

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ДОИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

В статье изложена методика по обоснованию и созданию конструкции испытательного стенда для доильных аппаратов. Стенд способен адекватно воспроизводить физиологические, морфологические и анатомические свойства лактирующего животного. Результаты лабораторных испытаний показали, что для высокоудойных коров наиболее пригоден доильный аппарат «Нурлат», т. к. имеет более высокую отсасывающую способность при одинаковой величине вакуума в подсосковом пространстве доильных стаканов.

Создание доильного аппарата и его модернизация – важный этап решения проблемы эффективного выведения молока из вымени коровы. При этом главным является процесс испытания, который служит промежуточным звеном между разработкой и использованием доильного оборудования. Именно здесь решается вопрос, насколько эффективен новый образец, а следовательно, его дальнейшее применение или отстранение от производства. В связи с этим возникают следующие проблемы [1]. Создание принципиально новой или модернизация конструкции доильного аппарата, технические и технологические параметры которого полностью бы соответствовали физиологии животного. Выбор из уже разработанного и созданного на сегодняшний день доильного оборудования оптимальной конструкции доильного аппарата, наиболее полно (поскольку идеальный вариант практически невозможен) удовлетворяющей предъявляемым требованиям [2].

На основании проведенных исследований выяснили, что перспективным является испытание доильных аппаратов в лабораторных условиях на специальном оборудовании. Стендовая технология физиологической оценки доильного оборудования значительно упрощает и ускоряет проведение необходимого объема работ в этой области.

В основу разработки стенда для испытания доильных аппаратов легли кривые интенсивности молокоотдачи и их математическое описание, полученные С.А. Соловьевым и А.В. Аксеновым [3]. Уравнения кривых интенсивности молокоотдачи, согласно разделению коров молочного стада на три технологические группы, соответственно имеют вид:

для группы №1

$$Q = 2,4 + 4,75 \cdot t - 3,73 \cdot t^2 - 0,63 \cdot t^3$$

для группы №2

$$Q = -0,77 + 6,28 \cdot t - 2,82 \cdot t^2 + 0,33 \cdot t^3$$

для группы №3

$$Q = 0,38 + 3,2 \cdot t - 1,29 \cdot t^2 + 0,13 \cdot t^3,$$

где Q_n – интенсивность молокоотдачи соответствующей группы коров, t – время доения.

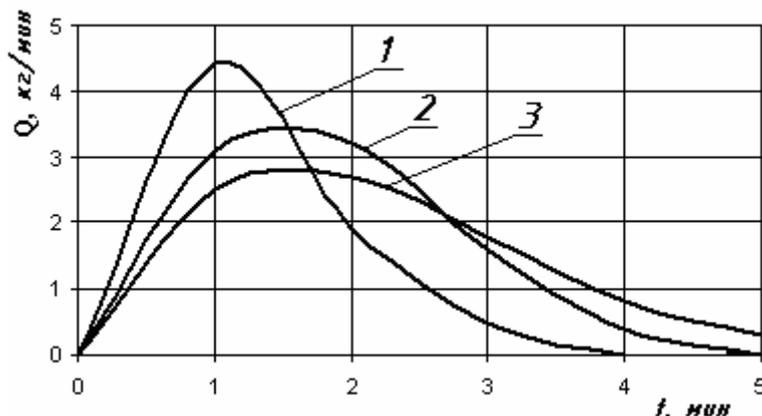
Графическое представление кривых интенсивности молокоотдачи показывает, что полученные уравнения достаточно точно описывают кривые интенсивности молокоотдачи выявленных технологических групп (рис. 1).

При разработке конструкции стенда для испытания доильных аппаратов были поставлены и решены следующие задачи:

- имитация внутривыменного давления;
- имитация различной интенсивности молокоотдачи;
- регистрация параметров, характеризующих процесс молоковыведения;
- имитация упругости сосков вымени;
- имитация состояния кожного покрова сосков вымени.

Предлагаемая конструкция стенда была спроектирована на основе имеющегося оборудования и способа проектирования исполнительных механизмов [4; 5; 6; 7; 8].

На рис. 2 изображена структурная схема стенда для испытания доильных аппаратов [9]. Стенд содержит раму 1, емкость с имитатором молока 2, заливную горловину 3, насос малой производительности 4, электродвигатель 5, реле времени 6, кнопку управления 7, трубопровод подачи 8,



1 – для коров первой технологической группы,
2 – для коров второй технологической группы,
3 – для коров третьей технологической группы.

Рисунок 1. Графики зависимости интенсивности молокоотдачи от времени доения.

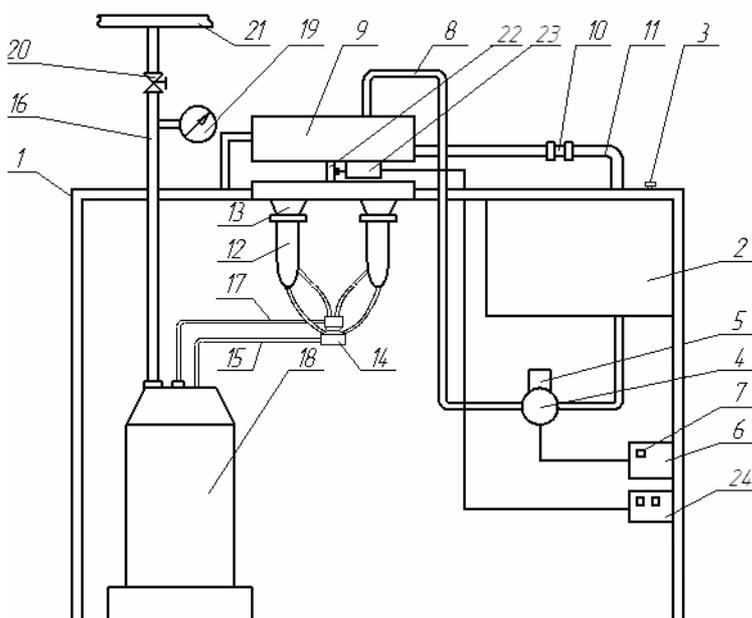


Рисунок 2. Технологическая схема стенда.

имитатор вымени 9, регулируемый перепускной клапан 10, обратный трубопровод 11, доильные стаканы 12, искусственные соски 13, коллектор 14, молочный шланг 15, вакуумный шланг 16, 17, доильное ведро 18, манометр 19, кран перекрытия 20, вакуум-провод 21, кран для подачи жидкости 22, мотор-редуктор 23, пульт управления мотор-редуктором 24.

Стенд работает следующим образом. Перед проведением испытаний через горловину

3 заливают имитатор молока в емкость 2, затем на искусственные соски 13 надевают доильные стаканы 12 испытываемого доильного аппарата. Открывая кран 20, соединяют вакуум-провод 21 с вакуумными шлангами 16 и 17. Величина вакуумметрического давления при этом отслеживается по манометру 19. Открытие крана 20 необходимо производить после создания необходимого внутривыменного давления, т. е. после подключения насоса 4, в момент срабатывания перепускного клапана 10 или по истечении определенного промежутка времени, достаточного для заполнения имитатора вымени 9 имитатором молока.

Нажатием кнопки управления 7, находящейся на реле времени 6, происходит включение электродвигателя 5, для привода в работу насоса малой производительности 4, который перекачивает имитатор молока из емкости 2 по трубопроводу подачи 8 в имитатор вымени 9, в котором создается внутривыменное давление. Величина внутривыменного давления будет поддерживаться на заданном уровне за счет регулирования перепускного клапана 10. При достижении величины давления, превышающего заданное значение, срабатывает регулируемый перепускной клапан 10, и жид-

кость через обратный трубопровод 11 сливается в емкость 2. Включением мотор-редуктора 23 с помощью пульта управления 24 происходит открытие крана для подачи жидкости 22. Управляя работой мотор-редуктора 23, регулируем количество поступающей жидкости в искусственные соски 13. Под воздействием вакуумметрического давления в полости эластичных насадок создается разрежение, которое через дросселирующие каналы также воздействует на шарик, который

под действием двух сил (вакуума и давления имитатора молока) перемещается вниз, преодолевая жесткость пружины.

Имитатор молока проходит через дросселирующие каналы, попадает в полости эластичных насадок, откуда эвакуируется через канал, доильные стаканы 12, коллектор 14 и молочный шланг 15 в доильное ведро 18.

Сравнение характеристик молокоотдачи, получаемых экспериментальным путем, и теоретических кривых с учетом постоянства факторов, оказывающих влияние на процесс молокоотдачи, позволяет охарактеризовать эффективность работы испытываемого доильного аппарата. Оценочным показателем является критерий согласия А.Н. Колмогорова [10].

Основными имитационными блоками стенда являются блок имитации интенсивности молокоотдачи и блок имитации внутривыменного давления.

В основу разработки блока имитации интенсивности молокоотдачи были взяты теоретические кривые молокоотдачи трех групп коров. В качестве технического решения имитации интенсивности молокоотдачи нами предлагается использовать кран для перепуска жидкости, заблокированный с мотор-редуктором.

Совместная работа мотор-редуктора и крана позволяет имитировать кривую интенсивности молокоотдачи данной группы коров. К блоку имитации интенсивности молокоотдачи (рис. 3) относятся имитатор вымени 1, кран для подачи жидкости 2, мотор-редуктор 3, пульт управления 4, искусственные соски 5.

В основу имитации тонуса сфинктера соска были положены исследования Т.К. Городецкой и У.Г. Уиттлстоуна, согласно которым минимальный вакуум для слабодойных коров составляет 6...10 кПа, а для тугодойных – 26...33 кПа [11; 12].

В качестве технического решения имитации тугодойности животных нами был разработан искусственный сосок (рис. 4). Сосок состоит из корпуса 1, в котором находится дросселирующий канал 4, шарика 2, пружины 3, регулирующего винта 5, эластичной насадки 6, имитатора упругости 7.

За счет регулировки жесткости пружины 3 клапан 2 открывается на разную величину.

Регулировка пружины 3 осуществляется за счет перемещения винта 5. Регулировка жесткости пружины 3 позволяет имитировать тугодойность трех групп коров: слабой тугодойности, средней и тугодойной. Необходимая величина вакуума для открытия клапана соответственно составляет 6 кПа, 15 кПа, 26 кПа.

Эластичная насадка 6 выполнена сменной, поэтому применение насадок с различными фрикционными свойствами позволяет имитировать заданную величину шероховатости сосков. Одновременно с этим замена

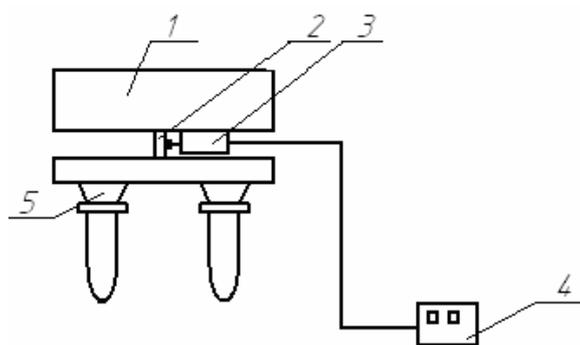


Рисунок 3. Схема блока имитации интенсивности молокоотдачи.

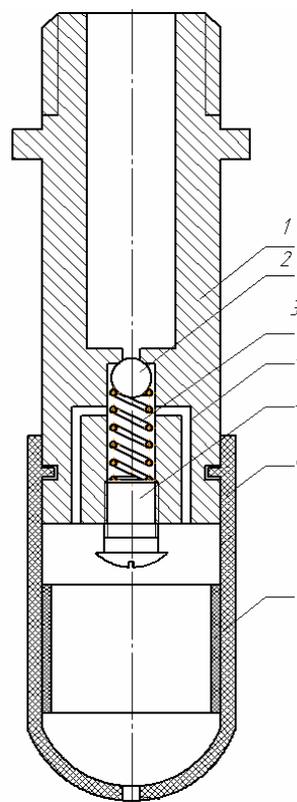


Рисунок 4. Искусственный сосок вымени.

имитаторов упругости 7 позволяет имитировать упругость соска различных животных, а изменяемая площадь имитаторов упругости 7 реализует истинную площадь контакта соска с сосковой резиной в процессе выведения молока, т. е. непосредственном контакте во время доения животного.

При разработке блока имитации внутривыменного давления, согласно исследованиям Э.А. Келписа [13] и Л.П. Карташова [14], моделировались два режима: изменение внутривыменного давления при доении двухтактным доильным аппаратом (режим №1), а также изменение внутривыменного давления в катетеризованной четверти при доении остальных четвертей этим же аппаратом (режим №2), (рис. 5).

Второй режим работы стенда обеспечивает имитацию практически всех возможных вариантов реальных процессов изменения внутривыменного давления.

В блок имитации внутривыменного давления (рис. 6) входит емкость с имитатором молока 1, электродвигатель 2, насос малой производительности 3, трубопровод подачи 4, имитатор вымени 5, искусственные соски 6, регулируемый перепускной клапан 7, обратный трубопровод 8, манометр 9.

Имитация внутривыменного давления происходит следующим образом. Подается напряжение на электродвигатель 2, насос малой производительности 3 начинает перекачивать имитатор молока в имитатор вымени 5 по трубопроводу подачи 4. В имитаторе вымени 5 создается давление, которое отслежи-

вается по манометру 9. Создаваемое давление начинает воздействовать на регулируемый перепускной клапан 7, который в свою очередь настроен на величину открытия, превышающую 3 кПа, что соответствует внутривыменному давлению перед началом дойки. После включения вакуумного насоса и надевания доильных стаканов повышают обороты электродвигателя 2, тем самым увеличивая производительность насоса 3.

При имитации кривой изменения внутривыменного давления второго режима на отрезке Б – В (рис. 5) электродвигатель 2 постепенно увеличивает обороты до максимальных, повышая тем самым производительность насоса 3, который в этот момент создает максимальное внутривыменное давление (7 кПа). Создаваемое внутривыменное давление ограничивается максимальной величиной 7 кПа за счет регулирования перепускного клапана 7.

Имитация спадающей ветви кривой (отрезок В – Г) достигается за счет уменьшения оборотов электродвигателя 2 и, как следствие снижения производительности насоса 3. Производительность насоса 3 и величина срабатывания перепускного клапана 7 настраиваются так, чтобы давление составляло 5,5–6 кПа, что соответствует концу доения.

Изменяя обороты электродвигателя 2 и регулируя величину срабатывания перепускного клапана, можно имитировать различное давление, соответствующее характерным точкам любой кривой изменения внутривыменного давления, и исследовать его влияние на эффективность работы доильного аппарата.

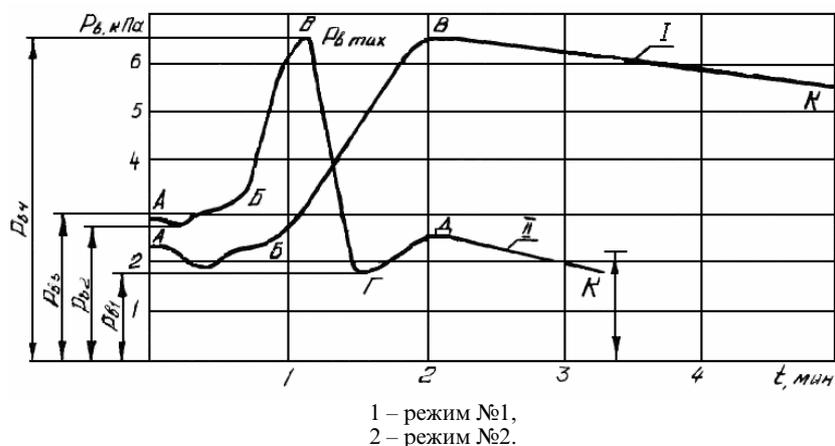


Рисунок 5. Изменение внутривыменного давления в процессе доения.

Таблица 1. Опытные данные интенсивности молоковыведения

Марка доильного аппарата	Параметры настройки станда			Интенсивность молоковыведения, G кг/мин
	P ₁ , кПа	P ₂ , кПа	G ₁ , кг/мин	
АДУ-1-01	7	50	2,8	2,12
Волга	7	50	2,8	2,01
Нурлат	7	50	2,8	2,74

Отличительная особенность предлагаемого станда – наиболее полная имитация анатомических и физиологических параметров вымени и свойств молокоотдачи животного.

С помощью разработанного станда на кафедре «Механизация животноводства» Оренбургского ГАУ были проведены лабораторные эксперименты по определению влияния тугодойности, внутривыменного давления и величины вакуума в доильном аппарате на интенсивность молоковыведения. Эксперимент проводился с тремя доильными аппаратами: АДУ-1-01, «Волга» и «Нурлат». Результаты опытов обработали на компьютере с помощью специальных программ. В результате были получены следующие уравнения регрессии:

для АДУ-1-01

$$G = 1,99P_1 - 0,36P_2 + 0,16G_1 - 0,35P_1^2 + 0,01P_2^2 + 0,02G_1^3 - 0,00007P_2^3 + 0,003P_1^3;$$

для «Волги»

$$G = -0,16P_2 + 0,14G_1 + 0,11P_1^2 + 0,005P_2^2 - 0,01P_1^3 - 0,00004P_2^3 + 0,003G_1^3;$$

для «Нурлата»

$$G = 53,75 + 0,45P_1 - 3,17P_2 + 0,06P_2^2 + 0,05G_1^2 - 0,0004P_2^3;$$

где G – интенсивность молоковыведения, кг/мин; P₁ – внутривыменное давление, кПа; P₂ – вакуумметрическое давление в аппарате, кПа; G₁ – тугодойность, кг/мин.

Подставляя в полученные уравнения одинаковые значения входящих параметров (P₁, P₂, G₁) и проделав необходимые математические преобразования, вычислили величины интенсивности молокоотдачи испытуемых доильных аппаратов. Результаты приведены в таблице 1.

Анализ результатов расчета (табл. 1) показывает, что максимальную интенсивность молоковыведения имеет аппарат «Нурлат». Следовательно, для высокоудойных коров первой технологической группы (рис. 1) наи-

более приемлемым является доильный аппарат «Нурлат». Для второй технологической группы – АДУ-1-01, третьей технологической группы – «Волга».

Максимальная отсасывающая способность доильного аппарата характеризует технические возможности конструкции при отсутствии гидравлических сопротивлений или при их минимальном значении.

Выполнение последнего положения возможно при подаче жидкости к доильному аппарату в избытке. При проведении испытаний на станде этого можно достичь благодаря блоку имитации интенсивности молокоотдачи и блоку имитации сфинктера соска.

На отсасывающую способность доильного аппарата, безусловно, влияет и величина вакуумметрического давления. Поэтому исследования проводились в зависимости от изменения величины вакуумметрического давления. Результаты экспериментов приведены на рис. 7.

В результате выяснилось, что отсасывающая способность доильного аппарата «Нурлат» возрастает (рис. 7) от 7,4 кг/мин до 9,7 кг/мин в диапазоне изменения величины вакуумметрического давления 25...45 кПа. Увеличение величины вакуума свыше 50 кПа фактически не приводит к увеличению отсасывающей способности доильного аппарата.

Таким образом, мы установили, что при работе вакуумметрическое давление нецелесообразно повышать более 50 кПа. Увеличивая или уменьшая величину вакуума в процессе доения, можно получить различную скорость истечения молока, в том числе за счет нанесения вреда организму животного.

Для подтверждения или опровержения полученных результатов были проведены производственные испытания доильных аппаратов на коровах-аналогах с изменением величины вакуума при доении так же, как и на

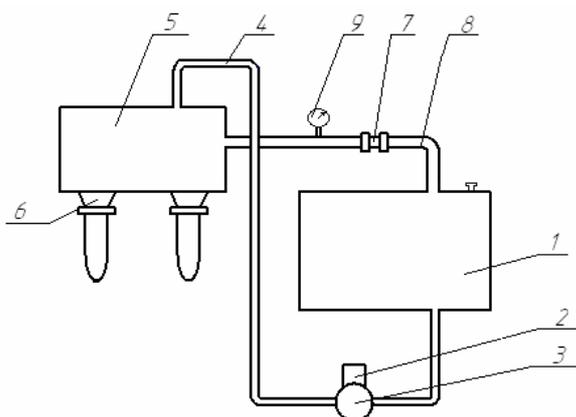


Рисунок 6. Схема блока имитации внутривыменного давления.

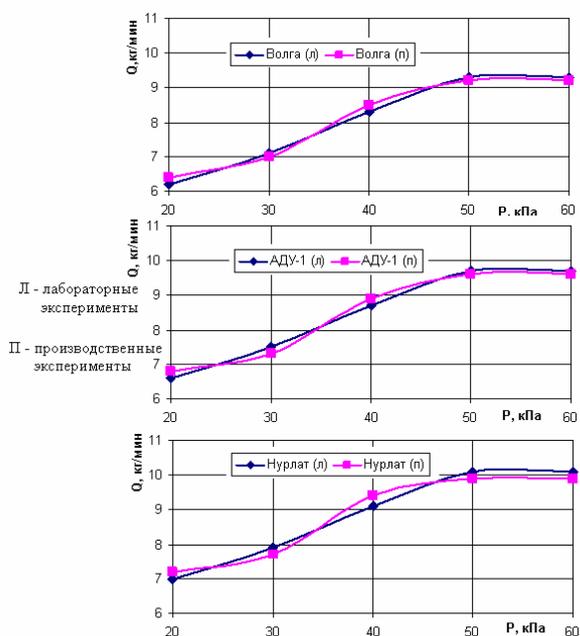


Рисунок 7. Зависимость максимальной отсасывающей способности доильных аппаратов от величины вакуума.

испытательном стенде. На основании полученных данных построили график (рис. 7). Применяя критерий согласия А.Н. Колмогорова, вычислили расхождения между значениями кривых отсасывающей способности доильных аппаратов при испытании на стенде и коровах-аналогах, погрешность не превышает 5%, что является допустимым. Полученные данные подтверждают результаты лабораторных испытаний.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- максимальная величина вакуумметрического давления при доении не должна превышать 50 кПа;
- минимальная величина вакуумметрического давления должна быть не менее 30 кПа, т. к. при меньших значениях происходит спадание доильных стаканов, чрезмерное скольжение доильных стаканов по соскам и возникает неприемлемо медленное доение;
- разница опытных и экспериментальных данных не превышает 5%, значит, стенд адекватно воспроизводит анатомические, физиологические и морфологические особенности лактирующих животных, т. е. время молокоотдачи, интенсивность молокоотдачи, особенности кожного покрова соска и упругость, внутривыменное давление, и способен регистрировать параметры молоковыведения;
- адекватное воспроизведение особенностей лактирующих животных доказывает правильность технических решений при конструировании стенда.

Список использованной литературы:

1. Фененко А.И., Москаленко С.П., Лищинский С.П., Миропольский А.М., Черноног Г.Г. Методика исследования доильных аппаратов // Труды ОСХИ. Сборник. Оренбург, 1987, с. 57–66.
2. Соловьев С.А. Методика ускоренных испытаний доильных аппаратов. ОСХИ. – Оренбург. ПМГ ВНИИМС 1991. – 1–5 с.
3. Аксенов А.В. Разработка стимулирующего доильного аппарата, обоснование его рабочих параметров и методики испытаний: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Оренбург., 1988 – 186 с.
4. Патент №2113113 Россия; (С1) М. Кл. 6 А 01 j 7/00 Стенд для испытания доильных аппаратов. Соловьев С.А., Шахов В.А., Асманкин Е.М.; Заявлено 09.08.1996 г.; Опубликовано 20.06.1998 г. Бюл. №17.
5. Патент №2120745 Россия; (С1) М. Кл. 6 А 01 j 7/00 Стенд для испытания доильных аппаратов. Соловьев С.А., Шахов В.А., Асманкин Е.М.; Заявлено 09.08.1996 г.; Опубликовано 27.10.1998 г. Бюл. №17.
6. Патент №2131183 Россия; (С1) М. Кл. 6 А 01 j 7/00 Стенд для испытания доильных аппаратов. Соловьев С.А., Шахов В.А., Асманкин Е.М.; Заявлено 09.08.1996 г.; Опубликовано 10.06.1999 г. Бюл. №16.
7. Патент №2131184 Россия; (С1) М. Кл. 6 А 01 j 7/00 Универсальный стенд для испытания доильных аппаратов. Соловьев С.А., Шахов В.А., Асманкин Е.М., Асманкин А.М., Алексеев В.Н.; Заявлено 29.04.1997 г.; Опубликовано 10.06.1999 г. Бюл. №16.
8. Патент №2138157 Россия; (С1) М. Кл. 6 А 01 j 7/00, G 01 В 15/04, G 01 N 23/04 Способ определения параметров и конфигурации конструктивных элементов стенда для испытания доильных аппаратов. Соловьев С.А., Шахов В.А. Асманкин Е.М., Асманкин А.М., Алексеев В.Н.; Заявлено 20.05.1997г.; Опубликовано 27.09.1999г. Бюл.№27.

9. Решение о выдаче патента на изобретение по заявке №2004138386/12 (041730) от 27.12.2004г МПК А01j 7/00. Стенд для испытания доильных аппаратов. Соловьев С.А., Герасименко И.В., Шахов В.А.
10. Рогов В.Е., Чернышев В.П., Шахов В.А. Практикум по основам надежности сельскохозяйственной техники. – Оренбург.: Издательский центр ОГАУ, 2000. – 76с.
11. Городецкая Т. К. «Изменение тонуса сфинктера соска в зависимости от состояния молочной железы у коров» // В сборнике работ по Физиологическим основам кормления, содержания и использования сельскохозяйственных животных. – М.: Труды ВИЖ, 1962. – с.162.
12. Уитгтстоун У.Г. «Принципы машинного доения» – М.: Колос, 1964. – 197с.
13. Келпис Э.А. Научные основы создания доильных установок для ферм промышленного типа: Автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук. – Елгова: Латвийская СХА, 1973. – с. 9.
14. Карташов Л.П. Машинное доение коров. – М.: Колос, 1982. – 300 с.

Статья рекомендована к публикации 28.09.06