

Шигимага В.А.

Харьковский национальный
технический университет сельского
хозяйства имени Петра Василенко
E-mail: biovidoc@gmail.com

**ОПЕРАТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ КИСЛОТНОСТИ
МОЛОКА В МОЛОКОПРОВОДЕ ДОИЛЬНОГО
РОБОТА**

УДК 637.115:637.112:681.5(072)

DOI 10.37700/ts.2020.21.70-74

Шигимага В.А. «Оперативный мониторинг кислотности молока в молокопроводе доильного робота»

Кислотность характеризует пригодность молока для первичной переработки и является одним из основных параметров, контролируемых при приеме на молокозаводе. Поэтому важно вовремя отделить молоко с нестандартной кислотностью в процессе доения роботом. Однако технические средства распознавания и отделения молока с нестандартной кислотностью в молокопроводе в роботизированных системах доения и мониторинг кислотности молока в процессе роботизированного доения не предусмотрены.

В результате предварительных экспериментальных исследований установлена линейная корреляционная зависимость кислотности молока по традиционному методу Тернера от рН. Рассчитаны параметры основного и дополнительного баков, для молока высшего сорта и брака по кислотности. Определены линейные параметры врезки в основной молокопровод робота измерительного рН-электрода и тройника с электромагнитным клапаном для автоматического сброса нестандартного молока. На основе экспериментальных исследований и расчетов создан проект технической системы для роботизированной технологии доения коров. Штатная технология дополняется автоматическим измерением рН молока в потоке, что реализуется с помощью быстродействующего транзисторного рН-ПТ электрода. Разработана автоматическая система мониторинга рН молока в потоке, которая включает рН-ПТ электрод, измерительное средство, тройник с электромагнитным клапаном, радиомодуль и дополнительную емкость для сбора нестандартного молока.

Мониторинг рН молока в потоке в процессе роботизированного доения позволяет оперативно решать сразу две задачи – повышение точности оценки качества исходного сырья и коррекция рационов кормления коров с целью нормирования кислотности молока, необходимой для приемки молокозаводом. Тем самым исключается трудоемкая операция лабораторного определения кислотности, если этот показатель уже измерен в процессе доения молока роботом. Таким образом, данное усовершенствование технологии роботизированного доения позволит точнее оценить качество сырого молока с помощью доильных роботов, входящих в систему машин точного животноводства.

Ключевые слова: рН молока, доильный робот, рН-ПТ электрод, мониторинг кислотности.

Шигимага В.О. «Оперативний моніторинг кислотності молока в молокопроводі доїльного робота»

Кислотність характеризує придатність молока для первинної переробки і є одним з основних параметрів, контрольованих при прийомі на молокозаводі. Тому важливо вчасно відокремити молоко зі нестандартною кислотністю в процесі доїння. Однак технічні засоби розпізнавання і відділення молока з нестандартною кислотністю в молокопроводі в роботизованих системах доїння і моніторинг кислотності молока в процесі роботизованого доїння не передбачені.

В результаті попередніх експериментальних досліджень встановлена лінійна кореляційна залежність кислотності молока за традиційним методом Тернера від рН. Розраховані параметри основного і додаткового баків, для молока вищого сорту і браку по кислотності. Визначено лінійні параметри врізки в основний молокопровід робота вимірювального рН-электрода і трійника з електромагнітним клапаном для автоматичного скидання нестандартного молока. На основі експериментальних досліджень і розрахунків створено проект технічної системи для роботизованої технології доїння корів. Штатна технологія доповнюється автоматичним вимірюванням рН молока в потоці, що реалізується за допомогою швидкодіючого транзисторного рН-ПТ електрода. Розроблена автоматична система моніторингу рН молока в потоці, яка включає рН-ПТ электрод, вимірювальний засіб, трійник з електромагнітним клапаном, радіомодуль і додаткову ємність для збору нестандартного молока.

Моніторинг рН молока в потоці в процесі роботизованого доїння дозволяє оперативно вирішувати відразу два завдання – підвищення точності оцінки якості вихідної сировини і корекція раціонів годівлі корів з метою нормування кислотності молока, необхідної для приймання молокозаводом. Тим самим виключається трудомістка операція лабораторного визначення кислотності, якщо цей показник вже вимірний в процесі доїння молока роботом. Таким чином, дане удосконалення технології роботизованого доїння дозволить точніше оцінити якість сирого молока за допомогою доїльних роботів, що входять в систему машин точного тваринництва.

Ключові слова: рН молока, доїльний робот, рН-ПТ электрод, моніторинг кислотності.

V.A. Shigimaga "Milk acidity operational monitoring in the milk pipeline of milking robot"

The acidity characterizes the suitability of milk for primary processing and is one of the main parameters controlled during reception at the dairy. Therefore, it is important to separate milk with low acidity in time during milking by the robot. However, technical means for recognizing and separating milk with non-standard acidity in the milk pipeline in robotic milking systems and monitoring the acidity of milk during robotic milking are not provided.

As a result of experimental studies, a linear correlation between the acidity of milk according to the traditional Turner method and pH was established. The parameters of the main and additional tanks, for high-grade milk and defective acidity were calculated. The linear parameters of the insertion of a measuring pH electrode and a tee with an electromagnetic valve for automatic discharge of non-standard milk into the main milk pipeline of the robot are determined. Based on experimental research and calculations, a project of a technical system for robotic cow milking technology was created. The standard technology is supplemented by automatic measurement of the pH of milk in the flow, which is implemented using a high-speed field transistor (pH-FT) electrode. An automatic system for monitoring the pH of milk in the stream has been developed, which includes a pH-FT electrode, a measuring tool, a tee with an electromagnetic valve, a radio module, and an additional container for collecting non-standard milk.

Monitoring the pH of milk in the stream during robotic milking allows you to quickly solve two tasks at once: improving the accuracy of evaluating the quality of raw materials and correcting cow feeding rations in order to normalize the acidity of milk required for acceptance by the dairy. This eliminates the time-consuming operation of laboratory determination of acidity, if this indicator is already measured during the milking process by the robot. Thus, this improvement in the technology of robotic milking will allow you to more accurately assess the quality of raw milk using milking robots included in the system of precision livestock machines.

Keywords: *pH of milk, the milking robot pH the FT electrode, monitoring the acidity.*

Введение

В роботизированных системах доения основные показатели качества молока измеряются непосредственно в потоке для обеспечения оперативности мониторинга качества. Среди них электропроводность, цвет, наличие соматических клеток и др. [1-3]. Однако такой важнейший показатель, как кислотность, в этих системах не контролируется. Учитывая то, что этот показатель является первым в регламенте нормируемых показателей (ДСТУ 3662-97) по "сыропригодности" молока при приемке на молокозаводе, возникает потребность в разработке технического средства для мониторинга кислотности молока в потоке в процессе роботизированного доения [4].

Актуальность проблемы

Мониторинг кислотности молока в потоке по рН в процессе доения роботом позволит оперативно решать сразу две задачи: повышать точность оценки качества первичного продукта и корректировать рационы кормления коров для нормирования кислотности молока. Следует подчеркнуть, что мониторинг показателя кислотности молока в потоке становится технически проще, поскольку робот автоматически выполняет доение и уже имеет группу первичных преобразователей (датчиков), встроенных в молокопровод. Тогда достаточно только лишь встроить в молокопровод дополнительный датчик кислотности, организовать обработку первичного сигнала, передать данные в компьютер робота и модифицировать его программное обеспечение (ПО). Тем самым можно исключить трудоемкую операцию лабораторного определения кислотности, если этот показатель будет уже измерен в процессе доения молока роботом, входящим в систему машин точного животноводства.

Анализ последних исследований

В настоящее время существуют несколько методов мониторинга кислотности молока, которая выражается общей (титруемой) и активной (рН) кислотностью. Контроль кислотности молока методом титрования является трудоемкой и длительной процедурой. Однако известно, что существует линейная зависимость между рН и титруемой кислотностью молока [4,5]. Поэтому целесообразной альтернативой методу титрования является метод рН-метрии, который значительно проще. Если необходимо, можно затем

преобразовать измеренную величину рН в традиционные градусы кислотности Тернера по регрессионному уравнению соответствия, используя микропроцессор.

В качестве первичного преобразователя рН молока в потоке целесообразно использовать быстродействующий твердотельный рН-чувствительный полевой транзистор (рН-ПТ), который в настоящее время является хорошей альтернативой стеклянному рН-электроду по прочности, надежности и времени отклика [6]. Опыт показывает, что важные преимущества рН-ПТ электродов позволяют использовать их в качестве датчиков как в обычной рН-метрии, так и в ряде специальных технических решений. Среди последних биомедицинский, биохимический и ферментный анализ токсичных примесей в водных растворах, а также сенсорный анализ активности ионов различных типов [7-9].

Как отмечено выше, датчики автоматических средств мониторинга показателей качества молока в потоке встраиваются обычно в молокопровод робота. Однако мониторинг рН молока в доильном роботе пока не предусмотрен, но первичный преобразователь для этого уже имеется – это рН-ПТ электрод. Он также может быть встроено непосредственно в молокопровод доильного робота. Остается только рассчитать некоторые параметры молокопровода: диаметр, скорость движения молока, расход и параметры врезки электрода. Такие расчеты и были выполнены [4].

Формулирование цели исследований

Целью работы является разработка проекта технической системы усовершенствования процесса роботизированного доения путем мониторинга кислотности молока в потоке. Достигается за счет введения в молокопровод робота рН электрода на основе рН-чувствительного полевого транзистора. Это даст возможность оперативно и достоверно определять качество молока непосредственно во время его получения роботом и заблаговременно отделить молоко с нестандартной кислотностью, тем самым повысить его сыропригодность.

Результаты разработки

Идея конструкции автоматической системы мониторинга рН молока в потоке состоит в следующем. Штатная роботизированная технология доения коров дополняется процессом автоматического мониторинга рН молока в потоке. Для реализации этого процесса в молокопровод встраивается твердотельный датчик-электрод рН-ПТ, который подключен к измерительному блоку и цифровому индикатору.

На рис. 1 показана блок-схема автоматической системы мониторинга рН молока в потоке со сбросом нестандартного по кислотности молока в отдельную емкость.

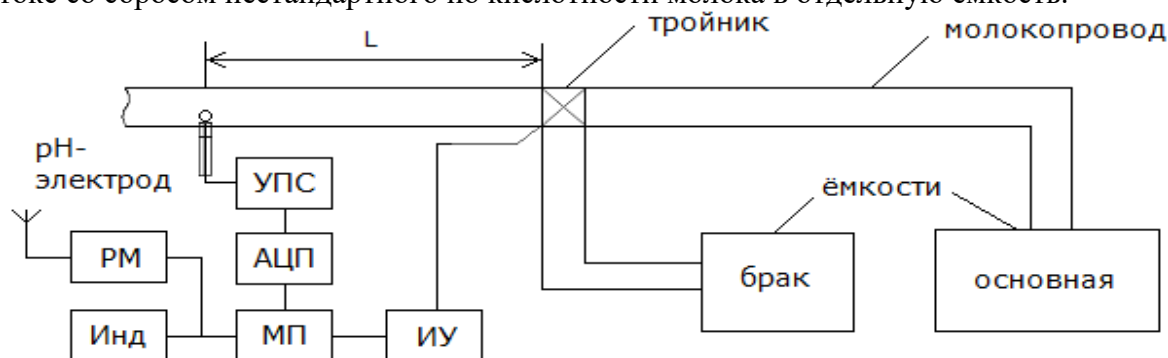


Рис. 1. Блок-схема автоматической системы мониторинга рН молока в потоке:

L – расстояние между врезками рН-ПТ электрода и тройника в молокопровод; УПС – усилитель первичного сигнала с электрода; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; МП – микропроцессор; ИУ – исполнительное устройство; Инд – индикатор; РМ – радиомодуль.

Расстояние L между врезками рН-электрода и тройника рассчитано, используя данные 3D-графической модели [4]. Принимая расчетную скорость потока 0,13 м/с и время отклика быстродействующего рН-ПТ электрода 2 с, получено расстояние $L = 0,26$ м при расчетном диаметре молокопровода 20 мм. Это необходимо, чтобы обеспечить своевременный сброс бракованного по кислотности молока в отдельную емкость по сигналу процессора рН-метра, учитывая время отклика рН-ПТ электрода.

Врезка в молокопровод доильного робота рН-ПТ электрода и далее на расстоянии 0,26 м электромагнитного клапана выполняется сразу за системой коллектора четырех шлангов молокопроводов робота от четвертой вымени. К рН-электроду и клапану подключается электронное измерительное устройство с радиомодулем. Таким образом, автоматическая система мониторинга рН молока в потоке включает: рН-ПТ электрод, измерительное устройство, тройник с электромагнитным клапаном и дополнительный бак. Остальные элементы роботизированной доильной системы остаются без изменений.

Автоматическая система мониторинга рН молока в потоке работает следующим образом.

рН-ПТ электрод непрерывно от начала доения выдает потенциал, пропорциональный рН молока, усилитель УПС повышает потенциал для нормальной работы АЦП. Последний преобразует аналоговый сигнал в цифровой код, микропроцессор обрабатывает полученный код по заданной программе и формирует значение рН на индикаторе. Алгоритм обработки обычный, как в цифровых рН-метрах, преобразующих измеренный потенциал в милливольты в значение рН согласно уравнению Нернста. Кроме того, микропроцессор по отдельной подпрограмме преобразует измеренное значение рН в кислотность по Тернеру в соответствии с уравнением линейной регрессии [4]. В случае выхода измеренного значения рН за пределы заданного диапазона, микропроцессор подает команду на исполнительное устройство ИУ, которое открывает электромагнитный клапан с тройником. Нестандартное по кислотности молоко сбрасывается в отдельную емкость брака. Для передачи данных мониторинга рН молока текущего доения на главный компьютер молочной фермы, а также компьютер доильного робота, используется стандартный радиомодуль, подключенный непосредственно к микропроцессору.

Необходимо подчеркнуть, что разработанная автоматическая система мониторинга кислотности молока в молокопроводе доильного робота дает возможность в реальном времени и достоверно не только выполнять контроль качества молока по рН, но и автоматически сбрасывать нестандартное молоко в отдельную емкость, обеспечивая тем самым высокое качество основной партии молока. Таким образом, автоматическая система мониторинга кислотности молока в молокопроводе доильного робота повышает "сыропригодность" первичного продукта и создает предпосылки для получения молока очень высокого качества за счет предупреждения его снижения по показателю кислотности.

Перспективы дальнейших исследований и разработок в этом направлении заключаются в обосновании, проектировании и внедрении инновационных технико-технологических решений обслуживания высокопродуктивных коров на всех этапах процесса роботизированного доения. С целью обеспечения производства продукции высокого качества что, безусловно, будет иметь как теоретическую, так и практическую ценность.

Выводы

Установлено, что среди измеряемых параметров качества молока в потоке, такого важного параметра, как кислотность, в роботизированном доении нет. Поэтому следует дополнить его техническими средствами оперативного мониторинга кислотности молока прямо в молокопроводе доильного робота, используя в качестве датчика быстродействующий транзисторный рН-ПТ электрод. На основе полученных ранее экспериментальных и расчетных данных разработан проект технической системы

мониторинга кислотности молока в молокопроводе доильного робота. Система включает: схему измерения рН, исполнительное устройство, тройник с электромагнитным клапаном и рН-ПТ электрод, врезанные в основной молокопровод робота, а также радиомодуль и дополнительный бак для сбора нестандартного молока.

Список использованных источников

1. Laurs A., Priekulis J., Purins M. Studies of operating parameters in milking robots // 8th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava. – 2009. – P. 38–42.
2. Науменко А. А., Чигрин А. А., Палий А. П. Роботизированные системы в молочном животноводстве // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. - Харків, 2014. – Вип. 144: Технічні системи і технології тваринництва. – С. 92–96.
3. Meijering A., Hogeveen H, Koning de C.J.A.M. Automatic Milking, a better understanding. Book Type: Edited Collection, 2004. – 544 p.
4. Nanka O., Shigimaga V., Paliy And., Sementsov V., Paliy Anat. Development of the system to control milk acidity in the milk pipeline of a milking robot // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2018. – Т. 3. – N 9 (93). – С. 27-33.
5. Сычева О.В., Трубина И.А. Экспертиза молочного сырья. – М.-Берлин:, ДиректМедиа, 2014. – 104 с.
6. Bergveld P. ISFET Theory and Practice // IEEE Sensor Conference. Toronto, Canada, 2003. P. 1–26.
7. Electrochemical sensors, biosensors and their biomedical applications / Ed. by Zhang X., Ju H., Wang J.— Elsevier, Academic Press, 2008. – 616 p.
8. Enzyme biosensors based on ion-selective field-effect transistors. S. V. Dzyadevych et al. // Analytica Chimica Acta. – 2006. – V. 568. – P. 248–258.
9. Кукла О. Л., Павлюченко О. С., Голтвянчкий Ю. В. Сенсорні масиви на основі диференційних ІСПТ-елементів для моніторингу токсичних речовин природного та штучного походження // Сенсорна електроніка та мікросистемні технології. – 2008. – № 2. С. 58–68.

References

1. Laurs A., Priekulis J., Purins M. Studies of operating parameters in milking robots // 8th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava. – 2009. – P. 38–42.
2. Naumenko, A. A., Chigrin, A. A., Paliy, A. P. Robotic systems in dairy cattle breeding. Bulletin KNTUAS name P. Vasilenko, Technical systems and technologies of animal husbandry, 2014. – 144. - 92–96.
3. Meijering A., Hogeveen H, Koning de C.J.A.M. Automatic Milking, a better understanding. Book Type: Edited Collection, 2004. – 544 p.
4. Nanka O., Shigimaga V., Paliy And., Sementsov V., Paliy Anat. Development of the system to control milk acidity in the milk pipeline of a milking robot // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2018. – Т. 3. – N 9 (93). – С. 27-33.
5. Sycheva O.V., Trubina I.A. Expertise of dairy raw materials. – М.-Berlin:, DirectMedia, 2014. – 104 p.
6. Bergveld P. ISFET Theory and Practice // IEEE Sensor Conference. Toronto, Canada, 2003. P. 1–26.
7. Electrochemical sensors, biosensors and their biomedical applications / Ed. by Zhang X., Ju H., Wang J.— Elsevier, Academic Press, 2008. – 616 p.
8. Enzyme biosensors based on ion-selective field-effect transistors. S. V. Dzyadevych et al. // Analytica Chimica Acta. – 2006. – V. 568. – P. 248–258.
9. Kukla, O. L., Pavlyuchenko, O. S., Goltvyankiy, Yu. V. Sensory massifs based on differential ISTT elements for monitoring of toxic substances of natural and artificial origin// Sensor electronics and microsystem technologies. – 2008. – 2. – 58–68.