РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА СО СТУПЕНЧАТЫМИ СОСКОВЫМИ ТРУБКАМИ

А.В. Яшин, канд. техн. наук, доцент; Ю.В. Попыляный, канд. техн. наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет»,
г. Пенза, Россия, тел. +79022099691, e-mail: yashin.a.v@pgau.ru

Главной задачей молочного скотоводства является дальнейшее увеличение темпов производства молока на основе увеличения молочной репродуктивности коров. Важнейшим резервом роста молочной продуктивности является применение доильного оборудования наиболее полно отвечающего физиологии животных, а также его правильный подбор и эксплуатация. Анализ конструкций существующих доильных аппаратов показал, что одним из главных недостатков является их крайне жесткое воздействие на рецепторы соска и, соответственно, торможения рефлекса молокоотдачи, что приводит к снижению разового удоя и интенсивности выдаивания коровы, тем самым снижению удоя. Одним из пунктов Госпрограммы РФ «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» является техническая и технологическая модернизация АПК, без которой, при используемом оборудовании, невозможно в полной мере обеспечить импортозамещение конкурентоспособной продукцией и повысить экономическую безопасность страны. Поэтому разработка доильного аппарата со ступенчатыми сосковыми трубками, способствующего повышению интенсивности выдаивания, является актуальной и имеет важное народнохозяйственное значение.

Ключевые слова: молоко, молокоотдача, доильный аппарат, сосковая трубка

Введение

Стимуляция молокоотдачи животного представляется комплексом факторов, вызванных как рефлекторным, так и нерелефлекторным путем. Полнота молокоотдачи и характер её реализации, вызываемые стимулирующим воздействием доильного аппарата на организм животного, в большей степени зависит от оптимального раздражения рецепторов сосков во время доения. Поэтому адекватность раздражений рецепторов молочной железы, наносимых доильным аппаратом – одна из наиболее актуальных задач, стоящих перед конструкторами. Необходимо помнить, что молоко образует и дает корова, а не доильный аппарат, как бы совершенен он не был. Вследствие этого чрезвычайную важность при машинном доении приобретают функции доильных машин, стимулирующие молокообразование и молокоотдачу.

Усовершенствование конструкций доильных аппаратов зачастую приводит к расширению функционального назначения, увеличению адаптивных возможностей техники и, вместе с тем, к сужению направленности новых разработок, резкому ее усложнению и снижению надежности. Очевидно, что в сложившейся ситуации совершенствование конструкции доильных аппаратов должно идти в направлении разрешения

указанных проблем, на принципиально новых подходах сочетая в себе простоту конструкции и функциональность [1...10].

Методы и материалы

Для решения поставленной проблемы необходимо определение частоты пульсаций, коэффициента тактности (соотношения тактов) и их настройка, а также определение вакуума смыкания сосковой резины доильного аппарата; исследования в производственных условиях доильного аппарата со ступенчатыми сосковыми трубками по оценке интенсивности и полноты выдаивания им при оптимальных конструктивных и технологических параметрах [19, 20].

Определение частоты пульсаций, коэффициента тактности (соотношения тактов) и их настройка, а также определение вакуума смыкания сосковой резины доильного аппарата осуществлялась на стенде для диагностики пульсаторов (пульсоколлекторов) СДП – 1 двухтактных доильных аппаратов типа АДУ-1 и других (рис. 1). Значения частоты пульсаций и коэффициента тактности доильного аппарата определяли по показаниям устройства 8 – УДА-МАЯК (рис. 1, а), а изменяли с помощью регулировочного винта пульсатора. Регулировка вакуумметрического давления осуществлялась с помощью регулятора на агрегате индивидуального доения АИД-2 (рис. 2) [19, 20].

Рис. 1. Стенд СДП-1: а) общий вид; б) общий вид участка по определению вакуума смыкания сосковой резины: 1 – рабочий стол; 2 – датчик для определения вакуума смыкания сосковой трубки; 3, 7 – вакуумметры; 4 – контрольная лампочка индикатора вакуума смыкания сосковой трубки; 5 – имитаторы сосков; 6 – фотодатчик; 8 – устройство диагностики доильных аппаратов УДА-МАЯК; 9 – молокопровод; 10 – коллектор; 11 – сосковая трубка

Определение вакуума смыкания сосковой резины является важным параметром, от которого зависит синхронность работы каждой доильной трубки доильного аппарата, так как различия в значениях вакуума смыкания сосковых трубок одного доильного аппарата ведут к разобщенной работе доильных стаканов, что не может не отразиться на его стимуляции к молокоотдаче животного, интенсивности и полноты выдаивания. Исследования ступенчатых сосковых трубок и комплектование их в группы осуществляли с помощью датчика для определения вакуума смыкания сосковой трубки (рис. 1, б). В момент загорания лампочки прибора 4 визуальнo по вакуумметру 3 определяли величину вакуума смыкания, по значению которого производится комплектование сосковых трубок в группы (в пределах одного деления шкалы вакуумметра 3, равной 0,2 Па) [11...20].

За показатель, оценивающий технологический процесс выдаивания имитатора молока доильным аппаратом со ступенчатыми сосковыми трубками, принималась пиковая интенсивность выдаивания. За имитатор молока был принят близкий по плотности раствор $H_2O + NaCl$, схожий по плотности с молоком, значение которой составляла 1020 кг/м^3 .

Пиковая интенсивность выдаивания доильным аппаратом при экспериментальных исследованиях определяется как отношение объема выдоенного имитатора молока в течение времени доения:

$$Q_{\text{выд}}^{\text{max}} = \frac{V}{t}, \text{ л/мин}, \quad (1)$$

где V – объем выдоенного имитатора молока, л; t – время доения, мин.

Для определения пиковой интенсивности выдаивания доильным аппаратом со ступенчатыми сосковыми трубками в отдельных опытах принималось время доения равное пяти минутам, что соответствует максимальной продолжительности доения животного и действия гормона окситоцина, способствующего молокообразованию, припуску молока и молокоотдачи в целом.

На основании априорной информации, поисковых опытов, теоретической оценке интенсивности выдаивания и обоснования конструктивных и технологических параметров доильного аппарата со ступенчатыми сосковыми трубками были отобраны наиболее значимые факторы и установлены их уровни варьирования (табл. 1). Остальные факторы при исследованиях не изменялись и были закреплены на постоянных уровнях.

Исходя из условия, что предельная ошибка во всех опытах приближенно равна возможной наибольшей статистической, и задаваясь доверительной вероятностью исследований $p = 0,95$ была выбрана трехкратная повторность опытов [19, 20].

Для проведения исследований по обоснованию конструктивных и технологических параметров доильного аппарата была изготовлена лабораторная установка для исследования доильных аппаратов (рис. 2), состоящая из трех основных частей.

Первая часть является регистрирующей и включает в себя ведро доильное со шкалой учета уровня имитатора молока и вакуумметром, которым оснащен серийный

агрегат индивидуального доения АИД-2. Вторая часть является управляющей и имеет автомат выключения 3 – типа IEK, преобразователя частоты вращения 4 – Веспер Е-8300 по ГОСТ Р 51318.11-99 и крана 5, осуществляющих регулировку необходимой подачи имитатора молока. Третья часть является исполняющей и содержит циркуляционный насос 1 – типа OASIS CN-25/4, искусственное вымя 6 и имитатор сосков (рис. 3), доильный аппарат со ступенчатыми сосковыми трубками 7 (рис. 2) и агрегат индивидуального доения 8 – АИД-2. Регистрирующая часть необходима

для определения объема выводимого имитатора молока в единицу времени (пиковой интенсивности выдаивания). Управляющая часть необходима для подключения лабораторной установки к электрической сети и задания необходимой подачи молока.

Для задания необходимой величины внутривыменного давления использовано искусственное вымя 6 (рис. 2), имитирующее вымя животного, содержащее расположенные друг над другом и сообщающиеся между собой емкости с общей высотой 0,7 м, в нижней части, которой имеются четыре имитатора сосков вымени (рис. 3) [19, 20].

Таблица 1

Факторы и уровни их варьирования при двухфакторном эксперименте

Наименование фактора	Единица измерения	Обозначение		Уровни варьирования		
		условное	кодированное	-1	0	+1
Вакуумметрического давления	кПа	$p_{\text{вак}}$	x_1	40	45	50
Коэффициент тактности		$k_{\text{такт}}$	x_2	0,65	0,7	0,75

Рис. 2. Общий вид установки для исследования доильного аппарата со ступенчатыми сосковыми трубками: 1 – емкость буферная; 2 – насос циркуляционный типа OASIS CN-25; 3 – автомат выключения; 4 – преобразователя частоты вращения Веспер Е-8300; 5 – кран принудительного отключения подачи жидкости; 6 – искусственное вымя; 7 – доильный аппарат со ступенчатыми сосковыми трубками; 8 – агрегата индивидуального доения АИД-2;

9 – ведро доильное со шкалой учета уровня имитатора молока

На конце каждого имитатора соска вымени животного имеется шаровой клапан 1 (рис. 3, б) имитирующий тугодойность соска, посредством регулировочного винта 3 и пружины 2, тем самым создавая нужную величину тонуса сфинктера (величину вакуумметрического давления открытия клапана принимали $p_{\text{вак}} = 30$ кПа, что

соответствует стандартной величине вакуума, при котором осуществляется приоткрытие сфинктера). При этом замена вставок-имитаторов упругости 6 позволит учесть упругость соска различных животных.

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены комплекты

сосковых трубок с различным количеством ступеней по длине от трех до пяти (рис. 4).

Сосковые трубки изготавливали отливкой в формах.

Рис. 3. Имитаторы сосков вымени: а) общий вид; б) конструктивная схема: 1 – клапан шаровой; 2 – пружина; 3 – винт регулировочный; 4 – канал; 5 – сосок; 6 – вставка-имитатор упругости.

Рис. 4. Общий вид сосковых трубок доильного аппарата с количеством ступеней: а) три; б) четыре; в) пять

Математическая обработка результатов исследований проводилась с использованием компьютерных программ Statistica 6.0, MathCAD 2001 RUS, Microsoft Excel на ПЭВМ. При этом статистическая обработка результатов двухфакторного эксперимента, матрица которого представлена в таблице 1, осуществлялась сначала модулем Multiple Regression программы Statistica 6.0 при попытке описания линейной моделью и модулем Nonlinear Estimation программы Statistica 6.0 при описании моделями высших порядков. При определении адекватности модели (по множественному коэффициенту корреляции и F-тесту) использовали данные статистической обработки и программа Microsoft Excel. При определении

оптимальных значений факторов использовалась программа MathCAD 2001 RUS, для чего был разработан ее листинг по решению задачи на поиск экстремума функции (адекватной модели уравнения регрессии) [19, 20].

Проверка доильного аппарата со ступенчатой сосковой трубкой в производственных условиях при обоснованных оптимальных конструктивных технологических параметрах проводилась для установления интенсивности и полноты выдаивания доильным аппаратом и сопоставления с результатом теоретических и лабораторных исследований в сравнении с серийным выпускаемым доильным аппаратом АДУ-1. Исследования в производственных условиях

проведены на двух группах (контрольная и опытная) по 12 голов в каждой. Животные были распределены на группы по принципу парных аналогов при одинаковом рационе кормления. Оператор машинного доения одновременно работал с двумя доильными аппаратами в обеих группах. Животных контрольной группы доили по типовой технологии серийным выпускаемым доильным аппаратом АДУ – 1, а опытной доильным аппаратом со четырёхступенчатыми сосковыми трубками. Молочную продуктивность коров и продолжительность технологических операций учитывали путем проведения контрольных доек в течение двух смежных дней одного месяца.

При оценке работы доильных аппаратов определяли следующие параметры: время машинного доения, разовый удой, временной удой, полнота выдаивания (ручной додой) и состояние вымени (каждые десять дней на предмет заболевания маститом). Перед закладкой эксперимента все животные были подвергнуты осмотру при участии ветеринарного врача. Проверка животных на мастит осуществлялась при использовании 5 %-ого водного раствора ди-мастита и пробы отстаивания по общей методике.

При доении животных экспериментальным доильным аппаратом технология выдерживалась такая же, как и при доении серийным выпускаемым доильным аппаратом АДУ-1: вымя обмывали теплой водой температурой около 40-45 °С в течение первых 6...10 с, сдаивали первые струйки в тестер, исходя из того, что молоко при заболевании маститом коров, как правило, имеет повышенное содержание различных клеток (кровь, белые хлопья и др.), и поэтому его следует обязательно отделить от общей массы молока. Затем надевали доильные стаканы на соски. Во время доения серийным доильным аппаратом АДУ-1 при снижении интенсивности молокоотдачи до 500 мл/мин проводили машинное додаивание. При снижении интенсивности молокоотдачи до 200 мл/мин доильный аппарат отключали. По окончании доения проводили ручное додаивание. Показатель интенсивности выдаивания фиксировали с помощью доильного ведра со смотровым окном с оттарированными насечками и секундомера. Подготовительные и заключительные операции на вымени животного выполняли согласно правилам машинного доения коров. Исследования в производственных условиях экспериментального доильного аппарата с четырёхступенчатыми сосковыми трубками проводили в ООО «Яшьлек» Лопатинского района Пензенской области на

коровах черно-пестрой породы с удоем свыше 4500 кг при привязном содержании.

Результаты

Получены адекватные математические зависимости пиковой интенсивности выдаивания коровы доильным аппаратом с трёхступенчатыми сосковыми трубками от конструктивных и технологических параметров в закодированном виде при множественном коэффициенте корреляции $R = 0,99$ и сходимостью расчетных и опытных данных $F_{\text{тест}} = 0,985$:

$$Q_{\text{выд.3}} = 3,164 + 0,24 \cdot x_1 + 0,368 \cdot x_2 - 0,168 \cdot x_1^2 - 0,191 \cdot x_2^2 \text{ л/мин}; \quad (2)$$

Для определения оптимальных параметров доильного аппарата с трёхступенчатыми сосковыми трубками по пиковой интенсивности выдаивания, полученные данные были обработаны в программе MathCAD для поиска экстремума математической зависимости (2). Для чего полученную математическую зависимость (2) продифференцировали по переменным x_1 , x_2 , и получили систему уравнений:

$$\begin{cases} 0,24 - 0,372 \cdot x_1 = 0 \\ 0,368 - 0,382 \cdot x_2 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Решением системы уравнений (3) определили оптимальные значения параметров для доильного аппарата с трёхступенчатыми сосковыми трубками в закодированном виде:

$$\begin{cases} x_1 = 0,645 \\ x_2 = 0,963 \end{cases} \quad (4)$$

При оптимальных значениях параметров (4) пиковая интенсивность выдаивания доильным аппаратом с трёхступенчатой сосковой трубкой (2) составит $Q_{\text{выд.3}}^{\text{max}} = 3,418$ л/мин.

На основании математической зависимости (2) построено двумерное сечение поверхности отклика пиковой интенсивности выдаивания доильным аппаратом с трёхступенчатыми сосковыми трубками в зависимости от вакуумметрического давления x_1 и коэффициента тактности x_2 (рис. 4, а). Анализируя можно заключить, что найденные значения параметров соответствуют экстремуму математической зависимости (2) и определяют максимальную пиковую интенсивность выдаивания доильным аппаратом с трёхступенчатой сосковой трубкой. В таблице 2 представлены значения параметров доильного аппарата с трёхступенчатыми сосковыми трубками в закодированном и раскодированном виде. Раскодирование проведено с учетом системы уравнений (4) и таблицы 1 методом

интерполирования. Получены адекватные математические зависимости пиковой интенсивности выдаивания коровы доильным аппаратом с четырехступенчатыми сосковыми трубками от конструктивных и технологических параметров в закодированном виде при множественном коэффициенте корреляции $R = 0,99$ и сходимостью расчетных и опытных данных $F\text{-тест} = 0,99$:

$$Q_{\text{выд } 4} = 3,25 + 0,235 \cdot x_1 + 0,378 \cdot x_2 - 0,228 \cdot x_1^2 - 0,218 \cdot x_2^2 \text{ л/мин}; \quad (5)$$

Для определения оптимальных параметров доильного аппарата с четырехступенчатыми сосковыми трубками по пиковой интенсивности выдаивания полученные данные были обработаны в программе MathCAD для поиска экстремума математической зависимости (5). Для чего полученную математическую зависимость (5) про дифференцировали по переменным x_1 , x_2 , и получили систему уравнений:

$$\begin{cases} 0,235 - 0,456 \cdot x_1 = 0 \\ 0,378 - 0,436 \cdot x_2 = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Решением системы уравнений (6) определили оптимальные значения параметров для доильного аппарата с четырехступенчатыми сосковыми трубками в кодированном виде:

$$\begin{cases} x_1 = 0,515 \\ x_2 = 0,867 \end{cases} \quad (7)$$

При оптимальных значениях параметров (7) пиковая интенсивность выдаивания доильным аппаратом с четырехступенчатой сосковой трубкой (5) составит $Q_{\text{выд } 4}^{\text{max}} = 3,474$ л/мин.

На основании математической зависимости (5) построено двумерное сечение поверхности отклика пиковой интенсивности выдаивания доильным аппаратом с четырехступенчатыми сосковыми трубками в зависимости от вакуумметрического давления x_1 и коэффициента тактности x_2 (рис. 4, б).

Анализируя, можно заключить, что найденные значения параметров соответствуют экстремуму математической зависимости (5) и определяют максимальную пиковую интенсивность выдаивания доильным аппаратом с четырехступенчатой сосковой трубкой.

В таблице 2 представлены значения параметров доильного аппарата с четырехступенчатыми сосковыми трубками в закодированном и раскодированном виде. Раскодирование проведено с учетом системы уравнений (7) и таблицы 1 методом интерполирования.

Получены адекватные математические зависимости пиковой интенсивности выдаивания коровы доильным аппаратом с пятиступенчатыми сосковыми трубками от конструктивных и технологических параметров в закодированном виде при множественном коэффициенте корреляции $R = 0,99$ и сходимостью расчетных и опытных данных $F\text{-тест} = 0,997$ [19, 20]:

$$Q_{\text{выд } 5} = 3,264 + 0,226 \cdot x_1 + 0,353 \cdot x_2 - 0,23 \cdot x_1^2 - 0,2 \cdot x_2^2 \text{ л/мин}; \quad (8)$$

Для определения оптимальных параметров доильного аппарата с пятиступенчатыми сосковыми трубками по пиковой интенсивности выдаивания, полученные данные были обработаны в программе MathCAD для поиска экстремума математической зависимости (8).

Для чего полученную математическую зависимость (8) про дифференцировали по переменным x_1 , x_2 , и получили систему уравнений:

$$\begin{cases} 0,226 - 0,46 \cdot x_1 = 0 \\ 0,353 - 0,4 \cdot x_2 = 0 \end{cases} \quad (9)$$

Решением системы уравнений (9) определили оптимальные значения параметров для доильного аппарата с пятиступенчатыми сосковыми трубками в кодированном виде:

$$\begin{cases} x_1 = 0,491 \\ x_2 = 0,882 \end{cases} \quad (10)$$

При оптимальных значениях параметров (10) пиковая интенсивность выдаивания доильным аппаратом с пятиступенчатой сосковой трубкой (8) составит $Q_{\text{выд } 5}^{\text{max}} = 3,468$ л/мин.

На основании математической зависимости (8) построено двумерное сечение поверхности отклика пиковой интенсивности выдаивания доильным аппаратом с пятиступенчатыми сосковыми трубками в зависимости от вакуумметрического давления x_1 и коэффициента тактности x_2 (рис. 4, в).

Анализируя, можно заключить, что найденные значения параметров соответствуют экстремуму математической зависимости (8) и определяют максимальную пиковую интенсивность выдаивания доильным аппаратом с пятиступенчатой сосковой трубкой.

В таблице 2 представлены значения параметров доильного аппарата с пятиступенчатыми сосковыми трубками в закодированном и раскодированном виде. Раскодирование проведено с учетом системы уравнений (10) и таблицы 1 методом интерполирования.

Рис. 5. Двухмерные сечения поверхности отклика интенсивности выдаивания доильным аппаратом в зависимости от вакуумметрического давления x_1 и коэффициента тактности x_2 с сосковыми трубками с количеством ступеней: а) три; б) четыре; в) пять

Таблица 2

Оптимальные значения исследуемых факторов

Наименование фактора	Единица измерения	Обозначение		Оптимальное значение фактора	
		условное	кодированное	в закодированном виде	в раскодированном виде
Для доильного аппарата с трёхступенчатыми сосковыми трубками					
Вакуумметрическое давление	кПа	$p_{\text{вак}}$	x_1	0,645	48,2
Коэффициент тактности	-	$K_{\text{такт}}$	x_2	0,963	0,748
Для доильного аппарата с четырёхступенчатыми сосковыми трубками					
Вакуумметрическое давление	кПа	$p_{\text{вак}}$	x_1	0,515	47,6
Коэффициент тактности	-	$K_{\text{такт}}$	x_2	0,867	0,74
Для доильного аппарата с пятиступенчатыми сосковыми трубками					
Вакуумметрическое давление	кПа	$p_{\text{вак}}$	x_1	0,491	47,5
Коэффициент тактности	-	$K_{\text{такт}}$	x_2	0,882	0,744

По результатам опытных данных максимальной пиковой интенсивности выдаивания аппаратов с трёх, четырёх, и пятиступенчатыми сосковыми трубками можно заключить:

$$Q_{\text{выд.3}}^{\text{max}} = 3,418 \text{ л/мин} < Q_{\text{выд.4}}^{\text{max}} = 3,474 \text{ л/мин} > \\ Q_{\text{выд.5}}^{\text{max}} = 3,468 \text{ л/мин.}$$

Следовательно, доильный аппарат с четырёхступенчатыми сосковыми трубками

имеет максимальную пиковую интенсивность выдаивания, что обусловлено влиянием соотношения толщины и высоты ступени сосковых трубок. В результате проведения производственных исследований определено, что при использовании доильных аппаратов с четырёхступенчатыми сосковыми трубками установлена максимальная пиковая интенсивность выдаивания $Q_{\text{выд}}^{\text{max}} = 3,25 \text{ л/мин}$, определенная как

средняя величина в опытной группе при контрольной дойке. В сравнении результатов экспериментальных исследований, при которых была получена максимальная пиковая интенсивность выдаивания (при вакуумметрическом давлении $p_{\text{вак}} = 47,6$ кПа и коэффициенте тактности $k_{\text{такт}} = 0,74$), $Q_{\text{выд}}^{\text{max}} = 3,474$ л/мин. При сравнении с результатами теоретических исследований, при которых была получена максимальная пиковая интенсивность выдаивания (при вакуумметрическом давлении $p_{\text{вак}} = 48$ кПа и коэффициенте тактности $k_{\text{такт}} = 0,75$), $Q_{\text{выд}}^{\text{max}} = 3,21$ л/мин расхождение составляет 7,6 %.

Как показывают результаты исследований, представленных в таблице 3, экспериментальный доильный аппарат обладает более высокой пиковой интенсивностью и полнотой выдаивания, в сравнении с серийно-выпускаемым АДУ-1.

По результатам производственных исследований интенсивности выдаивания молока доильным аппаратом с четырёхступенчатыми сосковыми трубками и серийно-выпускаемым АДУ-1 был построен график зависимости интенсивности выдаивания $Q_{\text{выд}}$ от времени выдаивания $t_{\text{выд}}$ (рис. 6).

Таблица 3

Показатели результатов исследования доильных аппаратов в производственных условиях.

№ п/п	Наименование параметра	Тип доильного аппарата	
		Доильный аппарат с четырёхступенчатыми сосковыми трубками	АДУ-1
1	Пиковая интенсивность выдаивания, л/мин	3,250	2,580
2	Время до пикового значения интенсивности молокоотдачи, с	50	50
3	Временной удой, л:		
	за 1 минуту	2,970	2,353
	за 3 минуты	7,132	6,654
4	Разовый удой, л.	7,695	7,236
5	Продолжительность доения, с	207	230
6	Средняя интенсивность выдаивания, л/мин	2,112	1,677
7	Ручной додой, л	0,118	0,210
8	Полнота выдаивания, %	98,4	97,1

Рис. 6. График интенсивности выдаивания $Q_{\text{выд}}$ от времени выдаивания $t_{\text{выд}}$: 1 – серийного АДУ-1; 2 – доильного аппарата с четырёхступенчатыми сосковыми трубками

Установлено, что доильный аппарат с четырёхступенчатыми сосковыми трубками по результатам исследований в производственных условиях обладает более высокой пиковой интенсивностью выдаивания

равной $Q_{\text{выд.4}}^{\text{max}} = 3,250$ л/мин, в сравнении с серийным выпускаемым АДУ-1, у которого этот же показатель равен $Q_{\text{выд.АДУ-1}}^{\text{max}} = 2,580$ л/мин, что в процентном соотношении на 20 % выше. Кроме того, обеспечивается более

полное выдаивание в единицу времени (за одну и три мин.), что, следовательно, уменьшило и общий показатель продолжительности доения с 230 до 207 соответственно для серийно-выпускаемого АДУ-1 и для доильного аппарата с четырехступенчатыми сосковыми трубками. В виду этого выше и показатель средней интенсивности выдаивания, который для доильного аппарата с четырехступенчатыми сосковыми трубками равен 2,112 л/мин, а для серийного выпускаемого АДУ-1 соответственно 1,677 л/мин, что больше на 20,6 %. При этом полнота выдаивания составила 98,4 % и 97,1 % соответственно для доильного аппарата с четырехступенчатыми сосковыми трубками и для серийно-выпускаемого АДУ-

1, что больше на 1,3 %, а количество остаточного молока не превышает требований.

Заключение

Анализ результатов теоретических и экспериментальных данных установил, что расхождения пиковой интенсивности выдаивания молока доильным аппаратом с четырехступенчатыми сосковыми трубками не превышает 7,6 % – для сравнения результатов теоретических исследований и в лабораторных условиях, 6,5 % – для сравнения результатов исследований в лабораторных и производственных условиях и 1,2 % – для сравнения результатов теоретических исследований и в производственных условиях.

Литература

1. Асыка А.В. Доильный аппарат с управляемым режимом доения. Материалы. Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе: национальная научно-практическая конференция, посвященной 40-летию Белгородского ГАУ. Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2019, с. 116-122.
2. Ульянов В.М., Хрипин В.А., Панферов Н.С., Бубнов Н.В., Хрипин А.А. Доильный аппарат для высокопродуктивных. Сельский механизатор, 2018, № 2, с. 22-23.
3. Забродина О.Б. Доильный аппарат как объект управления. Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2001. № 11, с. 10-11.
4. Ужик В.Ф., Прокофьев В.В. Доильный аппарат с четырехкамерным пульсоколлектором. Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы: материалы XXII международной научно-производственной конференции. Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2018, с. 248-251.
5. Пат. РФ № 2621015 С. Доильный аппарат. В.Ф. Ужик А.И., Тетерядченко, О.В. Ужик, Д.О. Кутовой. Заявка № 2015150676 от 25.11.2015. опубл. 30.05.2017.
6. Ульянов В.М., Бубнов Н.В., Бунов В.С., Шувалов Е.А. Двухтактный доильный аппарат. Техническое обеспечение сельского хозяйства, 2019, № 1 (1), с. 114-119.
7. Шулятьев В.Н., Конопельцев И.Г., Рылов А.А., Сурков С.В. Усовершенствованный доильный аппарат. Техника в сельском хозяйстве, 2006, № 6, с. 12-14.
8. Ульянов В.М., Хрипин В.А., Мяснянкина М.Н. Доильный аппарат с изменяющимся центром масс. Сельский механизатор, 2011, № 5, с. 28-29.
9. Щукин С.И., Петров И.Е. Экспериментальный доильный аппарат. Вестник НГИЭИ, 2011, т. 2, № 5 (6), с. 12-19.
10. Ужик В.Ф., Кокарев П.Ю. Выжимающий доильный аппарат для коров. Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства, 2013, № 3 (11), с. 67-70.
11. Винников И.К., Пахомов Ю.В. Универсальный автоматизированный доильный аппарат. Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2011, № 8, с. 30-31.
12. Подолько Н.М. Доильный аппарат с функциональным регулятором режимов доения. Дальневосточный аграрный вестник, 2012, № 1 (21), с. 21-23.
13. Соловьева О.И. Низковакуумный доильный аппарат для раздоя коров-первотелок. Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2011, № 4, с. 10-11.
14. Ужик В.Ф., Кокарев П.Ю. Доильный аппарат выжимающего принципа действия. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, 2013, № 132, с. 24-30.
15. Ужик О.В. Безвредный доильный аппарат для коров. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів, 2014, № 1 (1), с. 46-54.
16. Ужик В.Ф., Чехунов О.А., Мартынов Е.А., Асыка А.В. Однокамерный доильный стакан. Сельский механизатор, 2019, № 12, с. 24-25.

17. Крупенин П.Ю., Гупало Д.К. Методика расчета конструктивных параметров четырех-камерного коллектора доильного аппарата. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, 2019, № 4, с. 153-159.

18. Гаджиев А.М. Зависимость молокоотдачи коров от формирования технологических групп и управления технологическими процессами при разных способах содержания на крупных молочных комплексах. Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства, 2018, № 2 (30), с. 150-158.

19. Яшин А.В., Поливяный Ю.В. Гидравлическое моделирование маслоизготовителя периодического действия с гибким виброприводом. Роль вузовской науки в решении проблем АПК: сборник статей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Г.Б. Гальдина. Пензенский ГАУ, 2018, с. 266-271.

20. Yashin A.V., Semov I.N., Polyvyanyj Yu.V., Machnev A.V., Khorev P.N., Mishanin A.L. The results of studies of the milking machine with stepped nipple tubes. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2018, т. 9, № 6, с. 1446-1449.

UDC 637.116.2

DOI 10.36461/NP.2020.56.3.008

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF A MILKING MACHINE WITH STEPPED TEAT TUBES

*A.V. Yashin, Candidate of Technical Science, assistant-professor;
Yu.V. Polyvyanyj, Candidate of Technical Science*

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Penza State Agrarian University", Penza, Russia, phone +79022099691, e-mail: yashin.a.v@pgau.ru

The main task of dairy cattle breeding is to further increase the rate of milk production based on an increase in the milk yield of cows. The most important reserve for the growth of milk productivity is the use of milking equipment that best meets the physiology of animals, as well as its correct selection and operation. An analysis of the designs of existing milking machines showed that one of the main disadvantages is their extremely severe effect on the teat receptors and, accordingly, inhibition of the milk flow reflex, which leads to a decrease in one-time milk yield and intensity of milking of a cow, thereby reducing milk yield. One of the points of the State Program of the Russian Federation "Development of agriculture and regulation of markets of agricultural products, raw materials and food for 2013-2020" is the technical and technological modernization of the agro-industrial complex, without which, it is impossible to fully ensure import substitution with competitive products and increase the economic security of the country. Therefore, the development of a milking machine with stepped teat tubes, which contributes to an increase in the intensity of milking, is relevant and has an important national economic significance.

Keywords: milk, milk flow, milking machine, teat tube

References

1. Asyka A.V. A milking machine with controlled milking mode. Materials. Actual Problems of Development, Operation, and Technical Service of Machines in the Agro-industrial Complex: a national scientific and practical conference dedicated to the 40th anniversary of the Belgorod State Agrarian University. Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 2019, p. 116-122.

2. Ulyanov V.M., Khripin V.A., Panferov N.S., Bubnov N.V., Khripin A.A. Milking machine for highly productive. Selskiy Mechanizator, 2018, № 2, p. 22-23.

3. Zabrodina O.B. Milking machine as a control object. Mekhanizatsiya i Elektrifikatsiya Selskogo Hozyajstva, 2001. № 11, p. 10-11.

4. Uzhik V.F., Prokofiev V.V. A milking machine with a four-chamber pulse collector. Organic Agriculture: Problems and Prospects: materials of the XXII international scientific and industrial conference. Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 2018, p. 248-251.

5. RF patent № 2621015 C. Milking machine. V.F. Uzhik A.I., Teteryadchenko, O.V. Uzhik, D.O. Kutovoy. Application No. 2015150676 dated November 25, 2015. publ. 05/30/2017.

6. Ulyanov V.M., Bubnov N.V., Bunov V.S., Shuvalov E.A. A two-cycle milking machine. Tekhnicheskoe Obespechenie Selskogo Hozyajstva, 2019, № 1 (1), p. 114-119.

7. Shulyatjev V.N., Konopeltsev I.G., Rylov A.A., Surkov S.V. An improved milking machine. *Tekhnika v Selskom Hozyajstve*, 2006, № 6, p. 12-14.
8. Ulyanov V.M., Khripin V.A., Myasnyankina M.N. A milking machine with a variable center of mass. *Selskiy Mechanizator*, 2011, № 5, p. 28-29.
9. Shchukin S.I., Petrov I.E. An experimental milking machine. *Bulletin NGIEI*, 2011, v. 2, № 5 (6), p. 12-19.
10. Uzhik V.F., Kokarev P.Yu. A squeezing milking machine for cows. *Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Livestock Mechanization*, 2013, № 3 (11), p. 67-70.
11. Vinnikov I.K., Pakhomov Yu.V. A universal automated milking machine. *Mekhanizatsiya i Elektrifikatsiya Selskogo Hozyajstva*, 2011, № 8, p. 30-31.
12. Podolko N.M. A milking machine with functional regulator of milking modes. *Agricultural Journal in the Far East Federal District*, 2012, № 1 (21), p. 21-23.
13. Soloviyova O.I. A low-vacuum milking machine for first-calf heifers. *Mekhanizatsiya i Elektrifikatsiya Selskogo Hozyajstva*, 2011, № 4, p. 10-11.
14. Uzhik V.F., Kokarev P.Yu. A milking machine of the squeezing principle of action. *Bulletin of the Kharkiv National Technical University of the State University of the USSR named after Peter Vasilenko*, 2013, № 132, p. 24-30.
15. Uzhik O.V. A harmless milking machine for cows. *Technical service of the agro-industrial, foil and transport complex*, 2014, № 1 (1), p. 46-54.
16. Uzhik V.F., Chekhunov O.A., Martynov E.A., Asyka A.V. A single chamber teat cup. *Selskiy Mechanizator*, 2019, № 12, p. 24-25.
17. Krupenin P.Yu., Gupalo D.K. A method for calculating design parameters of a four-chamber milking machine collector. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2019, № 4, p. 153-159.
18. Gadzhiev A.M. Dependence of milk yield of cows on the formation of technological groups and the control of technological processes with different methods of keeping at large dairy complexes. *Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Livestock Mechanization*, 2018, № 2 (30), p. 150-158.
19. Yashin A.V., Polyvyanyj Yu.V. Hydraulic modeling of a batch-type oil maker with a flexible vibration drive. *The Role of University Science in Solving the Problems of the Agro-industrial Complex: a collection of articles from the All-Russian (national) scientific-practical conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Professor G.B. Galdin*. Penza SAU, 2018, p. 266-271.
20. Yashin A.V., Semov I.N., Polyvyanyj Yu.V., Machnev A.V., Khorev P.N., Mishanin A.L. The results of studies of the milking machine with stepped nipple tubes. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2018, v. 9, № 6, p. 1446-1449.