

М.С. СТЕЧИШИН, В.П. ОЛЕКСАНДРЕНКО,
М.В. ЛУКЯНЮК, А.В. МАРТИНЮК, Ю.М. БІЛИК
Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРА МОЛОКА, ВРАЖЕНОГО МАСТИТОМ

У роботі проаналізована можливість випуску якісного молока, готового до вживання в умовах фермерських господарств. Однією із головних проблем, що виникає в умовах даного виробництва, являється своєчасне виявлення корів, вражених маститом і відділення їх молока від основної маси продукту.

В роботі запропоновано проект контролера неперервної дії для оперативного контролю за надходженням молока, враженого маститом і відведення його в окремий резервуар без зупинки процесу доїння. Робота пристрою базується на використанні однієї із фізичних властивостей молока, а саме його електропровідності, оскільки електропровідність молока, враженого маститом в 2...2,5 рази вища ніж у здорового.

В роботі надана функціональна схема пристрою автоматичного розділення потоку молока. Конструктивно пристрій складається з двох частин – електричної і механічної. Електрична частина (контролер) складається з датчика, блокуваль-генератора, підсилювача сигналу та електромагніта як виконавчого органу. Механічна частина являє собою розподільвач, який приводиться в дію від електромагніта. Розподільвач виконує функцію перемикача потоку молока в молокопроводі.

Товщина струменя на віддалі 60...90 мм від корпусу колектора є постійною і залежить лише від інтенсивності виведення молока. Ця особливість використана при розробці конструкції кільцевого первинного перетворювача сигналу датчика наявності молока, враженого маститом або закінчення доїння. Експериментальним шляхом знайдені діаметри і довжини кілець-електродів та зазор між ними.

Ключові слова: автоматичне розділення потоку молока, молоко, вражене маститом, електропровідність молока, кільцеві датчики.

M.S. STECHYSHYN, V.P. OLEKSANDRENKO, M.V. LUKIANIUK, A. V. MARTYNIUK, Y.M. BILYK
Khmelnyskyi National University

DEVELOPMENT OF MILK CONTROLLER AFFECTED BY MASTITIS

The paper analyzes the possibility of producing quality milk ready for consumption in the conditions of farms. One of the main problems that arises in the conditions of this production is the timely detection of cows affected by mastitis and the separation of their milk from the bulk of the product.

The paper proposes a project of a continuous controller for operational continuous control over the flow of milk affected by mastitis and its removal to a separate tank without stopping the milking process. The operation of the device is based on the use of one of the physical properties of milk, namely its electrical conductivity, because the electrical conductivity of milk affected by mastitis is 2 ... 2.5 times higher than that of healthy milk.

The article presents a functional diagram of the device for automatic separation of milk flow. Structurally, the device consists of two parts - electrical and mechanical. The electrical part (controller) consists of a sensor, a blocking generator, a signal amplifier and an electromagnet as an executive body. The mechanical part is a distributor that is driven by an electromagnet. The distributor acts as a switch of milk flow in the milk line.

The thickness of the jet at a distance of 60 ... 90 mm from the collector body is constant and depends only on the intensity of milk excretion. This feature is used in the design of the ring primary signal converter sensor for the presence of milk affected by mastitis or the end of milking. The diameters and lengths of the electrode rings and the gap between them were found experimentally.

Key words: automatic separation of milk flow, milk affected by mastitis, electrical conductivity of milk, ring sensors.

Вступ

Актуальність і необхідність удосконалення технології машинного доїння корів пояснюється, по-перше, тим, що серійні доїльні апарати не адаптовані до фізіологічних вимог лактуючих тварин, по-друге, відомо, що на долю доїння приходить більше 60 % усіх трудозатрат [1] і 30 % встановленої потужності [2], по-третє, в колективних, фермерських і особистих господарствах лише 50 % операторів володіють технологією швидкісного машинного доїння тварин [3]. У зв'язку з цим, розробка і впровадження у виробництво стимулюючих молоковідділення технологій машинного доїння корів має важливе народно-господарське значення. Адже інтенсивне і повне молоковідведення при кожному доїнні – обов'язкова фізіологічна вимога реалізації генетичного потенціалу молочної продуктивності тварин, а отже зменшення захворюваності їх маститами, енерго- і трудозатрат на технологічний процес доїння [1–3].

Аналіз джерел за темою досліджень

Якість молока залежить від багатьох факторів: від періоду лактації, породи, стану здоров'я, умов утримання, раціону годування та якості кормів, дотримання правил машинного доїння та первинної обробки молока [4, 5].

Мастит субклінічної форми змінює біохімічний склад молока, зменшує кількість молочного цукру. Гостра форма маститу призводить до різкого зниження концентрації цінних компонентів в молоці. Воно має сольоноватий смак, в ньому містяться згустки гною та крові. Для харчових цілей таке молоко неприродне [6, 7].

Техніка доїння суттєво впливає на продуктивність корів, стан їх здоров'я і якість молока. При машинній технології отримання молока до робітників молочних ферм і комплексів висуваються жорсткі

вимоги, щодо дотримання правил експлуатації техніки в умовах функціонування біотехнічної системи. Забезпечення швидкого та якісного видоювання корів – важливий фактор отримання конкурентоздатної молочної продукції.

Отримання молока високого санітарного гатунку передбачає вирішення комплексу питань: забезпечення тварин доброякісними кормами, вивільненими від шкідливих, токсичних речовин; чітке дотримання технології машинного доїння тварин; вдосконалення доїльного обладнання, зменшення довжини молокопроводів, використання доїльних апаратів з автоматичним відключенням, а також установок з пристроями, що дозволяють промивати молокопроводи, з дотриманням за необхідності заходів з діагностики та профілактики маститу корів [7–9].

Постановка завдання

Розробка пристрою, що дозволяє здійснювати безперервний контроль молока в процесі доїння корів, діагностику і профілактику маститу корів при використанні доїльних апаратів з швидкодіючою автоматичною системою відключення після закінчення доїння.

Виклад основного матеріалу

До молока згідно з ДСТУ 3662:2018 (Молоко-сировина коров'яче. Технічні вимоги) висуваються вимоги за фізико-хімічними, органолептичними і санітарно-ветеринарними показниками. Молоко має бути натуральним, отримано від здорових корів, мати чистий, приємний, солодкуватий смак і запах.

Молоко корів, хворих маститом, не підлягає реалізації. Незважаючи на те, що мастит не передається людині через молоко, в ньому міститься велика кількість стафілококів, що виділяють токсини, які можуть викликати харчові отруєння і бути причиною небезпечного захворювання. Таким чином, перед господарствами, які планують випускати готову продукцію, стоїть задача забезпечення жорсткого контролю за якістю молока [4].

Сучасний метод діагностики якості молока складається з 2-х етапів:

- перший – щоденний візуальний контроль якості молока; перші струмені молока здоюються в переддійну чашу з наступним визначенням наявності пластівців, слизу, домішок крові в молоці;
- другий – щомісячна перевірка на наявність молока, зараженого маститом, в спеціальних лабораторіях, або за допомогою експрес-тесту.

Проте, може бути застосований швидший і дешевший спосіб діагностики. Одна з фізичних властивостей молока – електропровідність – дозволяє відрізнити здорове молоко від хворого. Електропровідність здорового молока коливається від $40 \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$ до $50 \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$, а у молока, отриманого від корів, хворих маститом, збільшується до $130 \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$.

Вирішенням проблеми виявлення молока, ураженого маститом, може бути розробка пристрою, який би дозволив здійснювати швидкий і безперервний контроль молока в процесі доїння корів [5, 6]. На рис. 1 показана примірна функціональна схема пристрою автоматичного розділення потоків молока на нормальне і молоко, вражене маститом.

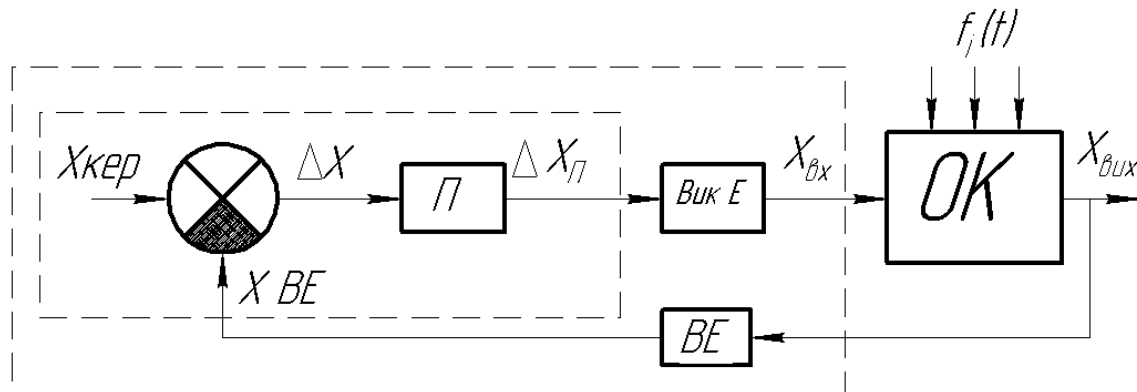


Рис. 1. Функціональна схема пристрою автоматичного розділення потоку молока. ОК – об'єкт керування, ВЕ – вимірюючий пристрій, П – підсилюючий пристрій, Вук Е – виконуючий елемент, $X_{\text{вих}}$ – вихідний параметр, $X_{\text{ве}}$ – вихідний параметр вимірюючого елемента, $X_{\text{кер}}$ – керуючий параметр, ΔX – вихідний параметр порівняльного елемента, $\Delta X_{\text{п}}$ – підсилений параметр, $X_{\text{вх}}$ – вхідний параметр об'єкту керування, $f_i(t)$ – збурення

На функціональній схемі ОК – об'єкт керування, в нашому випадку це розподільвач з електроприводом; ВЕ – вимірюючий пристрій, датчик електропровідності молока; П – підсилювач; Вук Е – виконуючий елемент, електромагніт. $X_{\text{вих}}$ – це електропровідність молока в трубопроводі, де встановлений датчик. При появі в трубопроводі молока, ураженого маститом, змінюється його електропровідність, це вимірює вимірюючий елемент ВЕ. $X_{\text{ВЕ}}$ – сигнал вимірюючого елемента, який поступає на вхід порівняльного пристрою і порівнюється з $X_{\text{КЕР}}$ керуючий, в даному випадку керуючий сигнал. Різниця $\Delta X = X_{\text{КЕР}} - X_{\text{ВЕ}}$ подається на вхід підсилювача, після якого підсилений сигнал $\Delta X_{\text{П}}$ подається на виконавчий елемент, Вук Е, тобто електромагніт розподільвача. Електромагніт через шток діє на розподільвач і переводить потік молока в бак враженого молока. $f_i(t)$ – збурення (випадкові фактори), які можуть мати вплив на процес

регулювання.

Конструктивно пристрій складається з двох частин – електричної і механічної. Електрична частина (контролер) складається з датчика, блокінг-генератора, підсилювача сигналу та електромагніта як виконавчого органу. Механічна частина являє собою розподільвач, який приводиться в дію від електромагніта і його шток може займати дві позиції. Розподільвач виконує функцію перемикача потоку молока в молокопроводі [10, 11]. У вихідному положенні (електромагніт вимкнений) молоко поступає в основний бак зі здоровим молоком. При ввімкненому електромагнітному приводі розподільвач переводить потік молока в бак з враженим молоком. Схема електрична принципова пристрою представлена на рисунку 2, конструкція розподільвача потоку – на рисунку 3.

Робота пристрою базується на вимірі електропровідності молока по змінному струму. Якщо в датчику звичайне молоко (нормальне), то електричний опір рідини досить високий (вище від ураженого маститом в 2,0...2,5 рази), при цьому не порушується умова самозбудження блокінг-генератора, виконаного на транзисторі VT1 і трансформаторі T1. Струм колектора протікає через резистор R2 і підвищує напругу на базі транзистора VT2. На емітері транзистора VT2 в цей час нижча напруга із-за падіння його на резисторах R5, R6. Тому транзистор VT2 виявляється закритим, струм в реле K1 не поступає. Контакти K1.1 замкнуті, напруга подається на контрольну лампу нормального молока H1.

При появі в молокопроводі молока з низьким електричним опором (анормальне молоко) генерація зривається, струм колектора транзистора VT1, що протікає через резистор R2, зменшується, зміщення бази транзистора VT2 зростає, транзистор переходить в режим насичення і реле K1 спрацьовує.

Контакти K1.1 розмикаються, напруга не подається на сигнальну лампу H1. Замикаються контакти K1.2, спрацьовує електромагніт V1, який приводить в дію розподільвач, останній перенаправляє потік молока, враженого маститом, в резервуар для збору анормального молока.

Після закінчення в молокопроводі анормального молока, контролер автоматично перенаправляє нормальне молоко в основний бак.

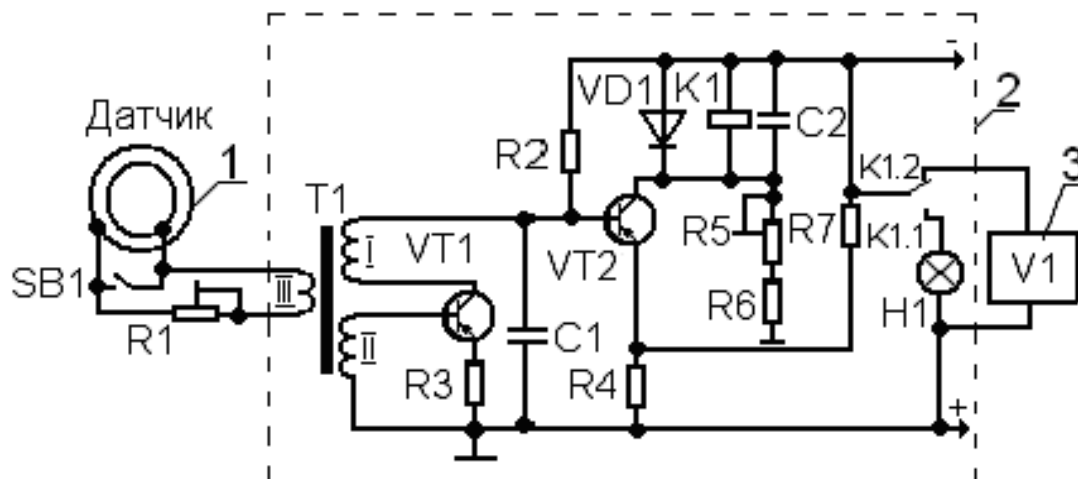


Рис. 2. Принципова електрична схема пристрою (у режимі роботи з молоком, ураженим маститом) : 1 - датчик; 2 - електронний блок; 3 - електромагніт

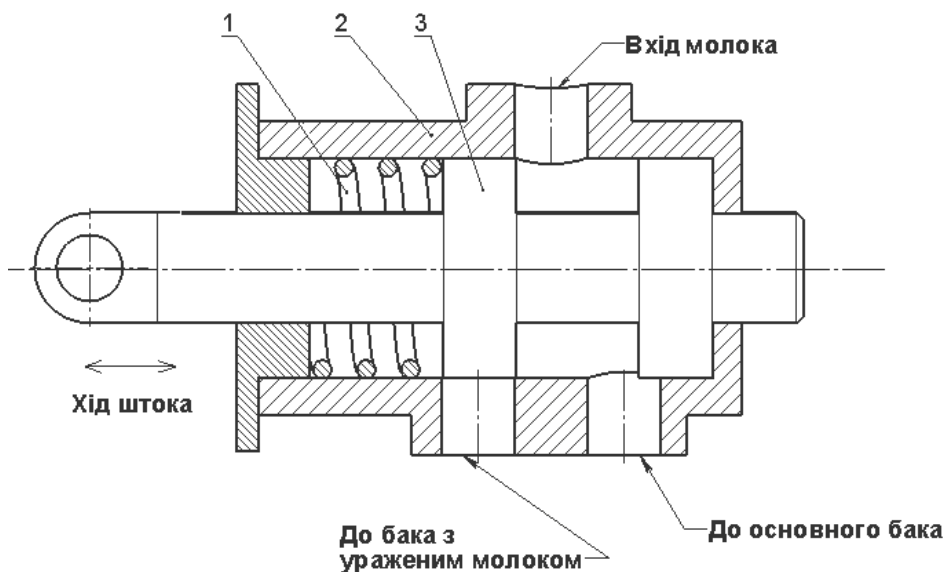


Рис. 3. Розподільвач молока: 1 – пружина; 2 – корпус; 3 – шток

Ефективність роботи контролера в повній мірі залежить від ефективності роботи датчика, яка обумовлюється його конструкцією. При розробці конструкції датчика враховувалися і гідродинаміка потоку молока в молокопроводі і фізичні властивості молока.

Встановлено, що при низькій інтенсивності виведення молока апаратом (до 400...500 г/хв) струминки при русі в колекторі розпадаються на частинки з утворенням двофазного повітряно-рідинного середовища, де дисперсною фазою є краплинки молока, а дисперсійною – оточуюче повітря. В колекторі доїльного апарата проходить поворот в русі суміші на 90° і потік починає рухатися горизонтально. Під дією відцентрової сили і удару об стінки колектора частина рідини знову утворює однофазне середовище, яке рухається по молокопроводу у вигляді суцільного неперервного струменя.

Товщина струменя на віддалі 60...90 мм від корпусу колектора є постійною і залежить лише від інтенсивності виведення молока. Ця особливість використана при розробці конструкції кільцевого первинного перетворювача сигналу – датчика наявності молока [12], а також для виявлення молока, враженого маститом (рис. 4).

Первинний перетворювач сигналу складається з двох кільцевих електродів 3 і 4, встановлених концентрично із зазором і з'єднаних з блоком автоматики провідниками 5 і 6. Показник електричного опору датчика залежить від відношення товщини суцільного шару молока S_m і величини зазору S між кільцями-електродами. Якщо $S_m > S$, то зазор між кільцями завжди замкнутий частинками рідини, а опір між електродами незначний.

Зниження інтенсивності виведення молока зменшує товщину шару і при $S_m < S$ електричний зв'язок між кільцями-електродами переривається. Електричний опір зростає в десятки разів порівняно з початковим (рис. 5). Співвідношення $S_m = S$ являється «критичним» і при певному значенні величини зазору між кільцями-електродами служить для дискретного контролю заданої інтенсивності виведення молока.

При роботі в режимі виявлення молока враженого маститом, принцип роботи датчика залишається незмінним, але в даних умовах використовується можливість електронного блока контролера, який здатен фіксувати незначні зміни (електропровідність аномального молока вища в 2...2,5 рази в порівнянні з нормальним) і перенаправляти потік молока в інший бак.

На рис. 6 представлено взаємозв'язок зміни зазору між кільцями-електродами (за «критичними» точками) та величиною потоку молока. Встановлено, що інтенсивність виведення молока апаратом в інтервалі від 100 до 530 г/хв придатна для дискретного контролю кільцевими перетворювачами сигналу. При більших значеннях потоку датчик слабо реагує на його перепади. Це дозволяє зробити висновок про придатність даного датчика для роботи з контролером молока, враженого маститом.

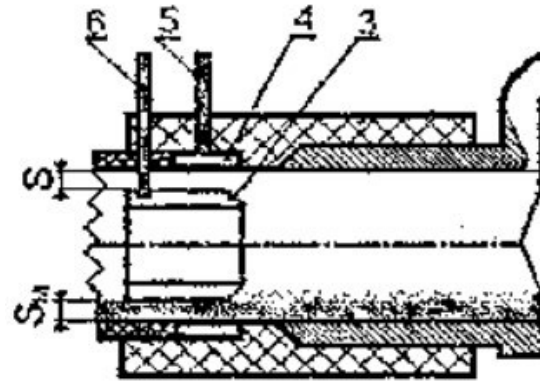


Рис. 4. Схема кільцевого датчика для вимірювання наявності та опору молока: 1 – суцільний струмінь молока; 2 – приграничний шар; 3 – внутрішнє кільце-електрод; 4 – зовнішнє кільце-електрод; 5, 6 – провідники

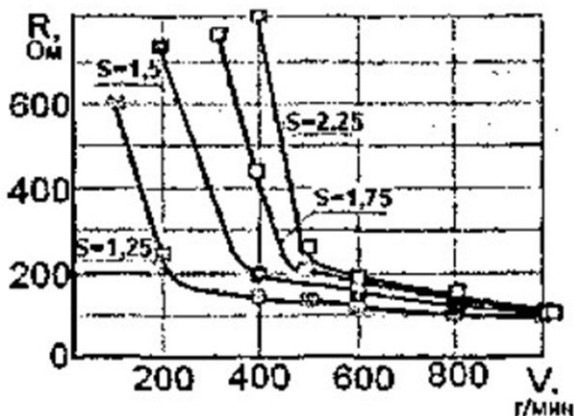


Рис. 5. Величина еквівалентного електричного опору R датчика залежно від інтенсивності виведення молока V двотактним доїльним апаратом

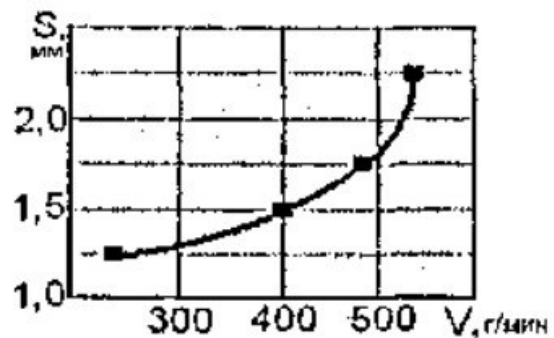


Рис. 6. Залежність зазору кільць-електродів від величини «критичної» інтенсивності V молока

На основі проведених досліджень розроблено конструктивні елементи датчика для виявлення молока, враженого маститом, рис. 7.

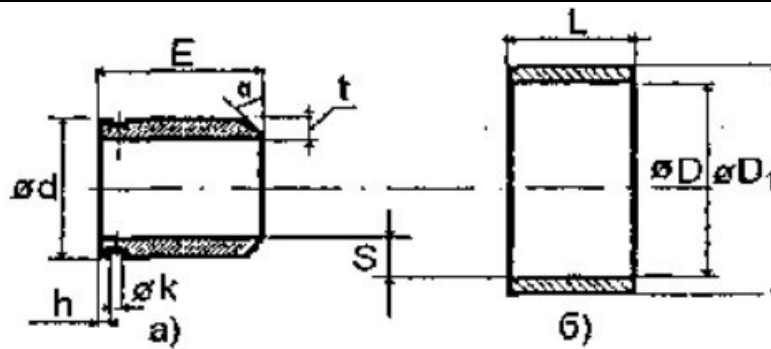


Рис. 7. Конструктивні параметри кільце-електродів: а – внутрішнє кільце; б – зовнішнє кільце

Для оцінки точності контролю інтенсивності виведення молока або початку відділення враженого маститом молока при різних параметрах кільце-електродів у роботах [13, 14] вводиться поняття коефіцієнта стабільності F:

$$F = \frac{t_{всм} - (t_1 + t_2 + t_n)}{t_{всм}}$$

де $t_{всм}$ – загальний час всмоктування молока; t_1, t_2, t_n – періоди часу при яких проходило збільшення опору до значень «критичної зони». Залежність зміни коефіцієнта стабільності від ширини кільце-електродів представлена на рис. 8.

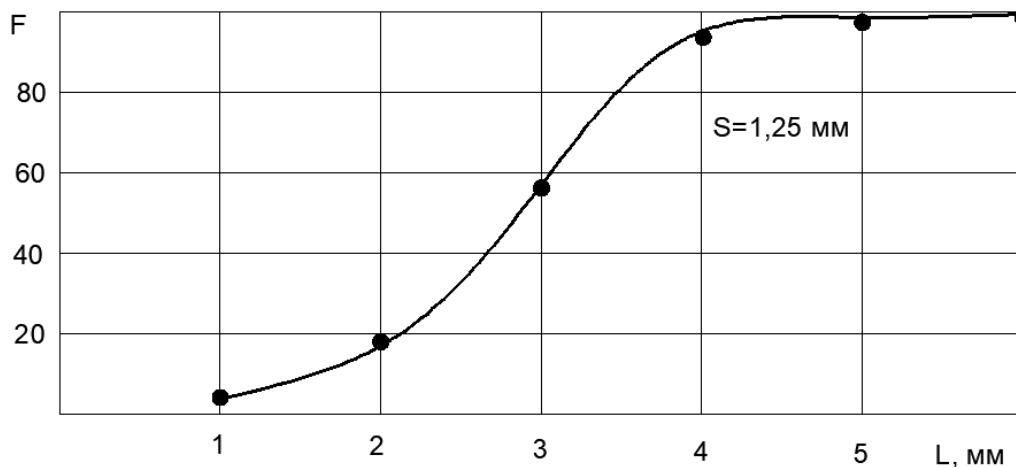


Рис. 8. Залежність зміни коефіцієнта стабільності від ширини кільце-електродів

Дослідження первинного перетворювача сигналу на доїльній площадці (з параметрами $E = 7$ мм, $L = 5$ мм, $S = 1,25$ мм) показали його високу ефективність. Точність контролю заданої інтенсивності виведення молока знаходилась в інтервалі $\pm 10\%$ у 95% корів в стаді.

Висновки

Запропоновано конструкцію контролера для безперервного контролю молока в процесі доїння корів, діагностику і профілактику маститу корів при використанні доїльних апаратів з швидкодіючою автоматичною системою відключення після закінчення доїння.

Розроблено кільцевий первинний (перетворювач сигналу), обґрунтовані параметри його конструкції по величині робочого зазору (1,25...2,5 мм) і ширини кільце-електродів (5...6 мм). В інтервалі потоку 200...550 г/хв датчик здатен здійснювати дискретний контроль заданої границі інтенсивності виведення молока з точністю ± 10 , а також здійснювати контроль молока, враженого маститом і відведення його в резервний резервуар без зупинки процесу доїння корів.

Література

1. Сафиуллин Н.А. Резервы повышения эффективности отрасли молочного скотоводства / Н.А. Сафиуллин, Р.А. Мухамедьяров. – Казань : ООО «Печатный двор», 2007. – 187 с.
2. Келпис Э.А. Исследования перспективных технологий доения на молочных фермах кооперативных и фермерских хозяйств / Э.А. Келпис // VIII (I Всерос.) симп. по машинному доению с.-х. животных : тез. докл. – Оренбург, 1995. – С. 6-7.
3. Ганеев А.А. Правила машинного доения коров в коллективных, фермерских и личных хозяйствах / А.А. Ганеев. – М. : ГОСНИТИ РАСХН, 2003. – 20 с.

4. Про молоко та молочні продукти : Закон України від 24 черв. 2004 р. № 1870-IV // Ефективне тваринництво. – 2006. – № 5. – С. 8–12.
5. Барабаншиков Н. В. Качество молока и молочных продуктов / Барабаншиков Н. В. – М. : Колос, 2000. – 255 с., ил.
6. Машкін М. І. Технологія виробництва молока і молочних продуктів : підруч. / М.І. Машкін, Н.М. Париш ; Мін-во аграрної політики України. – К. : Вища школа, 2006. – 351 с.
7. Про затвердження Правил ветеринарно-санітарної експертизи молока і молочних продуктів та вимог що до їх реалізації : Наказ ... від 20.04.2004 р. № 49 // Офіційний вісник України. – 2004. – № 19. – Ст. 1365.
8. Шепелев А.Ф. Товароведение и экспертиза молока и молочных продуктов : учеб. пособие / Шепелев А.Ф., Кожухова О.И. – Ростов-на-Дону : Издат. центр «МарТ», 2001. – 128 с.
9. Админ Е.И. Доение коров на фермах промышленных комплексов / Админ Е.И. – Изд. 2-е, дополн. и перераб. – К. : Урожай, 2018. – 144 с.
10. Краусп В.Р. Комплексная автоматизация в промышленном животноводстве / Краусп В.Р. – М. : Машиностроение, 1980. – 214 с.
11. Тенденции развития доильного оборудования за рубежом / [Цой Ю.А., Мишуров Н.П., Кирсанов В.В., Зеленцов А.И.]. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2000. – 76 с.
12. Устройство для контроля начала и окончания доения коровы : А.с. 1212385 СССР / М.Л. Гордиевских. – 3784751/28 -12 ; заявл. 21.06.84. – 1986. – №7.
13. Курак А.С. Технологические основы машинного доения и контроль качества молока / Курак А.С. – Минск : Белпринт, 2009. – 160 с.
14. Гордиевских М.Л. Сравнительная оценка результатов испытаний доильного аппарата с прибором контроля и регулирования процесса выведения молока с аппаратами типа АДУ-1 и АДС / М.Л. Гордиевских // Механизация процессов в животноводстве. – Алма-Ата : Восточное отделение ВАСХНИЛ, 1989. – С. 15–23.

References

1. Safullin N.A. Rezervy povysheniya effektivnosti otrasli molochnogo skotovodstva / N.A. Safullin, R.A. Muhamedyarov. – Kazan : ООО «Pechatnyj dvor», 2007. – 187 s.
2. Kelpis E.A. Issledovaniya perspektivnih tehnologij doeniya na molochnyh fermah kooperativnyh i fermerskih hozyajstv / E.A. Kelpis // VIII (I Vseros.) simp. po mashinnomu doeniyu s.-h. zhivotnyh : tez. dokl. – Orenburg, 1995. – S. 6-7.
3. Ganeev A.A. Pravila mashinnogo doeniya korov v kollektivnyh, fermerskih i lichnyh hozyajstvah / A.A. Ganeev. – M. : GOSNITI RASHN, 2003. – 20 s.
4. Pro moloko ta molochni produkty : Zakon Ukrainy vid 24 cherv. 2004 r. № 1870-IV // Efektyvne tvarynnyctvo. – 2006. – № 5. – S. 8–12.
5. Barabanshikov N. V. Kachestvo moloka i molochnyh produktov / Barabanshikov N. V. – M. : Kolos, 2000. – 255 s., il.
6. Mashkin M. I. Tekhnolohiia vyrobnytstva moloka i molochnykh produktiv : pidruch. / M.I. Mashkin, N.M. Parysh ; Min-vo ahrarnoi polityky Ukrainy. – K. : Vyshcha shkola, 2006. – 351 s.
7. Pro zatverdzhennia Pravyl veterynarno-sanitarnoi ekspertyzy moloka i molochnykh produktiv ta vymoh shcho do yikh realizatsii : Nakaz ... vid 20.04.2004 r. № 49 // Ofitsiyni visnyk Ukrainy. – 2004. – № 19. – St. 1365.
8. Shepelev A.F. Tovarovedenie i ekspertiza moloka i molochnih produktov : ucheb. posobie / Shepelev A.F., Kozhuhova O.I. – Rostov-na-Donu : Izdat. centr «MarT», 2001. – 128 s.
9. Admin E.I. Doenie korov na fermah promyshlennykh kompleksov / Admin E.I. – Izd. 2-e, dopoln. i pererab. – K. : Urozhaj, 2018. – 144 s.
10. Krausp V.R. Kompleksnaya avtomatizatsiya v promyshlennom zhivotnovodstve / Krausp V.R. – M. : Mashinostroenie, 1980. – 214 s.
11. Tendencii razvitiya doilnogo oborudovaniya za rubezhom / [Coy Yu.A., Mishurov N.P., Kirsanov V.V., Zelencov A.I.]. – M. : FGNU «Rosinformagroteh», 2000. – 76 s.
12. Ustrojstvo dlya kontrolya nachala i okonchaniya doeniya korovy : A.c. 1212385 SSSR / M.L. Gordievskih. – 3784751/28 -12 ; zayavl. 21.06.84. – 1986. – №7.
13. Kurak A.S. Tehnologicheskie osnovy mashinnogo doeniya i kontrol kachestva moloka / Kurak A.S. – Minsk : Belprint, 2009. – 160 s.
14. Gordievskih M.L. Sravnitel'naya ocenka rezul'tatov ispytaniy doilnogo apparata s priborom kontrolya i regulirovaniya processa vyvedeniya moloka s apparatami tipa ADU-1 i ADS / M.L. Gordievskih // Mehanizatsiya processov v zhivotnovodstve. – Alma-Ata : Vostochnoe otdelenie VASHNIL, 1989. – S. 15–23.

Надійшла / Paper received : 02.11.2020 р. Надрукована/Printed : 27.11.2020 р.