

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛИНИИ МАШИННОГО ДОЕНИЯ КОРОВ

А. В. КИТУН

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220023, e-mail: ktmg@batu.edu.by

В. И. ПЕРЕДНЯ

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220049

Ю. А. КРУПЕНИН, П. Ю. КРУПЕНИН

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: pavel@krupenin.com

В. Г. ФИЛАТОВ

ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш»,
г. Бобруйск, Республика Беларусь, 213822

(Поступила в редакцию 18.03.2022)

Наиболее совершенным способом доения коров является машинное доение. Оно не только облегчает труд доярок, повышает производительность труда, снижает себестоимость молока, но и обеспечивает получение наиболее качественной продукции. При машинном доении создаются физиологически благоприятные условия для отдачи молока, так как происходит одновременное выдаивание всех четвертей вымени. Технология машинного доения коров намного проще и эффективнее, чем аналогичное доение вручную. Также машинное доение коров помогает наладить непрерывное производство и хорошую первичную обработку молочной продукции.

В статье предложена методика подбора конструктивно-технологической схемы и пропускной способности доильной установки для молочно-товарной фермы (комплекса) на основании технологического расчета, включающего определение планируемых объемов производства молока, обоснование количества доек в сутки и затрат времени операторов машинного доения на выполнение подготовительных и заключительных операций.

Представлена технико-экономическая характеристика доильных установок для доения коров по графику при привязном и беспривязном способах содержания животных. Описаны организационные особенности работы доильных установок со сбором молока в переносные ведра, с молокопроводом, а также установок типа «Елочка», «Параллель», «Тандем» и «Карусель». Рассмотрен алгоритм работы роботизированных доильных установок с проходными станками: Lely Astronaut A4, SAC Futureline Max / Double box, Fullwood Merlin M2, GEA Farm Technologies Mlone. Обобщены технические характеристики доильного оборудования, применяемого при организации добровольного доения коров на ферме.

Предложена методика оценки эффективности мероприятий по оптимизации линии машинного доения с помощью таких показателей, как затраты труда на обслуживание поголовья и на единицу произведенной продукции.

Ключевые слова: корова; молоко; доение; доильная установка; способ содержания; технологический расчет; затраты труда.

The most advanced way of milking cows is machine milking. It not only facilitates the work of milkmaids, increases labor productivity, reduces the cost of milk, but also ensures the highest quality products. With machine milking, physiologically favorable conditions are created for the yield of milk, since all quarters of the udder are simultaneously milked. The technology of cow machine milking is much simpler and more efficient than similar milking by hand. Also, machine milking of cows helps to establish continuous production and good primary processing of dairy products.

The article proposes a method for selecting a structural and technological scheme and throughput capacity of a milking machine for a commercial dairy farm (complex) based on a technological calculation, including determining the planned volumes of milk production, justifying the number of milkings per day and the time spent by machine milking operators to perform preparatory and final operations.

The technical and economic characteristics of milking machines for milking cows according to the schedule with tethered and loose methods of keeping animals are presented. The organizational features of the operation of milking machines with the collection of milk in portable buckets, with a milk pipeline, as well as installations such as "Herringbone", "Parallel", "Tandem" and "Carousel" are described. The algorithm of operation of robotic milking machines with walk-through machines: Lely Astronaut A4, SAC Futureline Max / Double box, Fullwood Merlin M2, GEA Farm Technologies Mlone is considered. The technical characteristics of milking equipment used in the organization of voluntary milking of cows on the farm are summarized.

A method for evaluating the effectiveness of measures to optimize the machine milking line using such indicators as labor costs for livestock maintenance and per unit of output is proposed.

Key words: cow; milk; milking; milking machine; keeping method; technological calculation; labor costs.

Введение

После технологического процесса приготовления и раздачи кормов машинное доение является наиболее существенным фактором, из числа определяющих молочную продуктивность коров [1].

Наиболее совершенным способом доения коров является машинное доение. Оно не только облегчает труд доярок, повышает производительность труда, снижает себестоимость молока, но и обеспечивает получение наиболее качественной продукции. При машинном доении создаются физиологически благоприятные условия для отдачи молока, так как происходит одновременное выдаивание всех четвертей вымени. Технология машинного доения коров намного проще и эффективнее, чем аналогичное доение вручную. Также машинное доение коров помогает наладить непрерывное производство и хорошую первичную обработку молочной продукции [2, 3].

Основная часть

Процесс доения коровы условно делится на три стадии:

– подготовительная (продолжительность 30...60 с), включающая ручное сдаивание первых струек молока, нанесение дезинфицирующего средства на соски с последующей их очисткой одноразовыми салфетками;

– машинное доение, длительность которого для коровы не должна превышать 7 минут, т. к. более долгий процесс доения вызывает излишнее раздражение сосков и вымени, что может привести к запуску воспалительного процесса;

– заключительная (15...20 с), включающая в себя машинное додаивание, отключение и снятие подвесной части аппарата, нанесение на соски блокирующего антисептического состава.

Чаще всего коров доят 2–3 раза в день, высокопродуктивных и новотельных – до 4 раз в сутки. При сокращении количества доений с 3 до 2 затраты труда снижаются на 25...30 % [4].

При выборе доильной установки прежде всего требуется рассчитать суточный объем работ. Зная поголовье дойного стада и продуктивность животных, определяют количество производимого за одну дойку молока:

$$W_p = W_c \Pi_{\text{дк}} \beta, \quad (1)$$

где W_c – суточный надой молока от одной коровы, кг; $\Pi_{\text{дк}}$ – поголовье дойных коров на ферме, гол.; β – коэффициент неравномерности производства молока.

Суточный удой распределяется между доениями неравномерно. При двухразовом доении утром поступает примерно 60 % суточного удоя, а в вечернюю дойку – 40 %, следовательно коэффициент β для утренней дойки равен 0,6 и 0,4 для вечерней [3].

Производительность поточной линии доения составит:

$$Q_{\text{л}} = \frac{W_p}{T_{\text{д}}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{д}}$ – продолжительность дойки, с.

Продолжительность доения одного животного определяется суммой:

$$T_1 = t_{\text{маш}} + t_{\text{рр}}, \quad (3)$$

где $t_{\text{маш}}$ – среднее машинное время доения одной коровы, с; в зависимости от модели аппарата $t_{\text{маш}} = 240...300$ с; $t_{\text{рр}}$ – суммарное время выполнения ручных операций, с.

Время на выполнение ручных операций зависит от типа доильной установки, принятой на ферме организации труда и квалификации операторов:

$$t_{\text{рр}} = t_{\text{пк}} + t_{\text{пст}} + t_{\text{п}} + t_{\text{п}}^I + t_{\text{зо}} + t_{\text{сл}} + t_{\text{от}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{пк}}$ – время подготовки животного к доению, с; $t_{\text{ст}}$ – время постановки доильных стаканов, с;

$t_{\text{п}}$ – время короткого перехода, с; $t_{\text{п}}^I$ – время большого перехода, с; $t_{\text{зо}}$ – время заключительных операций, с; $t_{\text{сл}}$, $t_{\text{от}}$ – время на слив и транспортировку молока, с.

В целом, время на выполнение ручных операций варьируется в зависимости от технологической схемы доильной установки. При доении коров со сбором молока в ведра $t_{\text{рр}} = 180...240$ с, в молокопровод – $t_{\text{рр}} = 120...180$ с, при доении коров в доильных залах на установках «Елочка» и «Параллель» $t_{\text{рр}} = 50...60$ с.

Количество доильных аппаратов, потребное для обслуживания всего стада рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{ап}} = \frac{\Pi_{\text{дк}} T_1}{T_{\text{д}}}. \quad (5)$$

После обоснования требуемой производительности линии доения, выбирается тип доильной установки и рассчитывается их количество:

$$Z_{\text{дл}} = Q_{\text{л}} / Q_{\text{дл}}, \quad (6)$$

где $Q_{\text{дл}}$ – пропускная способность доильной установки, кг/ч.

Чтобы правильно организовать машинное доение коров, определяют количество обслуживающего персонала:

$$Ч_{\text{оп}} = \frac{\Pi_{\text{дк}}^0 t_{\text{пр}}}{T_{\text{д}}}, \quad (7)$$

где $\Pi_{\text{дк}}^0$ – поголовье коров на ферме с учетом планового развития, гол.

Определив основные производственные показатели, необходимо выбрать компоновку доильного зала, наиболее полно отвечающую поставленным хозяйственным задачам. При решении данного вопроса учитывают способ содержания животных и размер фермы (комплекса), в зависимости от которого процесс может быть организован с применением разных типов доильных установок.

Тип доильной установки выбирают в зависимости от системы содержания коров. При привязном способе содержания применяют преимущественно линейные доильные установки со сбором молока в переносные ведра или с молокопроводом.

Доильная установка для доения в переносные ведра монтируется в животноводческом помещении. У этого типа доильного оборудования только одно преимущество – низкая стоимость. Недостатки: при доении в переносные ведра велика доля ручного труда на единицу продукции (транспортировка молока в молочный блок), малое поголовье, обслуживаемое одним человеком (за одним оператором машинного доения закрепляется 20...25 коров), низкие гигиенические условия получения молока (молоко соприкасается с воздухом стойлового помещения при переносе ведер и при переливании в танки-охладители), сложность осуществления контроля продуктивности коров.

Доильная установка с молокопроводом предназначена для доения коров в стойлах коровников, транспортирования выдоенного молока по трубам в молочную, группового учета надоя, фильтрации, охлаждения и сбора его в емкости для хранения. При этом исключается взаимодействие молока с окружающей средой, что, в свою очередь, стабилизирует его биологические показатели качества. Однако, из-за большой протяженности путей транспортировки молока, наблюдается потеря жирности от 0,1 до 0,3 %. Установки с молокопроводом рассчитаны на обслуживание 100 или 200 коров.

Установки для доения в специальных доильных залах применяются преимущественно при беспривязной системе содержания коров. На дойку группу коров из стойлового помещения перегоняют на преддоильную площадку, с которой партиями по 6...20 голов впускают в доильное помещение и размещают в станках. После окончания доения коровы возвращаются в коровник, а в доильные станки загоняют следующую партию коров с преддоильной площадки.

Преимуществом доильных установок для доения в доильных залах является глубокая специализация труда операторов, исключающая выполнение таких операций, как раздача корма, чистка стойл и др. Это позволяет повысить производительность труда операторов и получать молочную продукцию более высокого качества.

В зависимости от взаиморасположения станков доильные установки для доения коров в специальных залах подразделяют на типы: «Елочка», «Параллель», «Тандем», «Карусель».

Установки типа «Елочка» применяют для доения коров, имеющих примерно одинаковую интенсивность молокоотдачи. В зависимости от особенностей конкретной модели внутрь доильного зала одновременно запускается определенное количество коров. После доения коровы выходят по очереди. Установки типа «Елочка» выпускают в двух модификациях – с углом постановки коров к траншее оператора 30° и 60°. Достоинством установок этого типа считается хороший обзор вымени коровы и удобный доступ к нему, за счет того, что обслуживание животного осуществляется сбоку. С другой стороны, увеличение фронта работы оператора (длина траншеи) снижает производительность труда, а следовательно, и пропускную способность установки. Количество станков в «Елочке», как правило, не больше 32 (2 x 16, то есть по 16 коров с каждой стороны) и этот тип доильной установки рационально использовать на фермах с поголовьем не более 500 коров.

Особенностью установки типа «Параллель» является расположение животных под углом 90° к траншее, т. е. задом к оператору. При этом, благодаря позиционированию коровы близко к краю, доступ к вымени и постановка доильного аппарата происходит без усилий. Надежная фиксация животных спереди происходит с помощью устойчивого фронтального ограждения. Установки «Параллель» оснащаются станками с быстрым выходом, в связи с чем коровам не нужно менять направление движения при выходе из них по окончании доения.

В установке «Параллель» подключение доильных аппаратов производится между задних ног животного. Благодаря такой постановке животных длина доильного места уменьшается до 0,75 м, что существенно экономит площадь доильного зала. Такая компоновка позволяет создавать установки, вмещающие до 50 коров в ряду, т. е. одновременно могут доиться до 100 коров. К недостаткам залов типа «Параллель» можно отнести некоторое неудобство оператора при работе с передними долями вымени, несмотря на который «Параллель» на сегодняшний день является оптимальным решением для крупных (500...2000 коров) хозяйств. Пропускная способность установок данного типа достигает 4,5 гол/ч на одно доильное место.

Доильные установки с индивидуальными станками типа «Тандем» предназначены для доения несгруппированных по продуктивности коров на племенных и товарных фермах. Их доильные станки обеспечивают возможность индивидуального обслуживания и осмотра каждой коровы. Входом животного в станок и выходом из него управляет оператор индивидуально для каждой коровы, что делает каждый станок независимой доильной единицей. Из недостатков установки «Тандем» можно отметить относительно большую площадь, занимаемую оборудованием, высокую материалоемкость, низкую унифицированность оборудования и длинный путь оператора от одного доильного места до другого (2,55 м). Данный тип установок применяется на небольших фермах со 100...150 головами дойного стада.

Доильные установки типа «Карусель» представляют собой вращающуюся платформу в виде кольцеобразного диска. Привод платформы осуществляется электродвигателями мощностью 4...6 кВт с бесступенчатым регулированием частоты вращения, в результате чего один оборот платформа совершает за 6...14 минут. Установки «Карусель» применяются на молочно-товарных комплексах с выравненным по продуктивности поголовьем. Такая установка доит коров в ритме конвейера, что создает условия для автоматизации процесса доения и обеспечивает выдаивание до 800 коров в час при использовании труда всего 2–3 операторов.

Доильные роботы устанавливаются на фермах, использующих схемы добровольного доения коров. Чтобы корова самостоятельно зашла в станок роботизированной доильной установки, ее привлекают концентрированными кормами, которые дозированно выдаются животному в ходе доения. В доильной установке коровы идентифицируются, благодаря чему те коровы, которых недавно выдоили, выпроваживаются из доильной установки в зону свободного передвижения.

Роботизированная доильная установка состоит из двух основных частей: доильного аппарата, который содержит центральный блок, подающий электропитание, воду, моющие и дезинфицирующие растворы, а также регулирующий подачу сжатого воздуха и вакуума, и двух роботизированных блоков, где происходит доение коров. Порядок работы робота задается системой управления, которая оснащена программным обеспечением, позволяющим отражать все данные о процессе доения каждой коровы на экране компьютера. Программа оснащена системой предупреждения, которая при необходимости оповещает о сбоях в технологическом процессе и реализует функцию дистанционного управления работой доильного робота.

Доильный бокс обеспечивает быстрый вход и выход коровы без смены направления движения животного. После того как корова оказалась в боксе, считывающее устройство идентифицирует ее по респондеру, закрепленному у нее на шее, ухе или ноге [5]. После идентификации робот определяет, нужно ли доить эту корову. Для этого проверяется интервал времени между двумя доениями. Если этот интервал слишком короткий, то корова выпускается из бокса.

Подготовительные операции к доению на роботизированной установке включают постановку доильных стаканов и обработку вымени. Для размещения доильных стаканов точно под сосками манипулятор может перемещаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Робот оснащен системой контроля молока, которая расположена в манипуляторе, рядом с выменем. Эта система при каждом доении коровы определяет объем молока, продолжительность доения и скорость молокоотдачи из каждой четверти вымени. Одновременно она контролирует качество молока по таким показателям, как цвет, проводимость и температура, и может определять содержание в молоке белка, жира и лактозы. Также возможно определение сорта молока по содержанию в нем соматических клеток.

По окончании доения доильные стаканы снимаются по отдельности с сосков. Соски затем обрабатываются антисептиком пролонгированного действия. Далее передние ворота бокса открываются, и корова выходит из него, при этом, чтобы обеспечить беспрепятственный выход животного, кормушка убирается.

Техническая характеристика наиболее распространенных моделей доильных роботов приведена в таблице.

Техническая характеристика доильных роботов

Наименование показателя	Lely Astronaut A4	SAC Futureline Max / Double box	Fullwood Merlin M2	GEA Farm Tech. Mlone
Расход электрической энергии на одно доение, кВт · ч	0,37	0,55	0,29	0,19
Среднее время подготовки вымени к доению, с	40	50	34	35
Подготовительные операции	1. Очистка сосков щетками 2. Стимуляция 3. Промывка 4. Сдаивание первых струек	1. Ополаскивание водой 2. Сушка 3. Сдаивание первых струек	1. Очистка сосков щетками 2. Стимуляция 3. Промывка 4. Сдаивание первых струек	1. Промывка каждого соска 2. Сдаивание первых струек 3. Стимуляция
Фактическое время доения, мин	5...6	5...7	5...6	6...6,5
Система управления стадом	T4C (Time for cows)	TIM program	Crystal Herd Management	RDM (Robot Data Manager)
Допускаемое отклонение оси сосков от вертикали, °	30	30	30	40
Снятие доильных стаканов	Индивидуальное снятие доильных стаканов	Автоматическое снятие доильного аппарата	Индивидуальное снятие доильных стаканов	Индивидуальное снятие доильных стаканов

Оценку эффективности мероприятий по оптимизации линии машинного доения осуществляют с помощью таких показателей, как затраты труда на обслуживание поголовья ($T_{\text{гол}}$, чел.-ч/гол) и на единицу произведенной продукции ($T_{\text{пр}}$, чел.-ч/т) [6]:

$$T_{\text{гол}} = \frac{Q_{\text{оп}} T_{\text{д}}}{\Pi_{\text{лк}}}; \quad (8)$$

$$T_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{оп}} T_{\text{д}}}{M_{\text{год}}}, \quad (9)$$

где $M_{\text{год}}$ – количество произведенной продукции (молока) за год, т.

При рассмотрении нескольких вариантов комплектации линии машинного доения коров, предпочтительным вариантом будет тот, при котором обеспечивается минимум удельных затрат труда на обслуживаемое поголовье и единицу произведенной продукции.

Заключение

Машинное доение используется как в крупных агрокомплексах, так и в фермерских хозяйствах. Перед тем как приобретать доильную установку требуется не только знать поголовье дойного стада и продуктивность животных, но и выбрать наиболее полно отвечающий поставленным хозяйственным задачам тип доильной установки.

При привязном содержании животных применяют преимущественно линейные доильные установки. Доение в специальных доильных залах практикуется при беспривязном способе содержания коров с доением по графику. Фермы, использующие схемы добровольного доения коров, должны оснащаться доильными роботами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быковская, Н. В. Инновации в молочном скотоводстве / Н. В. Быковская // Инновации. – 2015. – № 4. – С. 215–217.
2. Шаршунов, В. А. Технологическое оборудование для производства молока и молочных продуктов: пособие в 2-х ч. – Ч. 1. Доение коров и первичная обработка молока / В. А. Шаршунов. – Минск: Мисанта, 2015. – 665 с.
3. Китун, А. В. Основы формирования поточных технологических линий на животноводческой ферме / А. В. Китун, П. Ю. Крупенин // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2021. – № 2. – С. 160–164.
4. Китун, А. В. Организационно-экономическая оценка машин и машинных технологий в животноводстве и птицеводстве: учебно-методическое пособие / А. В. Китун, И. П. Бусел, В. И. Передня. – Минск, 2008. – 123 с.
5. Идентификация животных радиочастотная. Техническое описание: СТБ ISO 11785-2016. – Введ. 01.03.2017. – Минск: Госстандарт, 2016. – 20 с.
6. Мишуrow, Н. П. Биоэнергетическая оценка и основные направления снижения энергоёмкости производства молока: науч. изд. / Н. П. Мишуrow. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 152 с.