

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

DOI 10.12737/21788

УДК 338.436:636.2.034.003.13 (470.325)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМОСИСТЕМЫ УСТРОЙСТВ ДЛЯ МАССАЖА ВЫМЕНИ НЕТЕЛЕЙ ОДНОКАМЕРНОГО ТИПА

Курочкин Анатолий Алексеевич, д-р техн. наук, проф. кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440061, г. Пенза, ул. Герцена, 44.

E-mail: anatolij_kuro@mail.ru

Фролов Дмитрий Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440072, г. Пенза, ул. Антонова, 26.

E-mail: surr@bk.ru

Ключевые слова: нетели, молочная, железа, комбинированный, массаж, устройство, давление.

Цель исследований – совершенствование пневмосистемы устройств для комбинированного массажа вымени нетелей однокамерного типа методами математического моделирования. Комбинированный массаж вымени животных, преимущественно нетелей крупного рогатого скота, реализуется, как правило, с помощью аппаратов, состоящих из массажного кожуха и активного или пассивного рабочего органа. По конструкции они могут быть однокамерными или многокамерными. В аппаратах как одного, так и другого типов механическая составляющая воздействия на молочную железу нетелей положительно влияет в первую очередь на ее морфологические показатели, в то время как физиологические свойства молокоотдачи животных меняются в лучшую сторону под воздействием пневматического массажа. На первом этапе моделирования рассматривается процесс истечения воздуха из камеры с постоянным объемом через отверстие с неизменным диаметром. Более сложное по конструкции устройство для массажа вымени нетелей включает силовую пневмокамеру с изменяющимся объемом, которая может быть выполнена заодно или отдельно с массажным колоколом и соединяться периодически или на постоянной основе с помощью одного или нескольких калиброванных отверстий. Модель такого устройства более сложна в описании и может быть получена на основе синтеза более простых теоретических зависимостей, характеризующих рабочий процесс массажного колокола и силовой пневмокамеры.

Подготовка нетелей к лактации относится к одному из наиболее эффективных технологических приемов повышения продуктивности коров-первотелок. Ее реализация предусматривает массаж вымени нетелей за 2-3 месяца до их отела с помощью специальных технических средств и служит для приучения животных к доильному оборудованию и интенсификации развития их молочной железы.

Многочисленными исследованиями различных конструкций устройств для массажа вымени нетелей установлено их существенное влияние на последующую молочную продуктивность коров [2-5, 11].

Однокамерная конструкция установки для пневмомассажа вымени нетелей (УПВН), разработанная С. В. Жужей, была принята за основу в выпускающемся серийно агрегате для пневмомассажа вымени нетелей АПМ-1-Ф. УПВН представляет собой массажный колокол с расположенной в нем подпружиненной

пластиной с деформаторами и оснащен патрубком для подвода переменного вакуума от пульсатора, дросселем и дренажным отверстием. Дроссель служит для уменьшения величины переменного давления до необходимого значения. Дренажное отверстие сообщает полость массажного колокола с атмосферой и обеспечивает остаточное пониженное давление (вакуум) в момент подключения устройства к работе [1, 2].

Анализ конструктивно-технологической схемы УПВН и опыт эксплуатации агрегата АПМ-1-Ф показали, что на величину давления в массажном колоколе в тактах «массаж» и «разгрузка» влияют такие факторы, как объем вымени нетели, частота работы пульсатора, диаметры дросселя и дренажного отверстия, а также подсосы воздуха в местах крепления аппарата к вымени животного и время перекрытия дренажного отверстия в процессе установки колокола на молочную железу нетели [4].

Дальнейшие исследования УПВН показали, что актуальные направления их совершенствования связаны с увеличением амплитуды изменения давления в массажном колоколе в тактах «массаж» и «разгрузка»; отказ от остаточного вакуума для удержания на вымени устройства во время такта «разгрузка»; повышение интенсивности механической составляющей массажного воздействия на молочную железу животного. В конструктивном плане это привело к разработке устройств для комбинированного массажа нетелей, в которых механическая составляющая этого воздействия на молочную железу положительно влияла в первую очередь на ее морфологические показатели, в то время как физиологические свойства молокоотдачи животного изменялись в лучшую сторону под воздействием пневматического массажа.

Комбинированный массаж реализуется, как правило, с помощью аппаратов, состоящих из массажного кожуха и активного или пассивного рабочего органа. При этом в конструктивном плане они классифицируются как однокамерные и многокамерные [4, 8].

Основными характеристиками комбинированного массажа являются амплитуда и скорость изменения давления в массажном колоколе, а также связанные с ними прямо или опосредованно параметры активного рабочего органа. В связи с этим одной из основных задач теоретических исследований аппаратов для комбинированного массажа вымени нетелей является описание пневмосистемы массажного колокола, для чего весьма удобны и применимы методы математического моделирования.

Обычно на первой стадии таких исследований анализируется простейший вариант истечения воздуха из камеры с постоянным объемом через отверстие с неизменным диаметром. Такая математическая модель довольно точно характеризует работу наиболее простого по конструкции однокамерного массажного устройства.

Более сложное в конструктивном плане устройство для массажа вымени обычно оснащается силовой пневмокамерой, которая может быть выполнена заодно или отдельно с массажным колоколом. Второй вариант исполнения массажного устройства более сложен и предусматривает соединение силовой камеры с массажным колоколом периодически или на постоянной основе с помощью калиброванного отверстия. Такая конструктивно-технологическая схема массажного устройства влечет за собой некоторое усложнение математической модели.

Математическое моделирование классических двухкамерных массажных устройств представляет собой описание процессов истечения воздуха из камер с изменяющимися объемами через отверстия с переменным сечением [9].

Цель исследований – совершенствование пневмосистемы устройств для комбинированного массажа вымени нетелей однокамерного типа методами математического моделирования.

Задача исследований – разработка теоретической модели работы пневмосистемы устройств для комбинированного массажа вымени нетелей однокамерного типа, позволяющей с необходимой точностью прогнозировать рабочий процесс в зависимости от различных параметров.

Объект исследования – устройства для пневмомеханического массажа вымени нетелей. Такие устройства реализуют комбинированный тип массажа молочной железы нетели, который позволяет воздействовать как на их морфологические показатели, так и на физиологические свойства молокоотдачи животного.

Материалы и методы исследований основаны на применении аппарата математического моделирования в отношении известных законов классической гидромеханики и термодинамики.

Результаты исследований. Рассмотрим массажное устройство однокамерного типа, выполненное в виде массажного колокола 1 (рис. 1) с уплотняющим элементом 2, в нижней части которого расположена силовая камера 3. Камера посредством штока 5 соединена с присоском 4, выполняющим роль массажного элемента [5]. Шток 5 и колокол 1 с помощью шлангов 6 и 7 соединяются с пульсатором 8. В силовой камере 3 выполнено сквозное гнездо 9, в котором закреплен с возможностью фиксации по высоте полый шток 5. Фиксирующее устройство 10 может быть выполнено в виде винта или подпружиненной кнопки.

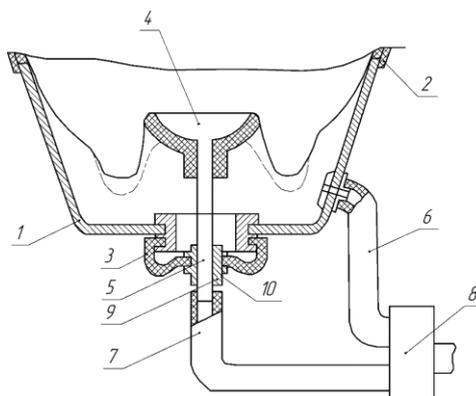


Рис. 1. Схема устройства для массажа вымени животных однокамерного типа:
 1 – колокол; 2 – уплотняющий элемент; 3 – силовая камера; 4 – присосок; 5 – шток;
 6, 7 – шланги; 8 – пульсатор; 9 – гнездо; 10 – фиксирующее устройство

Устройство работает следующим образом. Ослабляется фиксирующее устройство и массажный колокол вместе с присоском прижимается к вымени животного. С помощью зажима на магистральном шланге (на рисунке 1 не показан) включается в работу пульсатор доильного аппарата, от которого по шлангам подается пониженное и атмосферное давление в массажный колокол и полый шток с присоском.

Применяемый в данном устройстве пульсатор имеет два выходных патрубка. Когда в один патрубок подается атмосферное давление, в другом патрубке образуется пониженное давление (вакуум). Поэтому при откачивании воздуха с помощью шланга 6 в полости массажного колокола 1, в присоске 4 за счет шланга 7 и полого штока 5 будет находиться воздух с давлением, равным атмосферному.

Под действием пониженного давления силовая камера 3 деформируется и перемещает полый шток 5 с присоском 4 вверх. Таким образом, пониженное давление в колоколе способствует осуществлению пневмомассажа вымени животного, а также перемещению присоска, который выполняет механический массаж той части молочной железы, на которую он воздействует. В следующем такте в массажный колокол подается атмосферное давление, и силовая камера принимает первоначальное положение. В присоске создается пониженное давление, с помощью которого он присасывается к тканям вымени животного и удерживает массажное устройство в рабочем положении. Одновременно в той части вымени, которая находится под присоском, осуществляется пневмомассаж.

Основным преимуществом этой конструкции в сравнении с устройством для пневмомассажа вымени нетелей (УПВН), который входит в состав серийно выпускаемого агрегата АПМ-1-Ф, является более эффективный такт разгрузки, во время которого на ткани вымени животного воздействует атмосферное давление [4].

При этом устранение остаточного вакуума во время такта разгрузки позволяет значительно интенсифицировать процесс массажа вымени за счет увеличения рабочего давления.

Для получения математической модели устройства для массажа вымени животных однокамерного типа представим его расчетную схему в виде камеры объемом V , из которой через отверстие с поперечным сечением f_1 откачивается или поступает какое-то количество воздуха (рис. 2). На первом этапе построения модели будем считать объем массажного козуха постоянным, а соотношение давлений в нем и за его пределами не превышающим критического ($\frac{P_6}{P_a} = 1,578$).

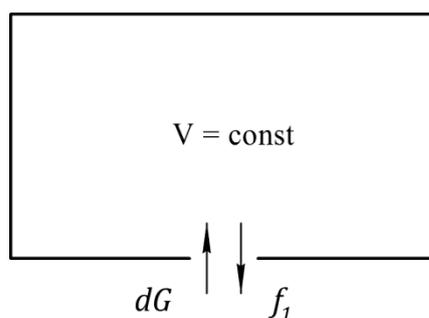


Рис. 2. Расчётная схема массажного колокола

Уравнение баланса воздуха в массажном колоколе в дифференциальной форме будет иметь вид:

$$dG = \pm G. \quad (1)$$

Знак «+» соответствует впуску воздуха, знак «-» – откачке воздуха из колокола.

В соответствии с принятым допущением об адиабатическом характере исследуемого процесса, уравнение состояния воздуха в колоколе описывается адиабатой Пуассона [4, 7]

$$P \cdot V^k = \text{const}, \quad (2)$$

где k – показатель адиабаты.

Удельный объем воздуха, находящегося в массажном колоколе, равен:

$$g = \frac{V}{M} = \frac{V}{\frac{G}{\gamma}} = \frac{g}{\gamma} \quad (3)$$

где V – текущий объем колокола;

G – вес воздуха, находящегося в колоколе;

M – масса воздуха;

γ – удельный вес воздуха.

С учетом уравнения (3) выражение (2) примет вид

$$P \frac{g^k}{\gamma^k} = \text{const} \text{ или } \frac{P}{\gamma^k} = \text{const} = \dots \quad (4)$$

Вес воздуха, находящегося в массажном кожухе, можно выразить следующим образом

$$G = \rho \cdot V. \quad (5)$$

Тогда из уравнения (4) получим выражение для веса воздуха, находящегося в объеме V :

$$G = \rho \cdot V = \rho \cdot P^{\frac{1}{k}} \cdot V. \quad (6)$$

В дифференциальной форме это уравнение можно записать так

$$dG = \frac{1}{k} \cdot \rho \cdot P^{\frac{1}{k}} \cdot V \cdot \frac{1}{P^k} dP. \quad (7)$$

Для определения правой части уравнения (7) воспользуемся теорией А. А. Скроманиса, предложенной им для расчета мембранного пульсатора доильного аппарата [10].

Уравнение состояния газа для массажного колокола имеет вид

$$P \cdot V = \gamma \cdot R \cdot T, \quad (8)$$

где R – универсальная газовая постоянная.

При уменьшении давления воздуха на бесконечно малую величину dP в массажном колоколе также уменьшается вес воздуха и его температура.

В дифференциальной форме состояние газа будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{V}{R} dP = \gamma dG + \gamma dT. \quad (9)$$

Вес воздуха, откачиваемого из массажного колокола за бесконечно малый промежуток времени через отверстие площадью f_1 , можно выразить уравнением:

$$dG = - \gamma \cdot f_1 \cdot W \cdot d\tau, \quad (10)$$

где W – скорость истечения воздуха через отверстие за время $d\tau$

При введении в формулу (10) площади f_1 следует принять, что площади поперечного сечения струи воздуха и поперечного сечения отверстия в массажном колоколе равны.

Скорость истечения воздуха W можно получить из уравнения Бернулли для идеального сжимаемого газа [10]:

$$\frac{K}{K-1} \cdot \frac{P}{\gamma} + \frac{W^2}{2g} = \frac{K}{K-1} \cdot \frac{P_0}{\gamma_0} + \frac{W_0^2}{2g}, \quad (11)$$

где P_6 – величина рабочего давления воздуха (вакуума) в массажном колоколе.

В рассматриваемом случае течение воздуха не является стационарным, однако в каждый, бесконечно малый промежуток времени $d\tau$ оно соответствует условиям уравнения Бернулли.

С учетом аналогичных расчетов в теории вакуумных систем доильных установок можно считать, что скорость течения воздуха в отверстии массажного колокола W существенно выше скорости W^* в месте образования струи. Поэтому можно принять, $W^* = 1$, что дает возможность упростить уравнение Бернулли до вида:

$$\frac{K}{K-1} \cdot \frac{P}{\gamma} = \frac{K}{K-1} \cdot \frac{P_6}{\gamma} + \frac{W^2}{2g} \quad (12)$$

и получить из этого выражения скорость течения воздуха в наиболее узком поперечном сечении струи:

$$W = \sqrt{\frac{2g \cdot K}{K-1} \left[\frac{P}{\gamma} - \frac{P_6}{\gamma} \right]} \quad (13)$$

Полученное значение W подставим в уравнение (10), дополнив его правую часть коэффициентом расхода μ . Данный коэффициент учитывает взаимодействие четырех коэффициентов:

- коэффициента скорости, характеризующего сопротивление отверстия истечению воздуха;
- коэффициента сжатия, характеризующего уменьшение поперечного сечения струи воздуха по сравнению с сечением отверстия;
- коэффициента, характеризующего полноту сжатия струи в зависимости от расположения отверстия в массажном колоколе;
- коэффициента, учитывающего форму сопла, отличную от теоретически принятого отверстия [7, 9].

В первом приближении можно принять, что коэффициент расхода μ является постоянной величиной. Учитывая, что $P_6/\gamma = C$, и, заменяя γ соответствующей ему величиной, окончательно получим:

$$dG = - \frac{1}{K} \cdot f_1 \cdot \mu \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot K}{K-1} \cdot C^{-\frac{1}{K}}} \cdot \sqrt{P^{\frac{K-1}{K}} - P_6^{\frac{K-1}{K}}} d\tau \quad (14)$$

После введения обозначений:

$$\sqrt{\frac{2gK}{K-1} \cdot C^{-\frac{1}{K}}} = \nu, \quad \frac{K-1}{K} = \eta,$$

подставив уравнения (7) и (14) в выражение (1), получим дифференциальное уравнение с разделенными переменными:

$$\frac{dP}{P^m \cdot \sqrt{P^m - P_6^m}} = - \frac{\frac{1}{K} \cdot a \cdot f_1 \cdot \mu}{V \cdot \nu \cdot \eta} d\tau \quad (15)$$

Знак минус в уравнении (15) показывает, что давление в массажном колоколе в процессе истечения воздуха уменьшается.

Аналитическое решение уравнения (15) в общем виде показывает, что время откачивания воздуха из массажного колокола является функцией трех переменных величин:

$$\tau = \varphi \left(V; \frac{1}{f_1}; P_6 \right).$$

Время достижения значения давления в массажном колоколе, давлению в вакуумной системе агрегата для массажа вымени нетелей, равно:

$$\tau = \frac{5}{8} \cdot \frac{V}{f_1 \cdot P_6^{\frac{m}{2}} \cdot a \cdot \mu} \left[\frac{P_a^{\frac{m}{2}} \sqrt{P_a^m - P_6^m} \cdot (P_a^m + P_6^m)}{P_6^{2m}} \right] \cdot \frac{1}{2} \ln \frac{P_a^{\frac{m}{2}} - \sqrt{P_a^m - P_6^m}}{P_a^{\frac{m}{2}} + \sqrt{P_a^m - P_6^m}} \quad (16)$$

При впуске воздуха в массажный колокол время достижения в нем атмосферного давления можно определить из зависимости

$$\tau = \frac{5}{2} \frac{V}{f_1 \cdot P_a^{\frac{m}{2}} \cdot \gamma \cdot \mu} \ln \frac{P_a^{\frac{m}{2}} - \sqrt{P_a^m - \gamma^m}}{P_a^{\frac{m}{2}} + \sqrt{P_a^m - \gamma^m}} \quad (17)$$

Для предварительной оценки полученных результатов теоретических исследований решим методом Рунге-Кутты четвертого порядка дифференциальные уравнения (16) и (17).

Анализ данных в виде зависимостей $P_1 = \gamma \tau$ и $P_2 = \gamma \tau$ показал, что при изменении свободного объема массажного колокола в пределах 0,0005-0,002 м³, время достижения давления в массажном колоколе, равного давлению в вакуумной системе агрегата, может изменяться в интервале 1-2 с для диаметров отверстий, равных 6-8 мм, и до 100 с для диаметра отверстия, равного 2 мм.

В реальных условиях при использовании пульсаторов серийных доильных аппаратов длительность подключения массажного колокола к вакуумной системе составляет 0,5-0,7 с, а время соединения с атмосферой – 0,5-0,3 с, т.е. в массажном колоколе давление, равное давлению в вакуумной системе агрегата теоретически не возможно. Этот факт подтверждается как данными экспериментальных исследований, так и опытом эксплуатации агрегата для пневмомассажа вымени нетелей АПМ-1-Ф в хозяйственных условиях [4].

На втором этапе моделирования пневмосистемы однокамерного устройства для массажа вымени нетелей будем считать объем массажного кожуха переменным.

При выводе расчетных уравнений следует принять допущение, согласно которому в процессе работы массажного устройства сопротивление, оказываемое перемещению силовой камеры (упругость стенок самой камеры и тканей вымени), подчиняется закону Гука, и суммарное ее воздействие заменяется воздействием пружины с жесткостью $C_{экр.}$. В дальнейшем эта характеристика силовой камеры может быть достаточно просто определена экспериментально.

В расчетной схеме (рис. 3) закон перемещения поршня 2 однозначно определяется изменением величины давления воздуха в цилиндре (силовой камере устройства).

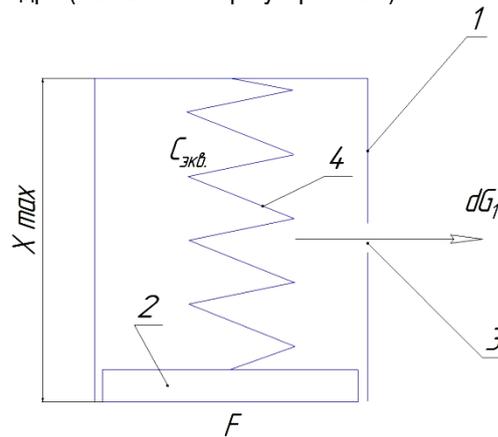


Рис. 3. Расчетная схема массажного устройства однокамерного типа с переменным объемом:
1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – отверстие постоянного сечения; 4 – пружина

При подключении к устройству пульсатора, в его работе можно выделить две фазы. Первая – отсасывание воздуха из массажного колокола и силовой камеры через отверстие 3 влечет за собой перемещение вверх поршня 2 с одновременным уменьшением объема цилиндра 1. Во второй фазе, когда в колокол и камеру впускается воздух, объем цилиндра увеличивается, и поршень перемещается вниз. В процессе работы массажного устройства скорость изменения давления, а значит и ускорение, при перемещении поршня относительно не велико, в связи с чем динамическими силами можно пренебречь и процесс можно рассматривать как квазистатический [4].

Уравнение равновесия поршня при перемещении его на расстояние от χ до χ_{ax} можно представить в виде

$$P_a - P \cdot F = C_{экр.} \cdot (\chi_{max} - \chi) \quad (18)$$

где P_a – атмосферное давление;

F – площадь поршня;

P – переменное давление в камере.

Считая процессы истечения и впуска воздуха в камеру массажного колокола происходящими без теплообмена с окружающей средой, запишем уравнение материального баланса при отсасывания воздуха в виде уравнения

$$dG - dG_1 = 0. \quad (19)$$

Для этого состояния массажного колокола справедливо уравнение Пуассона

$$G = C \cdot P^{-\frac{1}{k}} \cdot P^{\frac{1}{k}} \cdot V, \quad (20)$$

где $C = \frac{P}{\gamma} = \text{const}$ – постоянная величина;

γ – удельный вес воздуха;

k – показатель адиабаты;

V – текущий объем камеры.

Дифференциальное уравнение изменения объема камеры массажного колокола можно получить из выражения (18):

$$dV = \frac{F^2}{C_{\text{экв}}} \cdot dP. \quad (21)$$

После подстановок и преобразования дифференциальное уравнение изменения давления воздуха при его отсасывании из массажного колокола может быть представлено в следующем виде

$$\frac{dP}{d\tau} = \frac{P_6^{1-m} \cdot f_1 \cdot a \cdot \mu \sqrt{P^m - P_6^m}}{\frac{F^2}{C_{\text{экв}}} \cdot (-m) \cdot P^{1-m} A_1 \cdot P^{-m} \cdot (-m)}. \quad (22)$$

Составляющие уравнения (22) определяются по известным формулам [5, 7, 9] и имеют следующие значения: P_6 – величина рабочего давления воздуха (вакуума) в камере; f_1 – площадь отверстия; μ – коэффициент расхода;

$$a = \sqrt{\frac{2g \cdot k}{k-1} \cdot C^{-\frac{1}{k}}};$$

$$m = \frac{1-k}{k};$$

$$A_1 = \frac{P_a \cdot F^2}{C_{\text{экв}}} \cdot dP.$$

Подача воздуха в массажный колокол приведет к изменению давления в нем по закону

$$\frac{dP}{d\tau} = \frac{P^{1-i} \cdot f_1 \cdot a \cdot \mu \sqrt{P_a^m - P^m}}{\frac{F^2}{C_{\text{экв}}} \cdot (-i) \cdot P^{1-i} A_1 \cdot P^{-i} \cdot (-i)}. \quad (23)$$

Уравнения (22) и (23) имеют аналитические решения в функции $\tau = \tau(P)$ в довольно громоздком виде. Обратные зависимости $P = P(\tau)$, необходимые для описания работы массажного устройства однокамерного типа с переменным объемом камеры, можно получить численным решением этих уравнений методом Рунге-Кутты четвертого порядка, дающим достаточно высокую для практического применения точность решений.

Заключение. Полученные теоретические зависимости позволяют с необходимой точностью прогнозировать влияние отдельных значимых технических и технологических параметров на рабочий процесс устройства для массажа вымени нетелей однокамерного типа.

Библиографический список

1. Агрегат для пневмомассажа вымени нетелей АПМ-1-Ф : паспорт УПВН. ООО. ОООПС. – Производственное объединение «Кургансельмаш», 1986. – 34 с.
2. Жужа, С. В. Механизация процесса массажа вымени нетелей в условиях современных комплексов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Жужа Сергей Васильевич. – М., 1984. – 18 с.

3. Котенджи, Г. П. Подготовка нетелей к лактации / Г. П. Котенджи, А. А. Курочкин // Доклады ВАСХНИЛ. – 1987. – №4. – С. 32-34.
4. Курочкин, А. А. Повышение эффективности подготовки нетелей к лактации за счет совершенствования процессов и средств механизации : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 / Курочкин Анатолий Алексеевич. – СПб., 1993. – 42 с.
5. А. с. №1337006 СССР. Устройство для массажа вымени животных / А. А. Курочкин [и др.]. – №3878356 ; заявл. 23.03.85 ; опубл. 15.09.87, Бюл. №34. – 2 с.
6. Курочкин, А. А. Системный подход к разработке экструдера для термовакуумной обработки экструдата // Инновационная техника и технология. – 2014. – №4. – С. 17-21.
7. Курочкин, А. А. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №4 (32). – С. 172-177.
8. Курочкин, А. А. Анализ конструктивно-технологических схем устройств для массажа вымени нетелей // Инновационная техника и технология. – 2016. – №1. – С. 29-34.
9. Курочкин, А. А. Математическое моделирование пневмосистемы устройств для массажа вымени нетелей двухкамерного типа // Инновационная техника и технология. – 2016. – №2. – С. 25-33.
10. Скроманис, А. А. Основы расчета доильных аппаратов и установок. – Елгава : ЛСХА, 1980. – 320 с.
11. Ужик, О. В. Разработка и теоретическое обоснование технологий и технических средств для молочного скотоводства : дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 / Ужик Оксана Владимировна. – Белгород, 2014. – 388 с.

DOI 10.12737/21789

УДК 637.133.1

СЕКЦИОННЫЙ АККУМУЛЯТОР ПРИРОДНОГО ХОЛОДА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА НА ФЕРМАХ

Козловцев Андрей Петрович, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ.

460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев 18.

E-mail: ap_kozlovcev@mail.ru

Квашеников Василий Иванович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ.

460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев 18.

E-mail: vasiliy056@mail.ru

Константинов Михаил Маерович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ.

460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев 18.

E-mail: miconsta@yandex.ru

Козловцева Светлана Петровна, аспирант кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ.

460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев 18.

E-mail: spk587@mail.ru

Ключевые слова: охлаждение, молоко, лед, намораживание, энергосбережение.

Цель исследования – поиск и обоснование новых методов, научно-методологических основ снижения энергетических затрат на охлаждение продукции молочно-товарных ферм в процессе ее производства и переработки за счет широкого использования естественного холода. В последние годы наблюдается тенденция возврата интереса к использованию естественного холода в переработке и хранении продуктов питания. Увеличению интереса к использованию природного холода способствует, прежде всего, обострение энергетических проблем. Рост мирового промышленного производства требует постоянного увеличения энергопотребления. Это ведет к постоянному повышению стоимости энергоносителей и в сельском хозяйстве довольно серьезно отражается на себестоимости получаемой продукции. Использование природного холода в охлаждении молока является очень распространенным направлением не только в научно-исследовательских работах и в новых идеях изобретателей, но и при производстве холодильной техники. Вариантом применения природного холода являются водооборотные льдоаккумуляторы для молочно-товарных ферм. Разработанные льдоаккумуляторы просты по конструкции, надежны в работе, не требуют сложного технического обслуживания, долговечны и не используют электроэнергию при наморозке льда и дальнейшего охлаждения молока. Использование таких устройств позволит снизить себестоимость производства и переработки молока на молочно-товарных фермах и перерабатывающих предприятиях, сократить затраты труда обслуживающего персонала.

Использование природного холода в охлаждении молока является очень распространенным направлением не только в научно-исследовательских работах и в новых идеях изобретателей, но и при производстве холодильной техники. Вариантом применения природного холода являются водооборотные