

КАЛЕТНИК ГРИГОРІЙ

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-4848-2796>e-mail: rektor@vsau.org

ЯРОПУД ВІТАЛІЙ

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0003-0502-1356>e-mail: yaropud77@gmail.com

БАБИН ІГОР

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-7070-4957>e-mail: ihorbabyn@gmail.com

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРОМИВАННЯ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК ІЗ ПОВІТРЯНИМИ І ГІДРО-ІНЖЕКТОРАМИ

Причинами зниження якості молока через бактеріальне забруднення є неналежне виконання процесу очищення доїльних установок та накопичення молочних відкладень на внутрішніх стінках молокопроводу.

В даній статті запропоновано конструктивно-технологічну схему автоматизованої системи, що дозволяє керувати режимними параметрами роботи інжекторів в залежності від рівня забрудненості молочними відкладами молокопровідного обладнання доїльних установок шляхом використання інтегрованого в молокопровід фотодатчика.

Ключові слова: доїльна установка, система промивання, інжектор, параметри, ступінь частоти, миючий розчин, багатопазне середовище, чисельне моделювання.

KALETNIK GRYGORII, YAROPUD VITALII, BABYN IHOR

Vinnytsia National Agrarian University

CONSTRUCTION AND TECHNOLOGICAL DIAGRAM OF THE AUTOMATED WASHING SYSTEM OF MILKING INSTALLATIONS WITH AIR AND HYDRO-INJECTORS

The creation of automated technical and technological support for the milking plant washing system, which intensifies the process without additional costs, becomes of primary importance when solving the task of improving the quality of milk. The purpose of the research is to develop a structural and technological scheme of an automated system for washing milking units with air injectors and photosensors for determining the contamination of the milk line.

The analysis of the factors of the decrease in the quality of milk as a result of bacterial contamination showed that this is the result of poor performance of the technological operation of washing milking units and the formation of milk deposits on the internal surfaces of the milk duct system. As a result of the analysis of the existing constructions of technical and technological provision of washing, it was established that the most effective are the circulation systems of washing with the regulated formation of a traffic jam. In order to increase efficiency and save resources (by reducing the consumption of air, hot water, energy and operating costs), the process of washing milking units should be adaptive based on data obtained from monitoring tools for assessing the condition of the surfaces of the milk-conducting system and the hydrodynamic parameters of the movement of a two-phase washing solution, which is achieved by using air and hydraulic injectors based on automated control.

The cleaning system must be designed and manufactured to avoid contact of cleaning and sanitizing solutions with milk, as required by ISO 3918:2007, ISO 5707:2007 and ISO 6690:2007. The efficiency of the cleaning circulation system depends on the following factors: the design and installation must ensure the proper volume, speed and duration of action of detergents, as well as the appropriate temperature and concentration corresponding to the types of solutions used.

Key words: milking installation, washing system, injector, parameters, frequency step, washing solution, multiphase medium, numerical simulation.

Постановка проблеми

Бактеріальне забруднення молока є одним із ключових факторів, що впливають на його якість як сировини для подальшої переробки. Цей показник залежить від рівня санітарно-гігієнічної чистоти доїльного обладнання, своєчасного охолодження молока, а також впливу зовнішніх умов [1]. Під час доїння молоко контактує з різними елементами молокопровідної системи, такими як доїльні апарати, молокопроводи, молозбірники та лічильники, що можуть стати джерелом бактеріального забруднення [2].

Для покращення якості молока рекомендується підвищити ефективність промивання доїльних систем шляхом збільшення тривалості проведення даної операції, що, в результаті призводить збільшення витрат води, миючих засобів, електроенергії та загальної собівартості продукції [3-4]. У зв'язку з цим, важливим напрямком є створення автоматизованих технологічних рішень для систем промивання доїльних установок, які дозволять інтенсифікувати процес без додаткових витрат, що є важливим для підвищення якості молока.

Аналіз останніх джерел

Демчук М. та Войтюк Л. відзначають, що молоко, яке виходить з вимені, майже стерильне, за винятком перших порцій, які містять «мікробну пробку» і потребують окремого здоювання. Однак під час проходження через доїльну систему склад молока змінюється. Переміщення молока по молокопроводах доїльної установки спричиняє його забруднення бактеріями, і до моменту потрапляння в молокозбірник у ньому вже формується певна мікрофлора. Кількісний та якісний склад цієї мікрофлори змінюється залежно від умов зберігання і транспортування, що впливає на санітарно-гігієнічну якість молока при його передачі на переробку [1].

Згідно з узагальненими даними Крижанівського Я., наведеними на рис. 1, спостерігається збільшення кількості бактерій у молоці під час його транспортування через молокопровід доїльної установки. Наведені дані свідчать про те, що бактеріальне забруднення молока зростає в міру його руху по технологічній лінії.

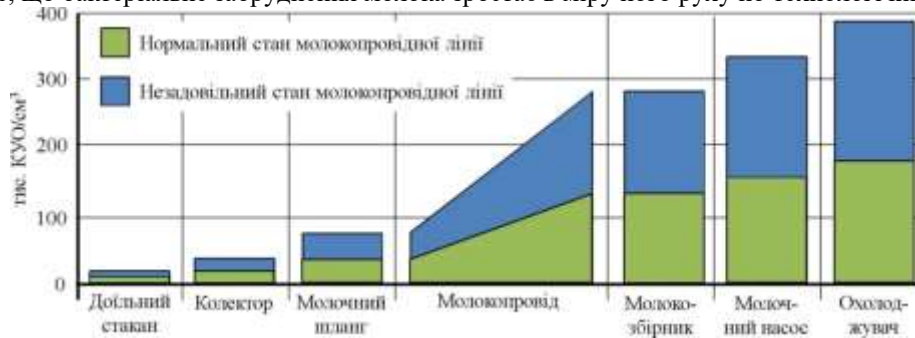


Рис. 1. Зміна бактеріального обсеменіння молока під час його переміщення молокопровідною лінією доїльної установки

Як зазначає Крижанівський Я. [2], недостатнє очищення молочно-доїльного обладнання та відсутність ефективного контролю якості промивання спричиняють забруднення та утворення відкладень на внутрішніх поверхнях молокопроводів (рис. 2). На всіх етапах від доїння до переробки молоко піддається мікробному забрудненню. Швидкість накопичення мікроорганізмів і їх розвиток залежать від санітарного стану молокопровідних систем, умов зберігання молока та дотримання температурного режиму.



Рис. 2. Фрагменти механічних забруднень на окремих ділянках молокопровідних систем [2]

При недостатньому очищенні та дезінфекції на внутрішніх поверхнях молокопровідної лінії доїльної установки вже за 20–40 хвилин накопичуються залишки молока, які створюють сприятливе середовище для розмноження мікроорганізмів. Наприклад, молочнокислі бактерії подвоюють свою кількість приблизно за 40 хвилин, а бактерії кишкової палички - за 20 хвилин при температурі 30°C. Це означає, що в період між доїннями (близько 9 годин при дворазовому доїнні) кількість мікроорганізмів може збільшитися приблизно в 17 тисяч разів. Навіть після дезінфекції, бактерії, що залишилися у кількості 2 % в забрудненнях з ліпідів і протеїнів, можуть відновити свою чисельність за 3,5 години.

Безпека споживання молока значною мірою залежить від чистоти та стерильності молокопровідної лінії доїльної установки. Мікробна активність впливає на склад молока, що проявляється появою нових смакових і ароматичних речовин, зміною рівня рН та зниженням стабільності казеїну (менша термостійкість і спонтанне згортання). Помітні зміни в якості молока через бактерії можливі при концентрації мікроорганізмів понад 100 тис. КУО/см³, а при рівні понад 500 тис. КУО/см³ ці зміни стають особливо вираженими. Тому контроль кількості мікроорганізмів є важливим для забезпечення якості молока.

Однією з найважливіших процедур з обслуговування молокопровідної системи є її промивання. Головна мета промивання - видалення з внутрішніх поверхонь обладнання, що контактує з молоком, залишків молока, бруду, бактеріальних відкладень та інших забруднень. Молочна плівка та жир не тільки сприяють швидкому розмноженню бактерій, але й прискорюють зношування гумових деталей [3].

Мета досліджень

Мета даного дослідження полягає в розробці конструктивно-технологічної схеми автоматизованої системи промивання доїльної установки із повітряними і гідро- інжекторами та фотодатчиками визначення забрудненості молокопровідної лінії.

Виклад основного матеріалу

Усі види доїльних систем (системи, в яких молоко збирається у відра або безпосередньо в бідони; системи з молокопроводами; системи, що оснащені реєстраційними молокомірами) відповідно до стандарту ISO 3918 являють собою складну гідравлічну мережу. Вона включає кілька різних типів гідравлічних трактів з відмінними характеристиками. До цих систем належать (див. рис. 3):

- молокопроводи, якими рухається потік молочно-повітряної суміші;
- вакуумпроводи з однофазним повітряним потоком;

– молокозбірники (або доїльні відра, бідони, реєструвальні молокоміри), де завдяки значному обсягу внутрішнього простору, швидкість потоку наближається до нуля і відбувається розділення рідкої і газоподібної фаз (молока та повітря);

– доїльні апарати, в яких здійснюється пульсуючий режим течії як молока, так і повітря, що витрачається на створення пульсацій.

– Уся гідравлічна система типової доїльної установки являє собою негерметичну систему з відповідним об'ємом. Перетікання повітря всередину гідравлічної системи пов'язані із витратами повітря на пульсації в доїльних апаратах;

- недостатньою герметичністю між доїльними стаканами і дійками;
- перетіканням повітря в доїльні стакани з відкритим клапаном при надяганні і зняття їх з дійок;
- негерметичністю трубопроводних з'єднань [4].



Рис. 3. Загальна схема доїльної установки

Процес доїння корів можна поділити на кілька основних категорій: для доїння в стійлах у переносні відра (АД-100Б, ДАС-2Б); для доїння в стійлах через молокопровід (АДМ-8А, УДМ-200); для доїння на пасовищах і майданчиках (УДС-ЗБ, УДЛ-Ф-12, К-Р-10); для доїння в доїльних залах («Тандем», «Ялинка», «Карусель», «Паралель») та для доїння за допомогою пересувних установок (УДП-1; АИД-2; УДИ-1).

Оскільки на даний час найчастіше використовуються системи для доїння в стійлах через молокопровід та в доїльних залах, далі будемо аналізувати їхні системи промивання. Схематичне представлення цих систем наведено на рис. 4. [5].

Аналізуючи різні технологічні схеми доїння, починаючи від ручного і закінчуючи автоматизованою системою доїння, спостерігається тенденція розвитку молокопровідних систем комунікацій. Сучасні молочні лінії стають все більш герметичними, збільшується їх протяжність, в результаті чого різко зростає площа поверхонь, з якими контактує молоко. Це ускладнює процес промивання, що може призвести до зниження якості одержуваного молока [5].

Проведений розрахунок [6] показує, що при ручному доїнні площа контакту молока з обладнанням становить всього 7 м², на установках з переносними відрами загальна поверхня, що контактує з молоком становить близько 20 м², на установках для доїння в стійлах через молокопровід – до 100 м², в доїльних залах – до 45 м² (рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**). У результаті збільшення площі поверхні, що контактує з молоком, зростає можливість бактеріального забруднення молока і відповідно підвищуються витрати ресурсів на миття та очищення молочної лінії.

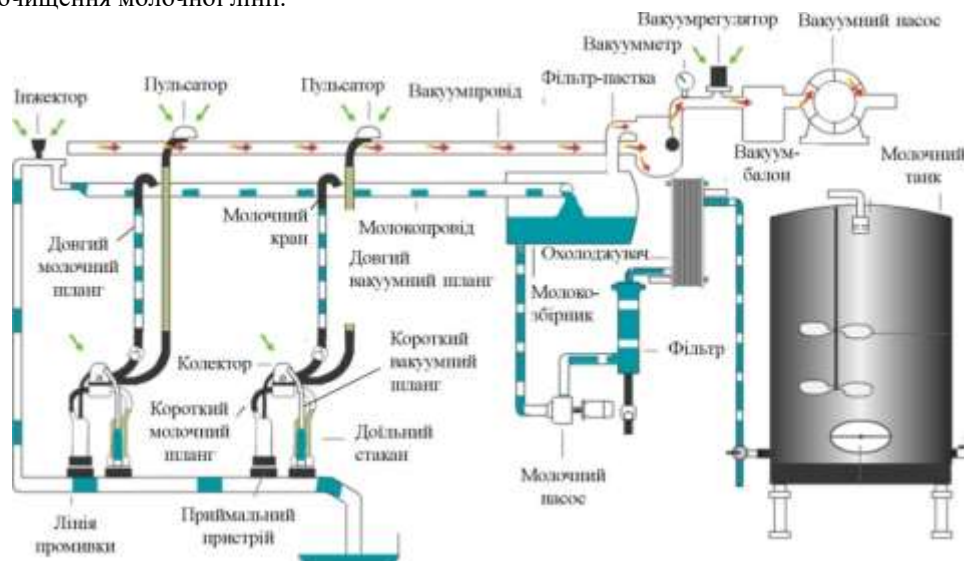


Рис. 4. Загальна схема системи промивання доїльної установки

Як видно з гістограми (рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**), при співвідношенні рівня автоматизації процесу доїння і площі найменшого контакту обладнання з молоком, актуальним є використання

доїльних залів. Зауважимо, що в дослідженнях було доведено, що на установках з коротким молокопроводом типу «Ялинка», «Тандем», «Паралель» або «Карусель» бактеріальна забрудненість набагато нижча, ніж на установках із стійловим молокопроводом. Таким чином, для проведення ефективного процесу промивання важливо, щоб конструкція доїльної установки мала менш розгалужену молокопровідну лінію із найменшою довжиною.

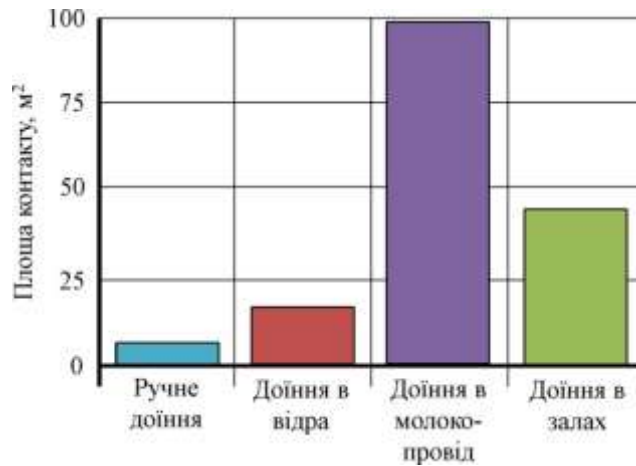


Рис.5. Гістограма площі контакту молока з доїльним обладнанням

Відповідно до стандарту ISO 5707 [7] конструкція доїльної установки так само повинна забезпечувати:

- очищення від залишків молока і відкладень на внутрішній поверхні молокопровідної лінії;
- очищення поверхонь і порожнин молокопровідної лінії від залишків мийних і дезінфікуючих засобів;
- зниження бактеріального обмінення поверхонь до допустимого рівня.

Вузли та деталі комунікацій доїльної установки, які контактують з молоком, повинні бути виготовлені з матеріалів, призначених для цих цілей. Поверхня, відповідно до стандарту ISO 4288 повинна мати шорсткість 2,5 мкм. Шорсткість поверхні зварних швів не повинна перевищувати 16 мкм. Повинно забезпечуватись повне стікання рідини з усіх частин молокопровідної лінії [7].

Відповідно до задач досліджень (рис. 6) наведено конструктивно-технологічну схему системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок де у традиційну систему промивання молокопровідної лінії доїльної установки включені наступні елементи: повітряні і гідро-інжектори та фотодатчики визначення забрудненості [8].

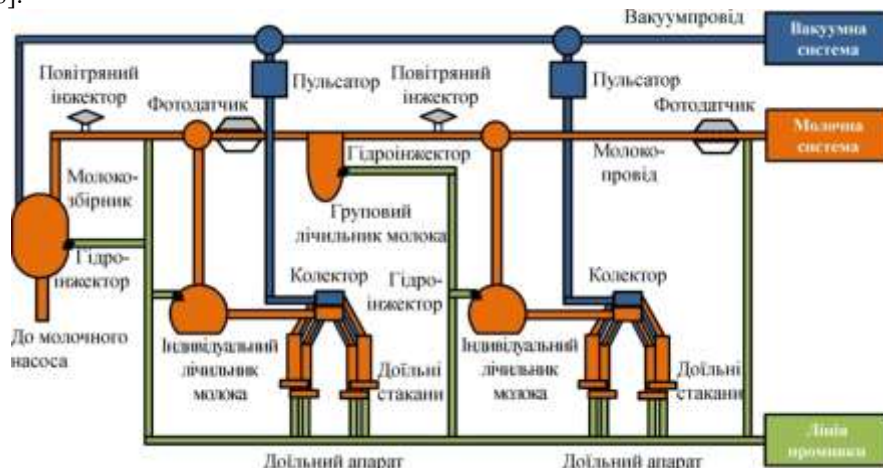


Рис.6. Конструктивно-технологічна схема системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок

На основі математичних досліджень моделей процесу очищення доїльних установок, які використовують повітряні та гідроінжектори, а також фотодатчики для виявлення ступеня забруднення молокопровідної лінії, була розроблена система автоматизованого промивання молокопроводів з можливістю контролю режимних параметрів.

В основі винаходу (патент № 140923 [9]) лежить створення автоматизованої системи очищення молокопровідної лінії доїльних установок. Завдяки додатковим компонентам, ця система забезпечує швидке виявлення рівня забруднення та автоматичне налаштування режимних параметрів роботи. Це сприяє підвищенню ефективності та якості процесу, водночас зменшуючи витрати на воду та енергію. Принцип функціонування системи описаний у конструктивно-технологічній схемі, що зображена на рисунку 7.

Автоматична система промивання молокопровідної лінії доїльних установок містить бак 1, обладнаний поплавковим механізмом 2, датчиком рівня мийного розчину 3, клапаном циркуляції та зливу 4, а також

клапаном подачі рідини в молокопровід 5. Бак 1 підключений до трубопроводу 6, який через електромагнітний клапан 7 з'єднаний з водопостачанням для подачі холодної води. Для гарячої води до системи підключений водонагрівач 9, з'єднаний з трубопроводом через електромагнітний клапан 8.

До нижньої частини клапана 5 приєднано початок молокопровідної лінії, а до нижньої частини клапана 4 - її кінець і злив у каналізацію. Ємність 11 для мийного розчину підключена до бака 1 через електромагнітний клапан 10. На бак також встановлено температурний датчик 12 для контролю процесу очищення.

Датчик рівня мийного розчину 3, клапани циркуляції-зливу 4, подачі рідини в молокопровід 5, електромагнітні клапани для холодної води 7 і гарячої води 8, водонагрівач 9, клапан для подачі мийного концентрату 10, а також контрольний датчик температури 12 підключені до блоку керування 13 за допомогою електропроводів (позначені пунктирною лінією).

Через кожні 10 метрів вздовж молокопроводу розташовані електромагнітні клапани подачі повітря 14, датчики вакуумного тиску 15, температурні датчики 16 та фотодатчики 17. Фотодатчики включають фотодіоди 18 та фоторезистори 19, що розташовані на прозорих частинах молокопроводу. На молокозбірниках і лічильниках (групових та індивідуальних) додатково встановлені гідроінжектори 20, підключені до бака 1 через електромагнітний клапан подачі мийного розчину 21.

Електромагнітні клапани подачі повітря 14, датчики вакуумного тиску 15, датчики температури 16, фотодіоди 18, фоторезистори 19, гідроінжектори 20 та електромагнітний клапан подачі мийного розчину 21 з'єднані з блоком керування 13 через електропроводи.

Автоматизована система промивання молокопровідної лінії працює наступним чином: оператор встановлює в блоці керування 13 параметри, такі як температура та концентрація мийного розчину, і запускає процес. Після цього блок керування активує водонагрівач 9. Потім, отримавши інформацію від датчика температури 12, розташованого на баку 1, блок керування вмикає відповідні клапани подачі холодної 7 та гарячої води 8 для досягнення необхідної температури. Коли бак 1 наповниться водою потрібної температури, система зчитує рівень рідини з датчика 3 та активує клапан 10 для подачі концентрату мийного розчину. Коли рівень рідини досягає відмітки поплавка 2, блок керування вмикає клапани для подачі води 7, 8 та концентрату 10.

Після цього блок керування 13 відкриває клапан для всмоктування рідини в молокопровід 5 та встановлює клапан циркуляції-зливу 4 у режим циркуляції. Це дозволяє мийному розчину циркулювати по молокопроводу. Дані з усіх датчиків тиску 15 і температурних датчиків 16 передаються до блоку керування 13, де вони зберігаються та аналізуються. На основі інформації з температурних датчиків 16 автоматично регулюється температура мийного розчину в баку 1 шляхом увімкнення або вимкнення електромагнітних клапанів подачі холодної води 7 і гарячої води 8.

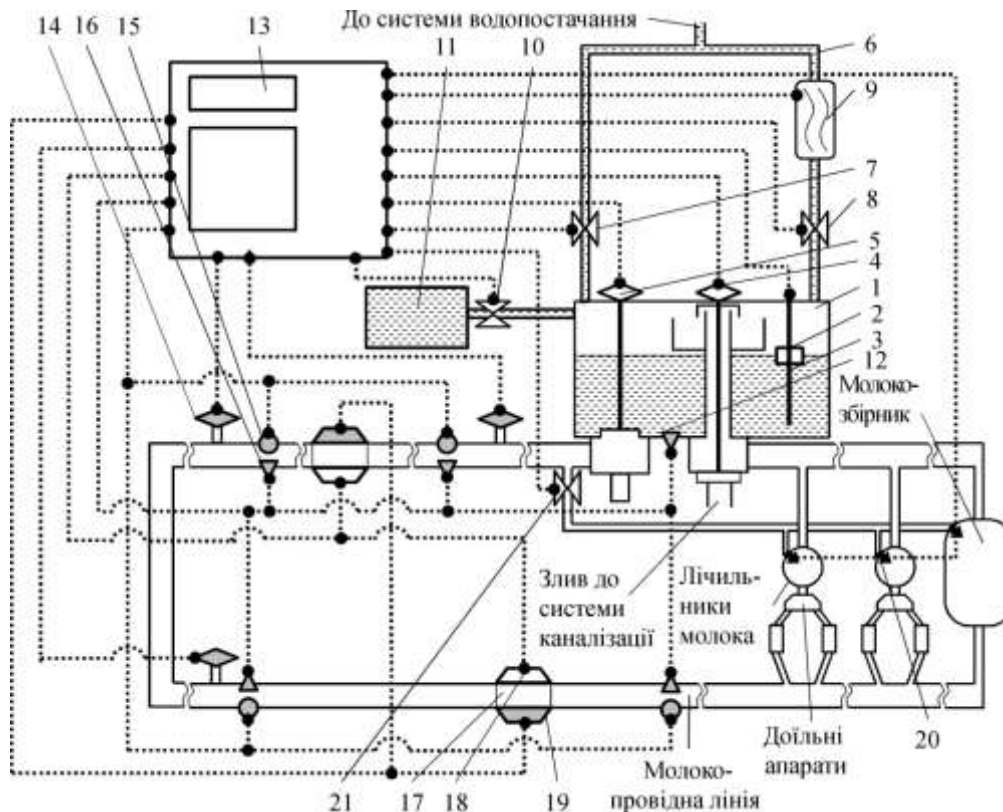


Рис. 7. Конструктивно-технологічна схема автоматичної системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок

Далі блок керування 13 активує фотодіоди 18 фотодатчиків 17, що призводить до зміни електричного опору фоторезисторів 19. Ці дані передаються до блоку керування. Чим більший опір фоторезисторів 19, тим більше забруднена молокопровідна лінія залишками молока. Якщо рівень опору перевищує допустиме

значення, блок керування 13 періодично активує електромагнітні клапани подачі повітря 14, вводячи атмосферне повітря в молокопровідну лінію, що створює гідравлічний удар мийного розчину в трубопроводі. Цей процес контролюється датчиками тиску 15. Крім того, активуються електромагнітний клапан подачі мийного розчину 21 та гідроінжектори 20, які розташовані на молокозбірниках та лічильниках молока. Гідроінжектори під тиском періодично впорскують мийний розчин у ємності, що дозволяє ефективно видаляти молочний жир та відкладення з їхніх поверхонь.

Після завершення процесу промивання молокопровідної лінії, про що свідчить інформація від фоторезисторів 19, отримана через фотодатчики 17, блок керування 13 переводить клапан циркуляції-зливу 4 в режим зливу. Це дозволяє всьому мийному розчину потрапити в систему каналізації, а датчик рівня мийного розчину 3 фіксує його відсутність, показуючи значення 0. Далі блок керування 13 закриває клапан для всмоктування рідини на молокопровід 5, а також електромагнітні клапани подачі холодної води 7, гарячої води 8, концентрату мийного розчину 10 та клапан циркуляції-зливу 4. При потребі, процес промивання може бути повторений.

Висновки

Аналіз причин зниження якості молока через бактеріальне забруднення показав, що основною проблемою є недостатньо ефективне промивання доїльних установок та утворення молочних відкладень на внутрішніх поверхнях молокопроводів. Дослідження існуючих технологічних рішень для промивання вказує, що найдієвішими є циркуляційні системи промивання з регульованим "пробковим режимом". Для підвищення ефективності та економії ресурсів (зменшення споживання повітря, гарячої води, енергії та зниження експлуатаційних витрат) процес промивання має бути адаптивним, опираючись на дані датчиків, що оцінюють стан поверхонь молокопроводів і контролюють гідродинамічні параметри руху двофазного мийного розчину. Це можливо завдяки використанню повітряних і гідроінжекторів у системах з автоматизованим управлінням.

Впровадження автоматизованої системи очищення молокопроводів доїльних установок із додатковими датчиками тиску, температури, фотодатчиками, що включають фотодіоди і фоторезистори, а також електромагнітними клапанами для подачі повітря (повітряними інжекторами) та мийного розчину (гідроінжекторами) забезпечує виконання процесу промивання з вищою продуктивністю та якістю, одночасно знижуючи витрати води і енергії.

Література

1. Демчук, М., Войтюк, Л. (2007). Гігієна доїння корів та якість молока. Ветеринарна медицина України. № 4. С. 40–42.
2. Крижанівський, Я. (2008). Санітарно-гігієнічні нормативи технології одержання молока. Ветеринарна медицина України. № 2. С. 45–46.
3. Фененко, А. І. (1997). Техніко-технологічні аспекти удосконалення молоковакуумних систем доїльних установок: дис. доктора техн. наук: 05.20.01. Глевах: ІМЕСГ УААН. 358 с.
4. ISO 3918. (2007). Milking machine installations – Vocabulary. Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization. 42 p.
5. Дмитрів, В. Т. (2016). Механіко-технологічні основи підвищення ефективності доїльних установок. Дис. д-ра техн. наук. Глевах. - 467 с.
6. Шевченко, І. А., Алієв, Е. Б. (2013). Науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок. Запоріжжя: Акцент Інвест-трейд. 156 с. ISBN 978-966-2602-41-VIII
7. ISO 5707. (2007). Milking machine installations – Construction and performance. Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization. 52 p.
8. Бабин, І. А. (2019). Фізико-математичний апарат руху двофазного мийного розчину по молокопровідній лінії. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК». Вінниця. 1 (104). С. 5–12.
9. Бабин І. А., Яропуд В. М., Грицун А. В., Пришляк В. М. Патент України на корисну модель 140923, МПК А01J 7/02 (2006.01). Автоматична система промивання молокопровідної лінії доїльних установок. Заявник: Вінницький національний аграрний університет, № u201909823. Заявл. 16.09.2019. Опубл. 10.03.2020, бюл. № 5
10. Бабин, І. А. (2019). Аналіз сучасних автоматичних способів промивання доїльних установок. Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК». Вінниця. 3 (106). С. 13–17.
11. Бабин, І. А. (2019). Обґрунтування режимів роботи системи промивання молокопроводів доїльної установки. Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК». 4 (107). С. 89–99.
12. Гунько І. В., Бабин І. А., Пришляк В. М. (2020). Експериментальні дослідження режимів роботи повітряного інжектора системи промивання молокопроводів доїльної установки. Наукові горизонти. № 03 (88). С. 44-53.

References

1. Demchuk, M., Voytyuk, L. (2007). Hihiyena doynynna koriv ta yakist' moloka. Veterynarna medytsyna Ukrayiny. № 4. S. 40–42.
2. Kryzhaniivs'kyu, YA. (2008). Sanitarno-hihiyenichni normatyvy tekhnolohiyi oderzhannya moloka. Veterynarna medytsyna Ukrayiny. № 2. S. 45–46.

3. Fenenko, A. I. (1997). Tekhniko-tehnolohichni aspekty udoskonalennya molokovakuumnykh system doyl'nykh ustanovok: dys. doktora tekhn. nauk: 05.20.01. Hlevakha: IMES·H UAAN. 358 s.
4. ISO 3918. (2007). Milking machine installations – Vocabulary. Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization. 42 p.
5. Dmytriv, V. T. (2016). Mekhaniko-tehnolohichni osnovy pidvyshchennya efektyvnosti doyl'nykh ustanovok. Dys. ... d-ra tekhn.nauk. Hlevakha. 467 s.
6. Shevchenko, I. A., Aliyev, E. B. (2013). Naukovo-metodychni rekomendatsiyi z bahatokryterial'noho vyrobnychoho kontrolyu doyl'nykh ustanovok. Zaporizhzhya: Aktsent Invest-treyd. 156 s. ISBN 978-966-2602-41-VIII
7. ISO 5707. (2007). Milking machine installations – Construction and performance. Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization. 52 p.
8. Babyn, I. A. (2019). Fyzyko-matematychnyy aparat rukhu dvofaznogo myynoho rozchynu po molokoprovodniy liniyi. Vseukrayins'kyy naukovo-tekhnichnyy zhurnal «Tekhnika, enerhetyka, transport APK». Vinnytsya. 1 (104). S. 5–12.
9. Babyn I. A., Yaropud V. M., Hrytsun A. V., Pryshlyak V. M. Patent Ukrainy na korysnu model' 140923, MPK A01J 7/02 (2006.01). Avtomatychna systema promyvannya molokoprovodnoyi liniyi doyl'nykh ustanovok. Zayavnyk: Vinnyts'kyy natsional'nyy ahrarnyy universytet, № u201909823. Zayavl. 16.09.2019. Opubl. 10.03.2020, byul. № 5
10. Babyn, I. A. (2019). Analiz suchasnykh avtomatychnykh sposobiv promyvannya doyl'nykh ustanovok. Vseukrayins'kyy naukovo – tekhnichnyy zhurnal «Tekhnika, enerhetyka, transport APK». Vinnytsya. 3 (106). S. 13–17.
11. Babyn, I. A. (2019). Obgruntuvannya rezhymiv roboty systemy promyvannya molokoprovodiv doyl'noyi ustanovky. Vseukrayins'kyy naukovo – tekhnichnyy zhurnal «Tekhnika, enerhetyka, transport APK». 4 (107). S. 89–99.
12. Hun'ko I. V., Babyn I. A., Pryshlyak V. M. (2020). Eksperymental'ni doslidzhennya rezhymiv roboty povitryanoho inzhektora systemy promyvannya molokoprovodiv doyl'noyi ustanovky. Naukovi horyzonty. № 03 (88). S. 44-53.