

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТИПА «КАРУСЕЛЬ»

Ключевые слова: адаптивное регулирование, алгоритм управления, аномальный цикл доения, конвейерно-кольцевая доильная установка, продолжительность оборота платформы, простой в работе, циклограмма.

Аннотация. Рассмотрены способы оптимизации работы карусельных доильных установок. Разработан алгоритм адаптивного регулирования скорости вращения платформы в зависимости от продолжительности доения каждой коровы, учитывающий условия компенсации аномальных циклов доения отдельных животных с целью оптимизации числа мест доения, исключения простоев конвейера и животных, обеспечивающий повышение производительности труда на 20–25 % и снижение инвестиций в доильные залы.

Машинное доение сельскохозяйственных животных сформировалось в приоритетную научную проблему по следующим основным направлениям: интенсивные технологии, механизация, автоматизация, физиологические аспекты доения и обработка молока. Известно, что внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) в животноводстве позволяет повысить производительность труда в 1,2–2 раза, снизить энергозатраты на 30–40%, увеличить продуктивность животных до 20%, существенно улучшить условия труда животноводов.

В настоящее время российские животноводческие хозяйства уступают развитым зарубежным фирмам по уровню трудоемкости производства основных продуктов животноводства в 6–15 раз, по энергоемкости технических средств в животноводстве в 2,5–3 раза. Применение совершенной техники, в т. ч. зарубежной, а также средств автоматизации позволит снизить затраты труда, энергии и других ресурсов в животноводстве.

В соответствии с принятыми Россельхозакадемией направлениями развития механизации, электрификации и автоматизации сельского

хозяйства развитие техники и технологий в животноводстве должно идти на основе создания принципиально новой инженерной базы. Одной из важнейших задач повышения эффективности молочного животноводства является увеличение до 22 % удельного веса доения коров в доильных залах на автоматизированных установках, оборудованных средствами управления и индивидуального учета молока. Поэтому разработка и совершенствование методов, алгоритмов, систем контроля и управления технологическим процессом доения животных с учетом их индивидуальных особенностей является актуальной и практически значимой проблемой сегодняшнего дня.

Значительный вклад в развитие механизации, электротехнологии, автоматизации процесса доения сельскохозяйственных животных внесли Л. П. Карташов, В. В. Кирсанов, В. Г. Коба, Л. П. Кормановский, В. Ф. Королев, В. И. Сыроватка, Ю. А. Цой, D. Ordolf, D. Armstrong, F. Colddmitf и др.

По созданию технических средств и автоматизированных систем управления в животноводстве проведены работы в ВИЭСХ, ПО «Кургансельмаш», ВНИИМЖ, ВНИИКОМЖ, ВИЖ, С-ЗНИИМЭСХ, МГАУ им. В. П. Горячкина, РГАУ–МСХА им. К. А. Тимирязева, и др.

Широкие исследования по совершенствованию механизированных технологий, созданию технических средств и автоматизированных систем управления, обслуживанию животных на молочных фермах внесли зарубежные фирмы «De Laval» (Швеция), «Westfalia Surge» (Германия), «Gascoigne Melotte» (Нидерланды), «Boumatic» (США), «Fullwood» (Великобритания), и др. (рис.1, 2, 3).

Анализ выполненных работ позволяет сделать вывод, что решен ряд фундаментальных задач по основным научным направлениям механизации и автоматизации наиболее трудоемкого процесса в животноводстве – доения, определены основные эффективные технологии производства молока.

Разработка механизированных и автоматизированных систем управления процессом доения сельскохозяйственных животных в значительной мере усложняется влиянием биологических различий отдельных животных [1, с. 15].

Первая отечественная карусельная доильная установка была построена в Советском Союзе в 1959 году в колхозе им. Сталина Крымского района Краснодарского края. За счет экономии трудовых ресурсов она окупилась за год. С вводом в эксплуатацию «Карусели» 3 человека обслуживали 400 коров при трехкратной технологии доения.

Двести коров доили за один час двенадцать минут, один полный оборот установка делала за 8,5 минут [2, с. 55].

Это было толчком для дальнейших разработок в области усовершенствования поточно-конвейерных доильных установок. Со временем по результатам проведенных опытов было установлено, что «Карусель» может работать в безостановочном режиме, при котором коровы свободно могли выходить с вращающейся платформы. Это был один из первых способов создания оптимального режима работы карусельной доильной установки.

Дальнейшие технические изыскания с целью оптимизации работы карусельных доильных установок привели к разработке совершенно нового способа постановки коров на конвейере, так называемое «косое» расположение. Этот способ успешно реализован в доильных установках КДУЕ-16 «Омичка» в 1961 году.

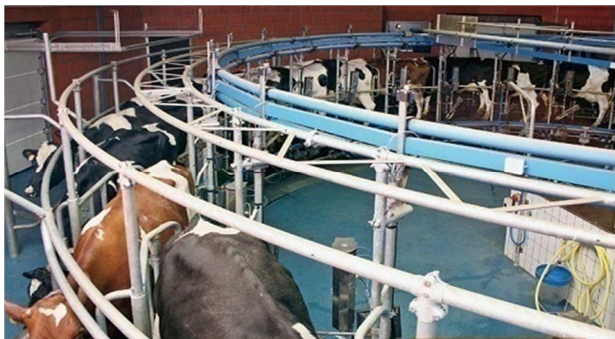


Рисунок 1 – «Карусель» с косым расположением станков (De Laval)



Рисунок 2 – «Карусель» с радиальным расположением доильных станков от фирмы Dairymaster Swiftflo



Рисунок 3 – «Карусель» фирмы SAC с 36-ю доильными станками

В настоящее время благодаря исследованиям и техническим разработкам отечественных и зарубежных ученых известен целый ряд карусельных доильных установок, отличающихся между собой по следующим основным признакам:

- 1) по месту нахождения оператора машинного доения:
 - с внутренней стороны платформы;
 - с внешней стороны платформы;
- 2) по расположению животных на платформе:
 - с продольным расположением доильных станков;
 - с кольцевым расположением доильных станков;
 - с радиальным расположением доильных станков;
 - с косым расположением доильных станков;
 - с тангенциальным расположением доильных станков;
- 3) по количеству доильных станков на вращающейся платформе;
- 4) по характеру работы конвейера:
 - с непрерывной работой;
 - с пульсирующей работой.

С разработкой автоматизированных систем управления стадом и объединением их в компьютерную систему в процессе доения появились следующие возможности: идентификация животных, управление доением, индивидуальный учет надоев молока и др.

Несмотря на масштабные разработки в направлении усовершенствования доильных установок «Карусель» и оптимизации их работы,

фактическая производительность современных карусельных доильных установок ниже паспортной как минимум на 30 %.

Происходит это по причине простоев конвейера вследствие воздействия факторов, которые мы разделили на 2 группы:

1) устранимые, которые можно устранить при правильной организации труда (зависящие от человеческого фактора):

- работа погонщика;
- работа оператора машинного доения;

2) неустраняемые, не зависящие от человеческого фактора:

– внутренние, когда корова выдаивается задолго до выхода с платформы, и все оставшееся время катится вхолостую (простой без последствий);

– внешние, когда коровы высокоудойные или тугодойные за один оборот платформы выдоиться не успевают и происходит остановка конвейера (простой с последствием).

Простои первого рода не препятствуют входу коров в станки при впуске, однако при этом можно сделать вывод, что используется установка с большим радиусом платформы и, соответственно, с большим количеством станкомест и доильных аппаратов.

Простои второго рода нарушают ритм конвейера, препятствуют впуску и выпуску животных.

В существующих системах управления работой «Каруселей» сделаны некоторые попытки уменьшить простои второго рода. Выглядит это следующим образом: скорость вращения платформы регулируется пультом управления в сочетании с системой управления стадом. Она анализирует данные о надоях за предыдущий день: средний объем молока и скорость доения каждой коровы. Скорость вращения автоматически задается, чтобы доение было окончено за один оборот платформы. Если какая-либо корова не выдоена в последней трети вращения, система обнаруживает это и автоматически замедляет движение платформы. Платформа автоматически останавливается непосредственно перед выходом этой коровы, если она еще не полностью выдоена.

Но это малоэффективно. Поэтому целесообразно разработать алгоритм адаптивного регулирования скорости вращения платформы в зависимости от продолжительности доения каждой коровы, учитывающий условия компенсации аномальных циклов доения отдельных животных, с целью оптимизации числа мест доения, исключения простоев конвейера и животных для повышения производительности труда на 20–25% и снижения инвестиций в доильные залы.

Проведенный анализ циклограммы доильного конвейера показал, что продолжительность цикла определяется из условия:

$$t_{ц} = t_{вп} + t_{подм.вым.} + t_{д} + t_{пр} + t_{вып}, \quad (1)$$

где $t_{ц}$ – общее время цикла, мин.; $t_{вп}$ – время, затрачиваемое на выпуск коровы, мин.; $t_{подм.вым.}$ – время, затрачиваемое на обработку вымени и одевание доильных стаканов, мин.; $t_{д}$ – фактическое время доения коровы, мин.; $t_{пр}$ – время простоев конвейера по различным причинам, мин.; $t_{вып}$ – время, затрачиваемое на выпуск коровы, мин.

Идеальный цикл, осуществляемый без простоев:

$$t_{ци} = t_{вп} + t_{подм.вым.} + t_{д} + t_{вып} = \tau_{об}, \quad (2)$$

где $\tau_{об}$ – время одного оборота платформы доильной установки, мин.

Если $t_{дср} < t_{дср}$, то возникают простои первого рода, если $t_{д_i} > t_{дср}$, то возникают простои второго рода.

В первом случае для исключения простоя необходимо увеличить скорость конвейера, снизив значение $t_{об}$, это будет новое значение $t_{об}$, продолжительности одного оборота платформы доильной установки.

Однако это можно сделать при условии, если следующая корова будет иметь $t_{д_{i+1}} \leq t_{д_i}$; при условии $t_{д_{i+1}} > t_{д_i}$ увеличить скорость нельзя, поскольку возникнет простой у следующей коровы.

Во втором случае, когда $t_{д_{i+1}} > t_{д_i}$ необходимо увеличить $t_{об}$, снизив скорость вращения платформы, для исключения остановки конвейера.

Следовательно, целесообразно плавное регулирование скорости конвейера в пределах:

$$\tau_{об_{min}} < \tau_{об} < \tau_{об_{max}} \quad (6)$$

Таким образом, при монотонном возрастании или убывании времени доения коровы целесообразно соответствующее изменение скорости вращения платформы, для чего необходимо обосновать закон ее регулирования в зависимости от разности продолжительностей доения отдельных животных. При анализе циклограммы в случае ($\tau_{об} = \tau_{об_{ср}}$) суммарная продолжительность внутрициклового простоя второго рода составляет примерно 2,5 часа.

При адаптивном регулировании, очевидно, что величина $\tau_{об}$ должна складываться из двух величин: постоянной составляющей $\tau_{об_{const}}$ и переменной составляющей $\Delta\tau_{об_{var}} = \int(t_{д_i})$.

$$\tau_{об} = \tau_{об_{const}} + \Delta\tau_{об_{var}} \quad (7)$$

Рассмотрим подробнее фрагмент циклограммы работы доильной установки, для этого представим суммарную продолжительность цикла обслуживания i -ой коровы в виде:

$$t_{ц_{\Sigma}} = t_{O_i} + \tau_{ВП_i} + t_{Д_i} \quad (8)$$

где t_{O_i} – время ожидания впуска на платформу.

Данная модель позволяет учитывать инерциальность системы отчета координат, связанную с работой вращающейся платформы доильной установки.

Учитывая вышеизложенное, при адаптивном управлении процессом вращения платформы необходимо: постоянно вычислять разность между циклами обслуживания i -й коровы и циклом доения коровы, имеющей максимальное значение данного параметра на заданном интервале.

Если сохраняется положительная разность, то изменение продолжительности оборота платформы невозможно по условию невыдаивания коровы за один оборот. В случае равенства или отрицательной разности (9), следует переключить скорость конвейера и «назначить» новое значение $\tau'_{об}$.

В соответствии с хронометражными наблюдениями это составляет примерно 45–50 с. Следовательно, новое значение продолжительности оборота $\tau'_{об}$ будет меньше на 45–50 с, что позволит поддерживать высокий темп работы доильного конвейера. Вместе с тем так может быть не всегда. Таким образом необходим компенсирующий алгоритм, устанавливающий «аномальные» одиночные выбросы параметра $t_{д_{max}}$, во избежание удлиненного замедленного цикла обслуживания последующих животных и ощутимого снижения темпа работы доильного конвейера.

Это может быть выполнено по условию сравнения $t_{д_{max}}$ и $t_{д_{cp}}$, соответственно максимальной и средней продолжительности доения животных в стаде. Если скажем,

$$t_{д_{max}} \text{ и } t_{д_{cp}} \geq 2,5. \quad (9)$$

то это следует считать «аномальным выбросом» (для конкретного стада параметр уточняется).

Учитывая вышеизложенное, мы предлагаем следующий алгоритм адаптивного регулирования продолжительности оборота платформы ($\tau_{об}$):

- 1) присвоить первой корове $t_{ц_{max}} = \tau_{об}$;
- 2) включить счетчик цикла сравнения $t_{ц_{\Sigma_{max}}}$ и $t_{ц_{\Sigma i}}$;
- 3) если $t_{ц_{\Sigma_{max}}} > t_{ц_{\Sigma i}}$, то значение $\tau_{об}$ остается прежним, иначе

$$t_{ц_{\Sigma_{max}}} \leq t_{ц_{\Sigma i}} \rightarrow \text{присвоить новое значение } \tau'_{об};$$

4) проверить условие «аномальности» параметра $t_{d_{\max}}$ по сравнению со средним значением времени доения в группе ($t_{d_{\text{cp}}}$)

$$t_{d_{i_{\max}}}, t_{d_{\text{cp}}} \geq 2 \dots 2,5.$$

Если условие выполняется, то считать установленный параметр аномальным;

5) проверить условие компенсации аномального цикла доения;

6) включить счетчик цикла сравнения аномального $t_{\Sigma_{\max}}^a$ и текущего значения параметра t_{Σ_i} . Если наступает равенство сравниваемых параметров за 5...6 циклов последовательного доения коров, то следует считать условие компенсации выполненным и назначить $\tau_{\text{об}} = t_{\Sigma_{\max}}^a$; иначе, следует «аномальный» параметр цикла исключить, а данную корову направить на повторный круг.

Таким образом, рассматривая кольцевую доильную установку как однопоточный конвейер, имеющий в качестве слабого звена аномально высокие продолжительности доения наиболее тугодойных коров, снижающих темп работы доильного конвейера, целесообразно разработать алгоритм адаптивного регулирования скорости вращения платформы в зависимости от продолжительности доения каждой коровы, учитывающий условия компенсации аномальных циклов доения отдельных животных, с целью оптимизации числа мест доения, исключения простоев конвейера и животных, что позволит повысить производительность труда на 20–25 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Ю. Г. Методы и технические средства контроля и управления технологическими процессами в молочном животноводстве: // Дис. док. т. наук: 05.20.01. Москва, 2005. 319 с.

2. Цой Ю. А., Тесленко И. И., Баишева Р. А. Первые отечественные поточно-конвейерные доильные установки «Карусель». // Материалы 8 Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». Москва: ГНУ ВИЭСХ, 2012 г. С. 53–62.

ANALYSIS OF OPTIMIZATION OF MILKING UNITS«CAROUSEL»

Keywords: *adaptive control, the algorithm governance, abnormal milking cycle, strip-ring installed milking unit, the duration of the platform turning, downtime, mission profile*

Annotation. *Artice considers ways to optimize the milking machines. There is an algorithm for the adaptive speed regulation of turning platform depending on the duration of each milking cow, taking into account the conditions of compensation of abnormal milking cycles of individual animals in order to optimize the number of places milking machine, eliminate downtime provide increased productivity by 20–25 % and a decline of investment in milking parlors.*

ТАРЕЕВА ОКСАНА АЛЕКСАНДРОВНА – старший преподаватель кафедры «Основы сельского хозяйства, химии и экологии» Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (oksya-kn@mail.ru).

TAREEVA OKSANA ALEKSANDROVNA – senior lecturer of the chair «Bases of agriculture, chemistry and ecology», Russia, Knyaginino, (oksya-kn@mail.ru).
