

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДОЕНИЯ НА УСТАНОВКАХ ТИПА «КАРУСЕЛЬ»

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

Аннотация. Рассмотрена кольцевая доильная установка как однопоточный конвейер, имеющий в качестве «слабого» звена аномально высокие продолжительности доения наиболее тугодойных коров, тормозящих темп работы доильного зала. 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.

Целью процесса оптимального доения является поиск параметров системы, обеспечивающих минимальное время дойки стада из m коров.

При написании математической модели рассматривалось два цикла: цикл доения () и цикл вращения карусельной установки ().

В процессе математического описания исследуемой системы использовались результаты, полученные в [1, с. 28; 2, с. 79].

При описании цикла доения рассматривалась следующая идеализация. Время впуска и выпуска коровы из «карусели» одинаковые (). Работа «карусели» осуществляется по пульсирующему способу вращения. Предполагается, что для впуска и выпуска коров зарезервировано одно и два станко-места, соответственно. Скорость вращения «карусели» (ω) постоянная и может регулироваться в процессе дойки. Время подмывания () – параметр, на который необходимо наложить некоторые разумные ограничения. Время доения () i -ой коровы из стада из m коров существенно влияет на стратегию управления скоростью вращения доильной установки. При этом необходимо учитывать воз-

возможное наличие тугодойных коров. Этот параметр (ω) зависит от физиологии каждой из коров и определяется кормовой базой, условиями содержания и кормления, а также генетическим потенциалом животных. В настоящем исследовании полагаем, что корова должна выдояться за время, меньшее либо равное повороту карусели на один оборот.

Конечной целью исследований является сокращение простоев и повышение производительности труда.

В настоящей работе рассматриваются два алгоритма: первый из них ориентирован на задании постоянной скорости вращения (ω), исходя из максимального времени доения самой тугодойной коровы из стада; второй – на изменении скорости вращения (ω) в зависимости от времени доения каждой коровы.

Для реализации первого алгоритма в соответствии с [1, с. 30] рассмотрим идеальный цикл доения ($t_{ц.и.д.}$) в несколько модифицированной форме.

$$t_{ц.и.д.} = t_{вн.} + t_{д \cdot i} + t_{ВП} \quad (1)$$

Максимальное время, необходимое для подмывания коровы, должно удовлетворять следующему неравенству:

$$t_{подм_{max}} \leq \left(t_{вн} + \frac{t_{Д_{max}}}{v} \right) k,$$

где $t_{Д_{max}}$ – максимальное время доения коровы из стада,

n – общее количество станко-мест на доильной установке,

k – количество станко-мест, в течение которого должно завершиться подмывание.

С учетом сказанного выше, приняв, что время впуска равно времени выпуска, получим

$$t_{ц.и.д.} = 2t_{вн.} + t_{д \cdot i}, \quad (2)$$

то есть

$$t_{ц.и.д.} = f_1(t_{ВП}, t_{д \cdot i}).$$

Ввиду того, что одно станко-место зарезервировано для выпуска коровы, два – для выпуска, и корова не доится в течение ее перемещения по k станко-местам, получим, что скорость вращения «карусели» должна быть подобрана так, чтобы корова выдоилась за $(n - 3 - k)$ станко-мест.

Рассмотрим цикл вращения за один оборот «карусели». Он определяется формулой: $t_{ц.и.в.р.} = \left(t_{ВП.} + \frac{2\pi}{n\omega} \right)$, или после преобразования получим:

$$t_{ц.и.в.р.} = nt_{ен.} + \frac{2\pi}{\omega}. \quad (3)$$

Эта формула определяет время поворота на n станко-мест, включающих в себя время, предусмотренное для выпуска коровы, и время поворота «карусели» на один оборот $\tau_{об.} = \frac{2\pi}{\omega}$.

Один из вариантов алгоритма, предлагаемого авторами данной статьи, состоит в назначении скорости вращения «карусели» по максимальному времени доения самой тугодойной или высокопродуктивной коровы. Полагаем, что зависимость этого времени от скорости вращения «карусели» определяется формулой

$$t_{д.маx} = \left(t_{ен.} + \frac{2\pi}{n\omega} \right) (n - 3 - k). \quad (4)$$

Проведя ряд преобразований:

$$\begin{aligned} t_{д.маx} &= t_{ВП.} (n - 3 - k) + \frac{2\pi(n - 3 - k)}{n\omega}, \\ t_{д.маx} - t_{ВП.} (n - 3 - k) &= \frac{2\pi}{\omega} \frac{(n - 3 - k)}{n}, \\ \frac{[t_{д.маx} - t_{ВП.} (n - 3 - k)]n}{n - 3 - k} &= \frac{2\pi}{\omega}, \\ \frac{nt_{д.маx} - t_{ен.} n(n - 3 - k)}{n - 3 - k} &= \frac{2\pi}{\omega}, \end{aligned}$$

получим:

$$\omega = \frac{2\pi(n - 3 - k)}{nt_{д.маx} - t_{ен.} n(n - 3 - k)}. \quad (5)$$

Таким образом скорость вращения «карусели» является достаточно сложной функцией, зависящей от количества станко-мест, максимального времени доения, времени впуска и выпуска, а также от количества станко-мест, при котором предполагается завершить подмывание, то есть $\omega = f(n, t_{D_{max}}, t_{ВП}, k)$.

Общее время доения стада из m коров рассчитывается по формуле:

$$t_{общ} = \left(t_{вп.} + \frac{2\pi}{n\omega} \right) (n + m - 1).$$

Проведем на ЭВМ анализ зависимости цикла доения () от времени впуска и времени доения (рис. 1).

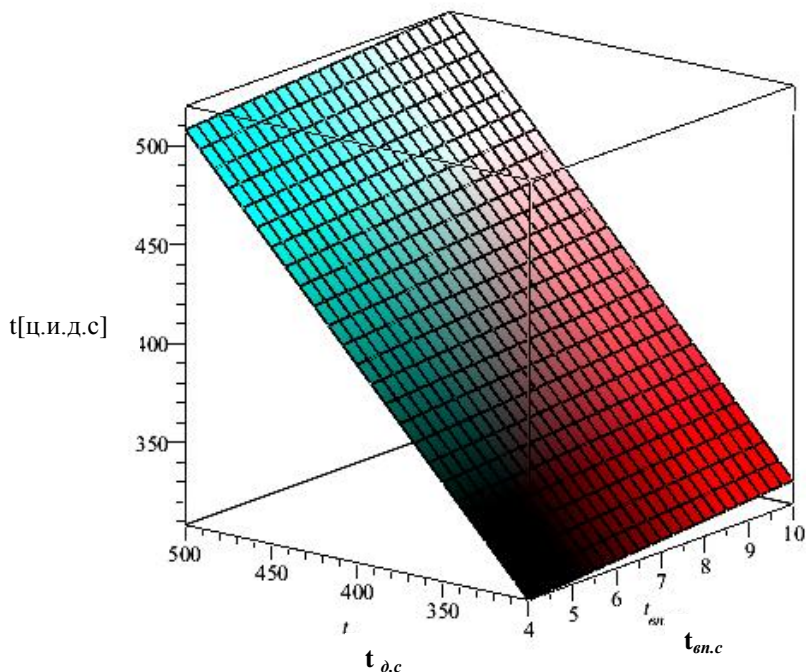


Рисунок 1 – Зависимость цикла доения от времени впуска и времени доения

Из анализа этой зависимости следует, что минимальное значение времени доения достигается за счет уменьшения времени впуска () с учетом времени доения. В дальнейшем целесообразно формировать группы коров в зависимости от времени их выдаивания.

На следующем этапе проводилось исследование зависимости скорости поворота «карусели» от количества станко-мест и времени доения коровы с максимальным временем выдаивания.

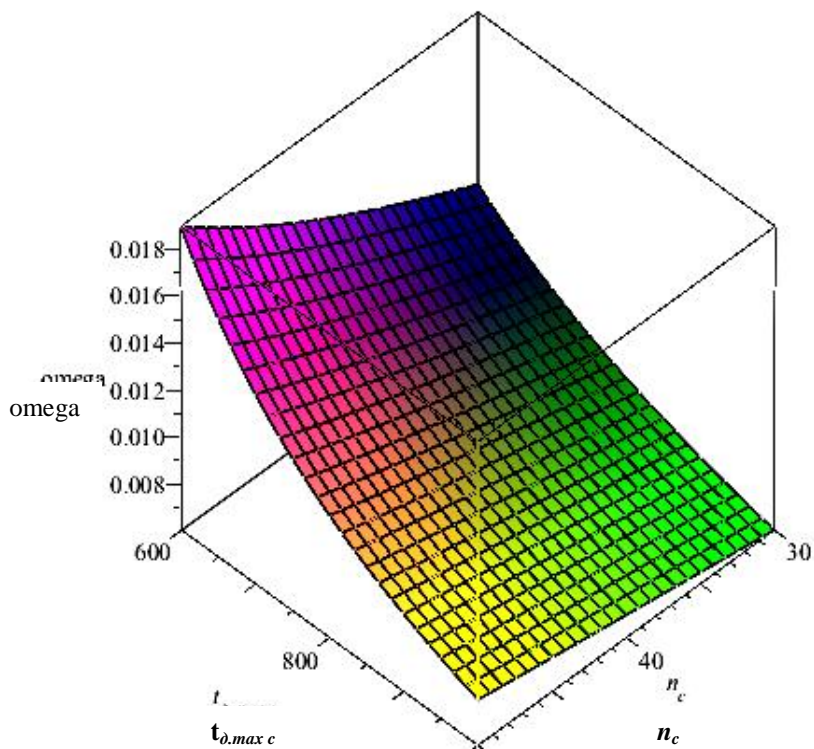


Рисунок 2 – Зависимость $\omega = \omega(n, t_{D_{max}})$

Наибольшее значение скорости ω достигается при увеличении количества станко-мест и уменьшении времени максимального доения.

Зависимость же ω от n и t , приведенная на рисунке 3, показывает, что максимальное значение достигается при увеличении времени впуска и уменьшении времени доения.

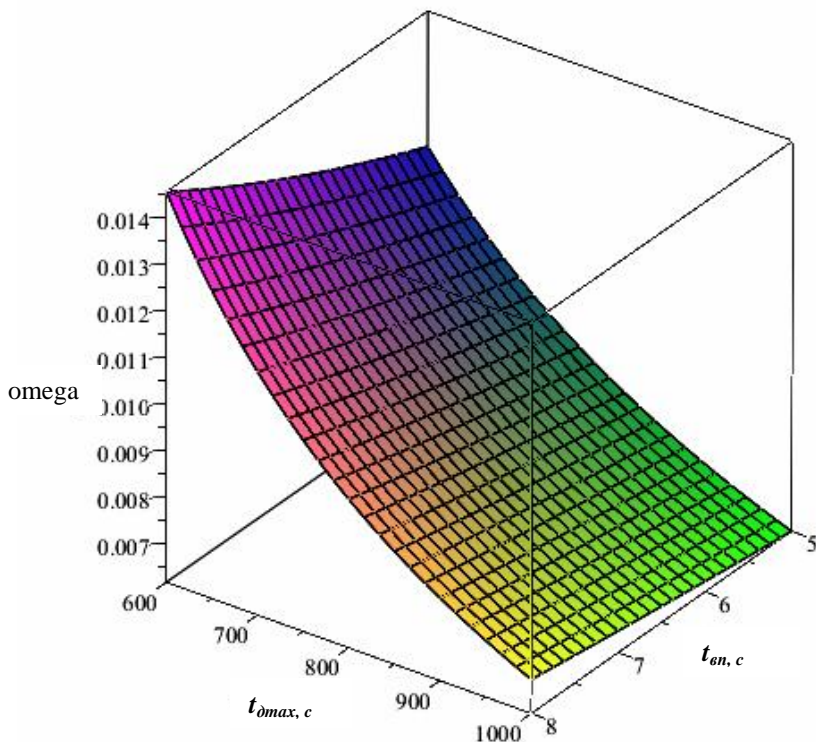


Рисунок 3 – Зависимость $\omega = \omega(t_{ВП}, t_{Д, max})$

Проведем тестирование полученной математической модели на примере стада, состоящего из 110 коров, находящихся в ОАО «Ждановский» Кстовского района Нижегородской области. Распределение максимального времени доения каждой из коров данного стада приведено на рисунке 4.

Обработка результатов исследования процесса доения на «карусели» из 36 станко-мест для указанного стада проводилась с использованием системы аналитических вычислений *Maple*, версия 15. Номинальные значения остальных параметров были взяты из сложившейся практики указанного выше хозяйства.

$n = 864$ с, $\tau = 7$ с, $m = 36$ с, $k = 3$, $n = 110$ голов, откуда получаем, согласно (5), $\omega = 0,008$ с⁻¹, и общее время доения = 69,6 мин.

На первом этапе рассматривался алгоритм задания скорости поворота «карусели» по максимальному времени доения самой тугодойной коровы.

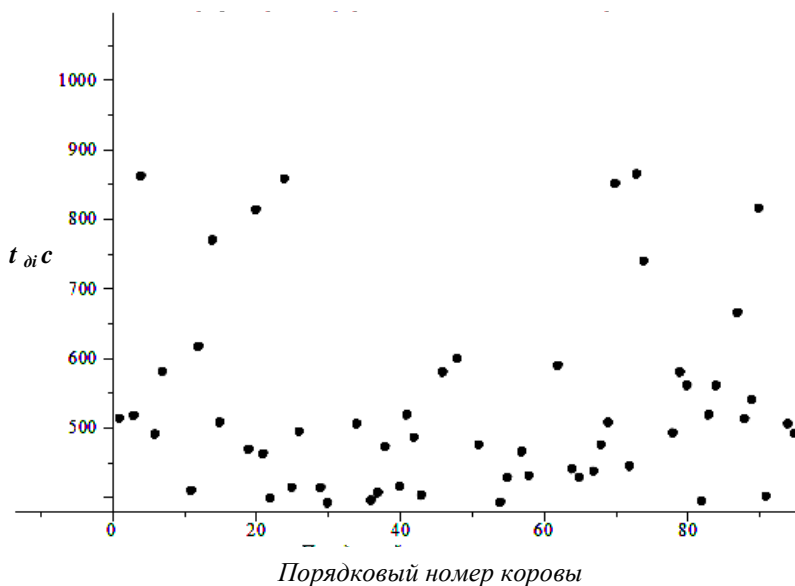


Рисунок 4 – График времени утренней дойки стада из 110 коров

В практике работы рассматриваемых доильных установок, с учетом поголовья стада, рассмотренный выше алгоритм практического применения не имеет ввиду большого времени доения.

Рассмотрим второй алгоритм, предложенный в [2, с. 80]. Этот алгоритм предполагает при назначении скорости поворота на одно станко-место учитывать индивидуальные характеристики времени доения каждой коровы из стада.

При входе первой коровы на карусель с учетом времени ее доения определяем скорость поворота станко-места по формуле:

$$\omega_i = \begin{cases} \omega_i - 1, & \text{если } t_{\delta_{i-1}} > t_{\delta_i} \\ \frac{nt_{\delta_i} - t_{\delta_{i-1}} \cdot n(n-3-k)}{n(n-3-k)}, & \text{если } t_{\delta_{i-1}} < t_{\delta_i} \end{cases}$$

На рисунке 5 приведены результаты полученных расчетов скорости вращения платформы доильной установки в зависимости от времени выдаивания каждой коровы.

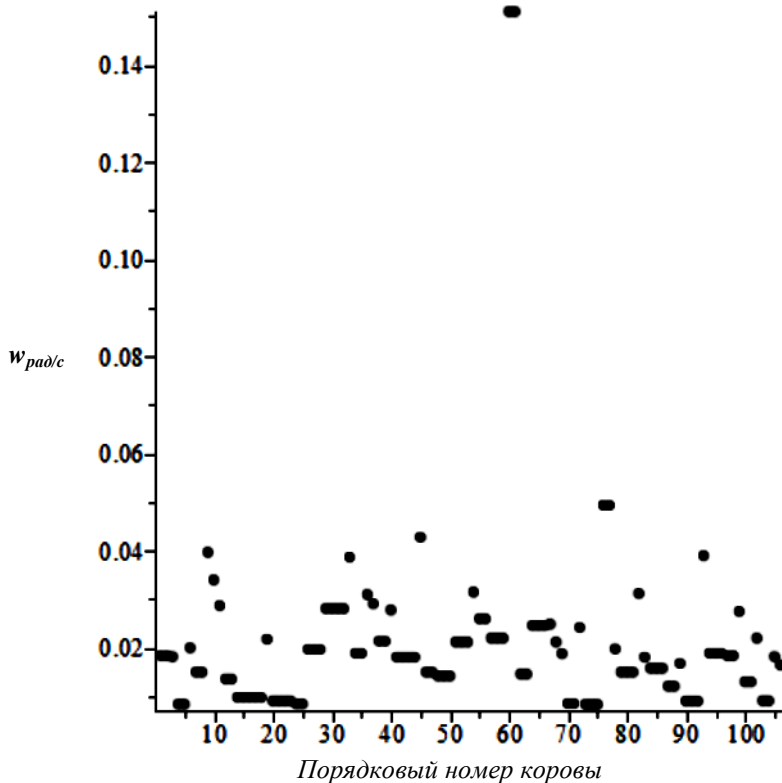


Рисунок 5 – График скорости поворота «карусели» для стада из 110 коров

Использование этого алгоритма в процессе доения, как нам кажется, будет более рациональным с точки зрения уменьшения времени доения всего стада. Это подтверждается расчетами, приведенными ниже.

Анализ этих результатов показывает, что при одном и том же количестве станко-мест время доения стада при изменении скорости поворота платформы по второму алгоритму на 42 % меньше. При увеличении количества станко-мест время доения уменьшается.

Таблица 1 – Результаты расчетов по первому и второму алгоритмам стада из 110 коров ОАО «Ждановский»

Номер алгоритма	t общ, мин.	n, шт.
1	69,6	36
2	43,1	34
2	40,3	36
2	36,9	38

Таким образом получена математическая модель, на базе которой составлен алгоритм и программа, реализованная с использованием системы аналитических вычислений Maple, версия 15, по расчету на ЭВМ указанных характеристик процесса доения.

Проведенные сравнительные расчеты показывают эффективность использования второго алгоритма.

В дальнейшем, исходя из анализа производственной практики доения, в программу расчетов необходимо вводить разбиение всего стада на группы в зависимости от производительности, физиологического состояния и параметров, характеризующих доильную установку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирсанов В. В., Филонов Р. Ф., Тареева О. А. Алгоритм управления доильными установками типа «карусель». Техника и оборудование для села № 10. 2012. С. 25–37.
2. Кирсанов В. В., Филонов Р. Ф., Тареева О. А. Оптимизация управления работой конвейерно-кольцевых доильных установок. Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства № 2. 2012. 79–89 с.

MODELLING OF PROCESS OF MILKING ON INSTALLATIONS OF TYPE «ROUNABOUT»

Keywords: *the conveyor-ring milking machine, duration of a turn of a platform, adaptive regulation, algorithm of management,*

Annotation. *The ring milking machine is considered as the one-line conveyor having as a «weak» link is abnormal high durations of milking most the hard milking cows braking and reducing pace of work of a milking hall. The algorithm of adaptive regulation of speed of rotation of a platform depending on duration of milking of each cow, considering conditions of the compensation of abnormal cycles of milking of separate animals, with objective of optimization of number of seats of milking, exception of idle times of the conveyor and the animals, providing an efficiency gain of work on 20 ... 25 % and decrease in investments into milking halls are developed.*

КИРСАНОВ ВЛАДИМИР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ – доктор технических наук, профессор, Россельхозакадемия, Россия, Москва, (MileshinaOlga@mail.ru).

KIRSANOV VLADIMIR VACHESLAVOVICH – the doctor of technical sciences, the professor, the Russian agricultural academy, Russia, Moscow (MileshinaOlga@mail.ru).

СТРЕБУЛЯЕВ СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ – кандидат технических наук, доцент кафедры Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского, Россия, Нижний Новгород.

СТРЕБУЛЯЕВ СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ – the candidate of technical sciences, the senior lecturer of the chair of Nizhny Novgorod State University named after NI Lobachevsky, Russia, Nizhny Novgorod

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 – the senior teacher of the chair of the bases of agriculture, chemistry and ecology, Nizhny Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (oksya-kn@mail.ru).
