

ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ФЕРМЕ

Введение

Увеличение производства молока сопровождается укреплением производственной базы с применением более совершенного оборудования. Поэтому важное значение имеют правильный подбор и компоновка оборудования молочных поточных линий, а также четко организованные эксплуатация и техническое обслуживание всех машин и аппаратов. Неритмичная и ненадежная работа оборудования молочных поточных технологических линий отрицательно сказывается на качестве получаемого молока.

С учетом этих требований на фермах молочного направления необходима новая форма организации производства, обусловленная комплексным подходом к решению совокупности технологических, организационных, технических и экономических проблем.

Все машины и установки на ферме должны быть объединены в поточные технологические линии (ПТЛ), увязанные между собой по производительности, долговечности и другим показателям, управляемые по заданной программе, обеспечивающей соответствие того или иного процесса зоотехническим требованиям.

Основная часть

При машинном способе получения и первичной обработки молока все последовательные операции объединяют в неразрывный технологический поток, то есть создаются поточные производственные механизированные и автоматизированные линии.

Поточно-технологические линии должны:

- осуществлять технологический процесс с наименьшими затратами труда, энергии, средств и времени;
- отвечать зоотехническим требованиям по качеству работы и быть максимально надежными;
- обслуживать все поголовье животных на ферме;
- обеспечивать эффективное выполнение технологического процесса.

Производственный цикл на молочной ферме начинается доением коров и заканчивается отгрузкой готовой продукции. В начале и конце цикла применяются электрифицированные машины, требующие технологического соединения в общую систему, представляющую собой как бы «соединительный мостик» между первичным сырьем и готовым продуктом обработки [1].

При поточном производстве все процессы выполняются различными системами машин, причем могут применяться несколько (группа) однотипных машин. Число их в группе зависит от соотношения производительности машин различных типов. Количество групповых компонентов машин (звеньев поточных линий) зависит от зоотехнических требований, установленных для конкретного вида процессов, и определяется предварительно разработанной схемой технологического процесса.

Построение технологического процесса начинают с определения состава и последовательности операций, которые включаются в ту или иную линию, изображаемую в виде схемы. В технической литературе различают схемы: технологические (операционные), конструктивно-технологические и структурные (информационные).

Технологические (или операционные) схемы представляют собой краткое описание порядка и последовательности выполнения отдельных операций ПТЛ без указания типа и марки машины, осуществляющей ту или иную операцию. Такая схема представляет собой перечень операций, соединенных одна с другой стрелками, указывающими направление технологического (материального) потока (рисунок 61).

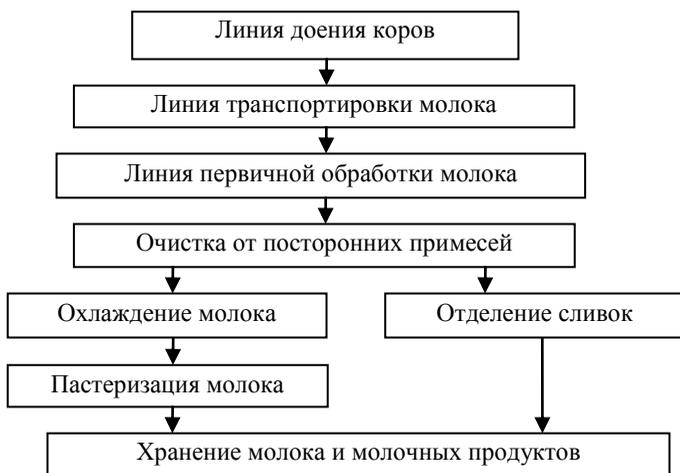


Рисунок 61 – Технологическая схема процесса производства и первичной обработки молока на молочной ферме

Технологическая схема производства и первичной обработки молока включает основные ПТЛ, характерные для молочной фермы. Состав и последовательность операций выбирают с учетом зоотехнических требований к качеству конечных продуктов, новейших достижений науки и техники.

Конструктивно-технологические схемы отражают конкретный состав машин, включенных в ПТЛ, и представляются в проектной технической документации, отображающей типы машин и технологические процессы.

Структурные схемы ПТЛ отражают внутреннюю структуру производственных потоков, соподчиненность отдельных элементов, участков или секций, показывают направления движения материальных потоков, управляющих воздействий и команд, наличие и месторасположение регулирующих или запасных емкостей и резервирующих средств (рисунок 62). От правильности выбора структуры ПТЛ зависит прежде всего надежность работы всей линии и ее технико-экономические показатели.

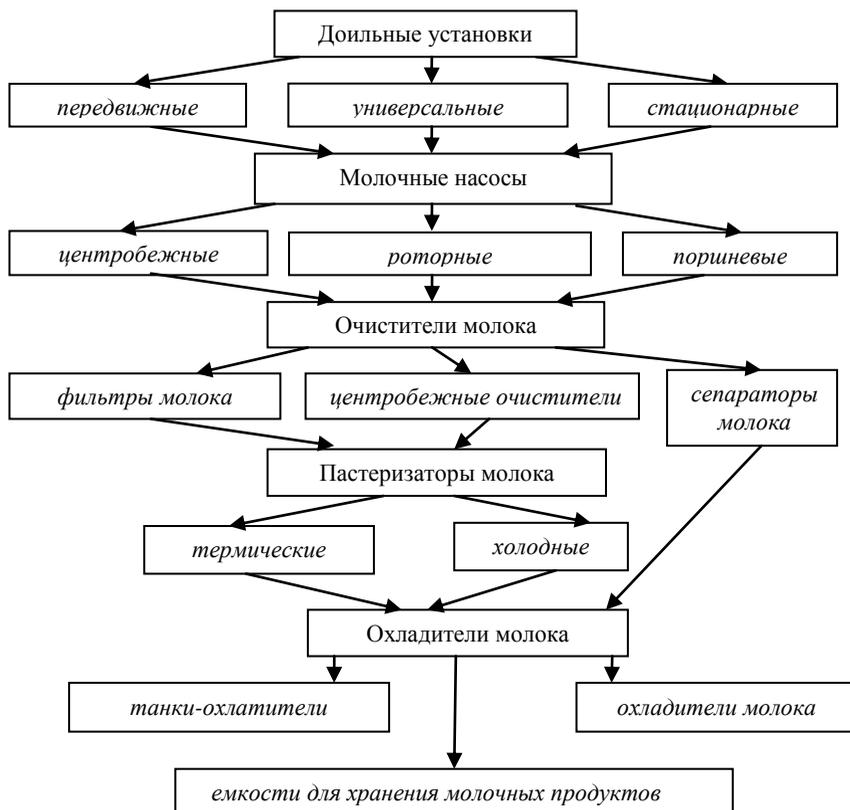


Рисунок 62 – Структурная схема поточной линии доения коров и первичной обработки молока

По структуре потока линии могут быть однопоточными, многопоточными и смешанными [2, 3].

Однопоточные линии обрабатывают обычно один вид сырья, и машины в них соединены последовательно друг за другом.

Многopotочные линии могут быть со сходящимися, расходящимися и параллельными потоками.

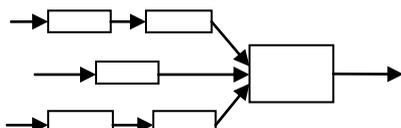


Рисунок 63 – Сходящиеся потоки

Сходящиеся потоки (рисунок 63) позволяют вырабатывать один вид изделия из нескольких видов сырья (например, готовить многокомпонентные кормовые смеси).

Расходящиеся потоки (рисунок 64), наоборот, из одного вида сырья позволяют изготавливать разные виды изделий.

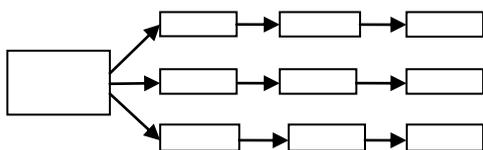


Рисунок 64 – Расходящиеся потоки

Параллельные потоки применяют в тех случаях, когда в линию включены машины, имеющие производительность, значительно меньшую, чем производительность всей линии.

Наряду со структурой потока, для характеристики поточной линии большое значение имеет вид связи между машинами или участками линии. По виду связи между машинами различают ПТЛ:

1) с жесткой связью (рисунок 65), в которых обрабатываемый объект от одной машины непосредственно передается на другую (например, загрузочный шнек подает зерно в дробилку).

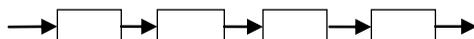


Рисунок 65 – ПТЛ с жесткой связью между машинами

В таких линиях все машины должны работать с ритмом, равным или кратным ритму базовой

машины линии;

2) с гибкой связью (рисунок 66), в которых между каждыми двумя машинами установлена промежуточная емкость (компенсатор), бункер-накопитель с транспортером-перегрузателем.

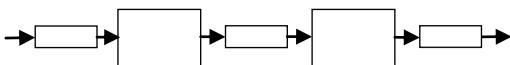


Рисунок 66 – ПТЛ с гибкой связью между машинами

В этих линиях работа каждой машины не зависит строго от ритма работы линии;

3) с полугибкой связью (рисунок 67), в которых на одних участках машины соединены жестко, а сами участки соединены между собой гибкими связями в виде бункеров-накопителей с транспортерами-перегрузателями.

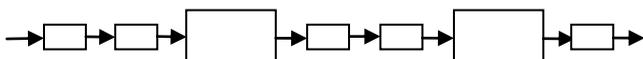


Рисунок 67 – ПТЛ с полугибкой связью между машинами

При поточной механизации продукт, полученный в результате работы предыдущей машины, является исходным материалом для последующей. В этом случае операции на всех рабочих местах выполняются в промежутки времени, равные или кратные ритму потока при непрерывном движении обрабатываемого продукта.

Ритмом R , или шагом потока поточной линии, называется интервал времени, через который поточная технологическая линия или отдельная машина выпускает единицу готовой продукции.

Тактом T_T , или темпом потока, называется величина, обратная ритму. Такт характеризует интенсивность работы ПТЛ, показывая, сколько единиц готовой продукции линия выпускает за установленную единицу времени.

При непрерывном потоке величина такта и ритма едина для всех операций процесса, при прерывном такт и ритм различны для отдельных звеньев, поэтому для каждого звена процесса необходимо произвести самостоятельный их расчет. Размер такта и ритма, установленный для звена, тождествен для всех операций, входящих в него.

При оценке работы машин и технологического оборудования производительность рассматривается в качестве основного технико-экономического показателя, позволяющего судить об эффективности использования технических средств в данном технологическом процессе.

Производительностью машины (или технологического оборудования) называется объем работы (или количество продукции установленного качества в определенных единицах измерения), выполненный в единицу времени. В зависимости от принятой единицы времени производительность машин и оборудования может быть секундной, часовой, сменной, дневной, суточной и др.

Производительность технологических машин в процессе эксплуатации не остается постоянной величиной: она зависит от организации производства, качества исходного сырья, освоения техники, условий ее эксплуатации и ряда других факторов. В связи с этим в расчетах различают следующие виды производительности:

1. Теоретическая производительность Q_T представляет собой расчетное (или плановое) количество продукции, получаемой за единицу времени.

Для машин, обеспечивающих технологические процессы, не связанные с непосредственными воздействиями на животных, теоретическую производительность определяют с помощью конструктивных па-

раметров и установленного кинематического режима, поэтому ее иногда называют расчетной (или номинальной).

Для машин, непосредственно контактирующих с животными, теоретическая производительность часто не поддается строгому аналитическому расчету. В этих случаях за основу принимают производственную программу и плановую продуктивность животных, установленные с учетом ранее достигнутых производственных показателей (надоя молока).

2. Технологическая производительность $Q_{\text{техн}}$ обусловлена количеством продукции, получаемой за единицу времени, т. е. за час чистой работы машины. При этом не учитываются затраты времени на остановки и холостой ход.

Технологическая производительность за час чистой работы является действительной, а не расчетной, так как ее определяют экспериментально по результатам государственных испытаний на МИС и обычно указывают в технических характеристиках машин.

3. Цикловая производительность $Q_{\text{ц}}$ машины характеризуется количеством продукции, полученной за единицу времени цикла.

4. Техническую производительность $Q_{\text{тех}}$ находят с учетом затрат времени на остановки, обусловленные необходимостью проведения технического обслуживания и подготовительно-заключительных операций при исправном, работоспособном состоянии машины.

5. Операционную производительность $Q_{\text{оп}}$ определяют с учетом всех потерь времени на подготовительно-заключительные операции, техническое обслуживание и простои по организационно-техническим и другим причинам. Ее часто называют фактической $Q_{\text{ф}}$ или эксплуатационной $Q_{\text{э}}$.

Производительность поточной линии можно представить в виде, также удовлетворяющем условию потока:

$$Q = \sum_1^{n_i} q_i \eta_i \leq \sum_{j=1}^{n_{i+1}} q_{(i+1)j} \eta_{(i+1)j},$$

где n_i – количество машин в поточной линии, шт.;

q_i – производительность i -ой машины технологической линии;

η_i – коэффициент использования i -ой машины технологической линии;

i, j – соответственно порядковые номера звена и машин в нем.

В приведенном виде для расчета каждого звена потока получаем:

$$Q = n_{\text{м}} q \eta,$$

где $n_{\text{м}}$ – число однотипных машин в звене потока, шт.;

q – производительность одной машины данного типа;

η – коэффициент использования рабочего времени машины. Он учитывает простои машин по технологическим и организационным причинам и не учитывает степень их использования в самом потоке.

Ритм поточной линии определяем из отношения:

$$R = 1/Q.$$

Зная производительность поточной линии и машин звена потока, определяем потребность в них:

$$n_m = \frac{Q}{q\eta}.$$

Для вновь проектируемых поточных линий укрупненных специализированных хозяйств производительность машин находим из уравнения:

$$q = \frac{Q}{n_m\eta}.$$

Так как производительность машин в звеньях потока не всегда удастся уравнять, то следует придерживаться ее кратности производительности основного базового звена.

Наиболее выгодное использование производительности машин в звене потока получаем в том случае, когда коэффициент потока равен 1 [4, 5].

$$K_{\Pi} = \frac{Q}{n_i q_i \eta_i} \approx 1.$$

Однако фактическая (или действительная) производительность, полученная в результате опыта, может быть не только эксплуатационной, но и технической, и технологической. Поэтому в дальнейшем будем называть операционной ту производительность, которая наблюдается в условиях эксплуатации оборудования, т. е. с учетом всех потерь времени. Принимая это во внимание, условие непрерывности поточной линии можно записать так:

$$\frac{Q_i}{\sum_1^{n_i} q_i \eta_i} \geq \frac{Q_{i+1}}{\sum_{j=1}^{n_{i+1}} q_{(i+1)j} \eta_{(i+1)j}}, \quad (i = 1, 2, 3), \quad (1)$$

где Q_i – объем получаемой продукции (молока), кг.

Из формулы (1) видно, что время пребывания продукта, тормозящего процесс внутри машины каждого последующего звена, должно быть меньше или равно времени работы машины предыдущего звена потока.

Объем получаемой продукции (молока) определяется из выражения:

$$Q_i = \sum_{i=1}^{n_m} Q n_{ж} P,$$

где Q – разовое количество молока, получаемое от животных, кг;

$n_{ж}$ – количество животных, шт.;

P – коэффициенты суточной кратности потока (двукратное доение и т. д.).

Число звеньев однотипных машин потока

$$K = \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^{n_i} q_i \eta_i T_3},$$

или в приведенном виде получаем:

$$K = \frac{Q_3}{n_M q \eta T_3},$$

где Q_3 – заданная производительность машин;

T_3 – время, установленное зоотехническими требованиями, ч.

Несмотря на значительные преимущества непрерывного потока, в ряде случаев экономически необходимо устанавливать накопительно-регулирующие емкости, сглаживающие разницу в работе последовательных элементов линии.

Вместимость промежуточной регулирующей емкости Φ_{\max} поточной линии с разрывным режимом должна быть равной:

$$V_{\text{разр}} \geq \Phi_{\max} = (M_{\text{п}} + M_{\text{р}}) / \rho, \quad (2)$$

где $V_{\text{разр}}$ – объем накопительно-регулирующей емкости;

$M_{\text{п}}$ – значение максимального избытка массы материала на стороне подачи (подача больше расхода потребителем), кг;

$M_{\text{р}}$ – значение максимального недостатка материала на стороне расхода (расход превышает подачу), кг;

ρ – плотность продукта, кг/м³.

Равенство (2) основано на предположении, что к концу периода полные потоки подачи и расхода становятся равными один другому, т. е.

$$\Phi_{\text{п}}(t_{\text{ц}}) = \Phi_{\text{р}}(t_{\text{ц}}).$$

Если мгновенные значения потоков не равны, то это неравенство балансируется регулирующей емкостью V_0 . При строго равномерном и непрерывном режиме $\Phi_{\text{п}}(t) = \Phi_{\text{р}}(t) = \Phi(t) = \text{const}$ и вместимость регулирующей емкости равна нулю, т. е. она для работы линии не требуется. Фактические значения регулирующих емкостей колеблются в пределах средних значений потоков.

На величину вместимости и тип емкостей влияют технологические и экономические факторы, среди которых одни определены главным образом структурными особенностями поточных линий и организационными мотивами, другие же – специфическими особенностями отрасли животноводства, в которой технологические процессы имеют циклы разной длительности и обусловлены физиологией животных.

При различных структурных схемах производительность поточных линий зависит от числа машин в линии и участков, на которые она разделена, от числа технологических емкостей и их вместимости. Если вместимость бункеров достаточна для компенсации простоев соседних

участков, то потребную производительность $Q_{пл}$ можно определить по формуле:

$$Q_{пл} = G_{сут} / (K_d t_o),$$

где $G_{сут}$ – масса обрабатываемого корма, t ;

K_d – кратность обслуживания животных в сутки;

t_o – продолжительность непрерывной работы линии за одно обслуживание, ч.

Число машин на каждом участке зависит от их типа и характера операций, выполняемых машиной.

Число участков $n_{уч}$ в линии можно определить по формуле:

$$n_{уч} = Q_{оп.л} \sum t_{п.л} / (1 - \eta_{ис}),$$

где $Q_{оп.л}$ – операционная производительность линии;

$\sum t_{п.л}$ – суммарные простои всей линии;

$\eta_{ис}$ – коэффициент технического использования линии.

При разделении линии на участки ритм работы для всех участков выбирают одинаковым. Однако фактическая производительность участков может быть различной, так как она зависит не только от выбранного ритма, но и от потерь времени на простои. Поэтому желательно, чтобы производительность каждого предыдущего участка в линии была немного выше, чем последующего.

Для оценки эффективности поточных технологических линий производства и первичной обработки молока на животноводческой ферме предлагается использовать в качестве измерителя полную энергоёмкость. Этот показатель позволяет оценить каждый элемент системы и отдельные технологические процессы.

Полная энергоёмкость является комплексным показателем, состоящим из эксплуатационных и инвестиционных затрат. Эти затраты включают в себя расход топлива, электро- и тепловой энергии, затраты на машины, оборудование, транспортные средства, здания и сооружения. Они позволяют учитывать затраты живого труда на каждом участке технологического процесса. Для расчета энергии, затрачиваемой системой, используются энергетические эквиваленты. Они представляют собой суммарные затраты энергии, израсходованной непосредственно на производство.

На основании изложенного можно предложить формулу для определения энергоёмкости поточных технологических линий производства и первичной обработки молока на животноводческой ферме:

$$E_{исм} = E_{есм} + E_{исм} + E_{зсм}, \quad (3)$$

где $E_{есм}$ – затраты энергии при выполнении производственного процесса за год, *МДж*;

$E_{исм}$ – затраты энергии на основные средства, *МДж*;

$E_{зсм}$ – энергозатраты живого труда, *МДж*.

Затраты энергии при выполнении производственного процесса определяются по формуле:

$$E_{есм} = \sum_{i=1}^{n_3} P_i T \alpha_3,$$

где P_i – установленная мощность i -ой машины технологической линии, кВт;

T – продолжительность работы машины, ч;

α_3 – энергетический эквивалент машин, МДж/кВт;

n_3 – количество энергоприемников технологической линии, шт.

Затраты на основные средства представляют собой сумму затрат на средства механизации $E'_{исм}$ и здания $E''_{исм}$:

$$E_{исм} = E'_{исм} + E''_{исм}.$$

Затраты на средства механизации определяются по формуле:

$$E'_{исм} = \sum_{i=1}^{n_m} \frac{\alpha_M M_M}{T_{об}},$$

где M_M – масса машин и оборудования, кг;

$T_{об}$ – нормативный срок службы, лет;

α_M – энергетический эквивалент машин и оборудования, МДж/кг;

n_m – количество машин в технологической линии, шт.

Затраты на здания и сооружения определяются по формуле:

$$E''_{исм} = \frac{\alpha_{зд} F_{зд}}{T_{зд}},$$

где $F_{зд}$ – площадь зданий и сооружений, м²;

$T_{зд}$ – нормативный срок службы зданий, лет;

$\alpha_{зд}$ – энергетический эквивалент зданий и сооружений, МДж/кг.

Энергозатраты живого труда при производстве кормосмеси определяются по формуле:

$$E_{зсм} = N_a^{см} \alpha_{ж},$$

где $N_a^{см}$ – количество обслуживающего персонала, чел.;

$\alpha_{ж}$ – энергетический эквивалент живого труда, МДж/кВт.

Подставив в формулу (3) соответствующие значения, определим энергоемкость оборудования технологических линий производства и первичной обработки молока на животноводческой ферме:

$$E_{исм} = \sum_{i=1}^{n_3} P_i T \alpha_3 + \sum_{i=1}^{n_m} \frac{\alpha_M M_M}{T_{об}} + \frac{\alpha_{зд} F_{зд}}{T_{зд}} + N_a^{см} \alpha_{ж}. \quad (4)$$

По формуле (4) можно определить затраты энергии каждой технологической линии стационарного комплекта машин и оборудования. Такой подход позволяет сравнить различные варианты технологических линий на стадии проектирования и выделить оптимальный.

Определив энергоемкость каждого участка, можно рассчитать совокупные затраты энергии на выполнение технологического процесса. Полученные значения энергоемкости производственных участков позволяют рассчитать коэффициент энергоемкости:

$$K_3 = E_t^n / E_t^c,$$

где E_t^n – энергоемкость предлагаемого технологического процесса, МДж;

E_t^c – энергоемкость сравниваемого технологического процесса, МДж.

Полученное значение дает возможность определить коэффициент интенсификации:

$$U_e = (1 - K_3) \cdot 100 \%$$

В соответствии с предложенной методикой можно определить необходимые коэффициенты для каждого производственного участка или технологической линии. Чем выше полученные значения, тем эффективнее предлагаемая поточная технологическая линия производства и первичной обработки молока на животноводческой ферме [6].

Заключение

Выбор поточно-технологических линий преследуют цель обобщить отдельные родственные операции и определить экономически целесообразную систему машин и тип оборудования. Порядок разработки следующих.

1. Выбирают наиболее целесообразную общую схему технологического процесса обработки конкретного вида продукта. Для этого определяют способы его подготовки, подбирают рациональный перечень последовательных и вспомогательных рабочих операций и строят схему. Затем составляют общую технологическую схему обработки продуктов.

2. На основании суточного задания $Q_{3,c}$ и принятого перечня последовательных операций подбирают конкретные машины, отдавая предпочтение универсальным, высокопроизводительным, обеспечивающим минимальные затраты труда и заданный такт (ритм) потока.

09.09.2014

Литература

1. Передня, В.И. Малозатратные технологические процессы – основа получения конкурентоспособной продукции: к 80-летию со дня рождения и к 55-летию творческой деятельности / В.И. Передня. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2013. – 132 с.
2. Передня, В.И. Механизация приготовления кормосмесей для крупного рогатого скота / В.И. Передня. – Минск: Ураджай, 1990. – 150 с.
3. Колос, В.А. Оценочные показатели для энергетического анализа технологий и средств механизации сельскохозяйственного производства / В.А. Колос //

- Энергосбережение в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. 2-й междунар. науч.-техн. конф., Москва, 3–5 окт. 2000 г. – М.: ВИЭСХ, 2000. – Ч. 1. – С. 101–109.
4. Короткевич, А.В. Новые технологии и оборудование для приготовления кормов / А.В. Короткевич, И.С. Нагорский, В.С. Рыжов. – Минск: Ураджай, 1993. – С. 90–92.
 5. Егорченко, М.И. Кормоцехи животноводческих ферм / М.И. Егорченко, Н.Г. Шамоу. – М.: Колос, 1983. – 172 с.
 6. Perednia, V.I. Математическая модель управления системой раздачи кормов животным / V.I. Perednia, A.V. Kitun // Problemy intensyfikacji produkcji zwierzeczej z uwzględnieniem ochrony srodowiska i przepisow UE: PИХ Miedzynarodowa Konferencja Naukowa, Warszawa, 23–25 wrzesnia 2006 r. / Instytut Budownictwa, Mechanizacji Rolnictwa; red. E. Bieñ [i dr.], Warszawa. – 2006. – P. 411–417.

УДК 637.116

Н.Г. Бакач, Э.П. Сорокин
*(РУП «НПЦ НАН Беларусі по
механізацыі сельскаго хазяйсва»,
г. Мінск, Рэспубліка Беларусь)*

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОЯ

Введение

Анализ динамики среднегодового удоя молока от коровы показывает, что с 2000 года он увеличился на 200–300 л. Повышение продуктивности коров диктует необходимость решения производителями молока новых задач управления процессами машинного доения.

Для поддержания животного в комфортном состоянии, повышения его продуктивности необходимо соответствие действий доильного аппарата особенностям физиологии животного. В частности, скорость доения (выведения молока из цистерны вымени) должна быть равной скорости поступления молока из альвеол в цистерну.

Если отсасывающая способность доильного аппарата выше скорости поступления молока из альвеол в цистерну вымени, то молоко из цистерны быстро удаляется. При установленной критической скорости молокоотдачи доение прекращается, и в альвеолах остается невыдоенное молоко. При этом снижаются надой и жирность молока, происходит самозапуск коровы и появляется риск заболевания маститом.

Если отсасывающая способность доильного аппарата ниже скорости поступления молока из альвеол в цистерну вымени, то повышается избыточное давление в цистерне, создающее препятствие для выхода молока из альвеол в цистерну вымени. Это приводит к стрессу и выработке адреналина, который нейтрализует окситоцин и прекращает вывод молока. Результат тот же, что и в первом случае [1].