровська (2004), М.М. Луценко, І.М. Кудлай і В.І. Смоляр (2006), О.М. Кабанов (2007), В.М. Победінський і А.І. Фененко (2008), С.С. Соляник (2009), С.В. Сурков і Ю.В. Бобильов (2010) та інші дослідники. За їх теоретичними та експериментальними дослідженнями було встановлено, що наслідками використання молочно-доїльного обладнання, що не відповідає зоотехнічним, санітарно-гігієнічним та міжнародним техніко-технологічним вимогам є значний технологічний вплив на мікроструктуру молока та фізіологічний стан тварин.

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

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

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

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

2. Чинники, що характеризують стан і надійність функціонування молочно-доїльного обладнання (правильність виконання монтажних робіт, автоматизація відключення доїльних апаратів, стабілізація вакуумного режиму, стабільна подача вакуумного насоса, герметичність і засміченість молочно-

вакуумної лінії, навантаження на доярку і кількість обслуговуваних доїльних апаратів).

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

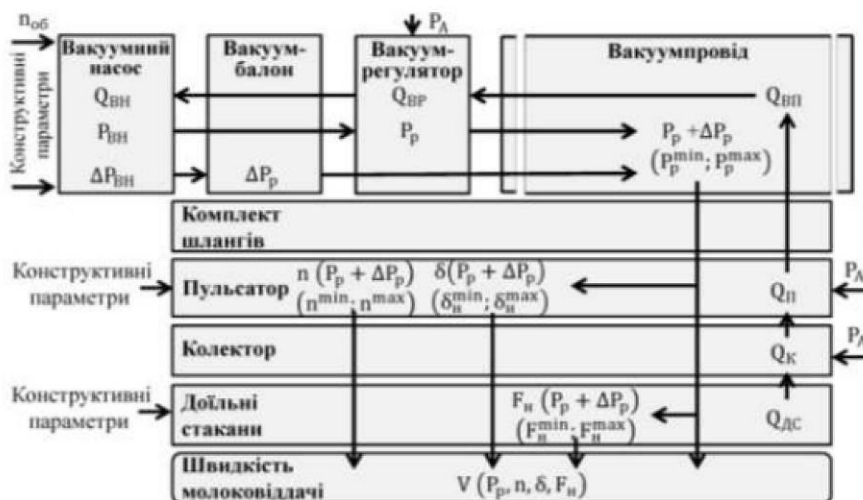
4. Організаційно-технологічні чинники процесу машинного доїння (дотримання правил машинного доїння, порядок доїння корів).

В результаті аналізу відмов молочно-доїльного обладнання була розроблена стратегія його технічного обслуговування (рис. 1).



Рисунок 1 – Стратегія технічного обслуговування молочно-доїльного обладнання

Вакуумна система молочно-доїльного обладнання являє собою сукупність окремих відновлюваних вузлів, кожен з яких характеризується техніко-технологічними параметрами (рис. 2). Основною характеристикою ефективності технологічного процесу машинного доїння є швидкість молоковіддачі, яка залежить від техніко-технологічних параметрів вакуумної системи.



Q – витрати повітря, P – робочий тиск вакуумної системи, ΔP – флуктуації вакууму, n – частота пульсацій, δ – співвідношення тривалості тактів пульсацій, F_n – сила натягу дійкової гуми, V – швидкість молоковіддачі

Рисунок 2 – Взаємозв'язок техніко-технологічних параметрів вакуумної системи

Література:

1. Алієв Е.Б. Етапи налагодження якісного технічного сервісу молочно-доїльного обладнання. Інженерія природокористування, 2015, №2(4), с. 46-50.
2. Алієв Е.Б. Техніко-економічне обґрунтування застосування методики прогнозування ресурсу молочно-доїльного обладнання, Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки, Вінниця, 2012, вип. 10, т. 2, с. 36-39.

CONTENTS

EKONOMICKÉ VĚDY

Podniková ekonomika

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

Zahraníční ekonomické aktivity

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

FILOLOGIE

Teoretické a metodologické problémy studia jazyka

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

Jazyk, řeč, komunikace

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

LÉKAŘSKÉ VĚDY

Morfologie

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

PEDAGOGICKÉ VĚDY

Problémy tréninku

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

Strategické směry reformy vzdělávacího systému

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

Moderní metody výuky

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

MODERNÍ INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE

Computer engineering

Веселовська Г.В., Анан`єв Д.О., Ястребова О.І., Яценко Д.В., Кучміїчук

**М.М. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНО- ОРІЄНТОВАНИХ
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ НА ЗАСАДАХ ТЕХНОЛОГІЇ
E-LEARNING 38**

TECHNICKÉ VĚDY

Větev inženýrství

Алієв Е.Б., Буйницький О.І., Гусар І.М. ТЕСТЕР ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК 42

Гаврильченко О.С., Зайвий Д.В., Зайва А.С. КЛАСИФІКАЦІЯ І ПРИНЦИПІАЛЬНІ
СХЕМИ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ 46

Алієв Е.Б., Мельник А.О., Чорний В.О. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ТЕХНІКО-
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ 49

Transport

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

CONTENTS 55

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