

МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, ВИКОНАВЧІ ОРГАНИ ТА МАШИНИ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА

УДК 637.125:637.131

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДОЕНИЯ КОРОВ

А.И. ФЕНЕНКО, д.т.н., проф., лауреат государственной премии Украины в области науки и техники, E-mail: nnc-imesg@ukr.net; тел. +38 050-276-22-29 – Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

РЕЗЮМЕ

Цель исследований. Определить закономерности функционирования звена «машина-животное» биотехнической системы «человек-машина-животное-комфорт-кадры» производства молока.

Результаты. Изложены теоретические и экспериментальные исследования, аналитические модели и режимные характеристики существующих и нового поколения доильных аппаратов. Установлены критерии, обуславливающие адекватный скорости молоковыведения и стимулирующий физиологически надежный процесс функционирования биотехнического звена процесса выведения молока из вымени коров. Приведены результаты исследований и методические основы расчета конструкторско-технологических параметров и режимов работы молоковакуумной системы доильных установок, которые предусматривают сбор молока в индивидуальный молокосорбник, в верхний и нижний молокопровод. Основными параметрами являются потери давления, потоки воздуха и молока, сопротивление движению

двухфазного потока, длина и диаметр трубопроводов молокопроводной линии, параметры новых доильных аппаратов.

Выводы. Разработаны конструкторско-технологические схемы одно – и двухтрубной молоковакуумных систем доильных установок, в основу которых положен способ машинного доения, практическая реализация которого достигнута путем создания доильных аппаратов нового поколения. **Впервые в мировой практике** создан исполнительный механизм-стакан, который обеспечивает равнозначные величины давления в подсосковом и межстенном пространствах в тактах сосания, что оптимизирует режим выведения молока из вымени без машинного додаивания. Определены технико-технологические параметры параметрического ряда установок для доения коров в стойлах и в доильном зале.

Ключевые слова: аппарат доильный, пульсатор, коллектор, пульсоколлектор, дестимулирующий фактор, комплекс машин, человек, молокоотдача, животное.

UDC 637.125:637.131

TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE BIOTECHNOLOGY SYSTEM OF COW

A.I. FENENKO, Doctor of Technical Sciences, Prof., Laureate of the State Prize of Ukraine in field of science and technology, E-mail: nnc-imesg@ukr.net; тел. +38 050-276-22-29 – NATIONAL SCIENTIFIC CENTRE «INSTITUTE FOR AGRICULTURAL ENGINEERING AND ELECTRIFICATION»

SUMMARY

The purpose of research. Determine the patterns of functioning level «machine-animal» biotechnical system of «man-machine-animal-comfort-frames» of milk production.

Results. Sets out the theoretical and experimental research, analytical models and performance characteristics of existing and new generation of milking machines. Established criteria, stipulating adequate speed and lactation stimulant physiologically reliable process operation biotech executives removal

process milk from the udder. The results of research and methodological bases of calculation of design and technological parameters and modes of milk-vacuum system of milking machines, which involve the collection of milk in the individual milk-compilation in the upper and lower milk line. The main parameters are the pressure loss of air and milk flows, the resistance to motion of two-phase flow, the length and diameter of pipes milk-wire line, the new milking machine parameters.

Conclusions. Produced the appropriate design and technological schemes of one – and double pipe systems molokovakuumnih milking machines, which are based on a method of machine milking, the

practical realization of which achieved through the creation of a new generation of milking machines. **For the first time in the world created** by actuating mechanism-glass, which provides equivalent amount of pressure in the under-teat and interspace in ticks sucking that optimizes the mode elimination of milk from the udder without machine dodaivaniya. Define the technical and technological parameters of the parametric settings for a number of milking cows in the stalls and in the parlor.

Key words: milking machine, pulsator, milking cluster, pulsocluster, disincentives, complex machines, people, the milk yield, animal.

УДК 637. 125: 637. 131

ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ДОЇННЯ КОРІВ

А.І. ФЕНЕНКО, д.т.н., проф., лауреат державної премії України в галузі науки і техніки, E-mail: pnc-imesg @ukr.net; тел. +38 050-276-22-29 – Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

РЕЗЮМЕ

Мета досліджень. Визначити закономірності функціонування ланки «машина-тварина» біотехнічної системи «людина-машина-тварина-комфорт-кадри» виробництва молока.

Результати. Викладено теоретичні та експериментальні дослідження, аналітичні моделі і режимні характеристики існуючих і нового покоління доїльних апаратів. Встановлено критерії, що зумовлюють адекватний швидкості молоковидедення і стимулюючий фізіологічно надійний процес функціонування біотехнічної ланки процесу виведення молока з вимені корів. Наведено результати досліджень і методичні основи розрахунку конструкторсько-технологічних параметрів і режимів роботи молоковакуумної системи доїльних установок, які передбачають збір молока в індивідуальний молокозбірник, у верхній і нижній молокопровід. Основними параметрами є втрати тиску, потоки повітря і молока, опір руху

двофазного потоку, довжина і діаметр трубопроводів.

Висновки. Розроблено конструкторсько-технологічні схеми одно – і двотрубною молоковакуумних систем доїльних установок, в основу яких покладено спосіб машинного доїння, практична реалізація якого досягнута шляхом створення доїльних апаратів нового покоління. **Вперше у світовій практиці** створено виконавчий механізм-стакан, який забезпечує рівнозначні величини тиску в піддійковому і міжстінному просторах у тактах смоктання, що оптимізує режим виведення молока з вимені без машинного додоювання. Визначено техніко-технологічні параметри параметричного ряду установок для доїння корів у стійлах і в доїльному залі.

Ключові слова: апарат доїльний, пульсатор, колектор, пульсоколектор, дестимулюючий фактор, комплекс машин, людина, молоковіддача, тварина.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

На период до 2025 года и в дальнейшем техническое переоснащение и развитие молочного животноводства в Украине будет решаться путем стандартизации систем и способов содержания коров, внедрения в производство модульных технологических комплексов, включающих существующие,

реконструированные и новые помещения, машины и оборудование преимущественно отечественного производства для приготовления и раздачи кормов, водоснабжения и поения, доения, первичной обработки, хранения и транспортирования молока, удаления и экологически чистого хранения навоза, приготовления органических удобрений.

Получат распространение стойловая и стойлово-лагерная с использованием и без использования пастбищ системы, привязный и беспривязный способы содержания коров, которые определяют направление развития технических средств, обеспечат механизацию производственных процессов и операций и в том числе наиболее сложного биотехнического механизма «человек–машина–животное–комфорт», которым на ферме является процесс дойки и его составляющее звено – машинное доение.

Основу процесса машинного доения составляет совокупность исполнительных механизмов доильной установки, которые выполняют комплекс влиятельных действий на вымя, выводят и транспортируют молоко в молокосборник, обеспечивая нативные показатели его качества.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ.

Для механизации доения коров применяют двухтактные аппараты различных модификаций преимущественно зарубежного и отечественного производства. Первые зарубежные аппараты Марчленда и Шильдса были запатентованы в Англии в 1889 и 1895 годы. Важный шаг в развитии принципов машинного доения был сделан Харбертом и Парком в 1902 году и австрийцем Джилье в 1903 году. В 1934 году в России Королев, Краснов и Мартюгин создали трехтактный доильный аппарат. В Латвии и Украине на основе длительных исследований были созданы образцы аппаратов ДА-2, АДУ-1 и аппараты ДА-Ф-66 и ДА-Ф-70 для комплектации доильной техники нового поколения.

Наиболее значимые исследования, выполненные в прошлом веке, были направлены преимущественно на совершенствование режимов отдельных звеньев взаимодействия биотехнического звена «машина–животное» процесса доения [1-8].

Доильные аппараты и установки, их параметры и режимы работы, компоновочные схемы молочных и доильно-молочных блоков, параметры комфорта содержания и организация движения коров на современном этапе требуют совершенствования технического, технологического и организационного уровней, чтобы их влияние на организм животных не вызывало стрессовых разд-

ражений и обеспечивало без машинного добавления получение молока высокого качества.

Цель исследований. Повышение эффективности производства молока путем разработки и внедрения безопасных для организма животного, физиологически и технически надежных средств механизации.

Результаты исследований. В современных доильных аппаратах в подсосковом и межстенном пространствах исполнительных механизмов давление в тактах сосания имеет неравнозначные значения [5-8]. На величину отклонений оказывает влияние протяженность, сечение и пространственное размещение трубопроводов молокопроводной и воздухопроводной линий, потоки молока и воздуха. Отклонение определяется зависимостью:

$$\Delta P = (\Delta P_m + \Delta P_{мд}) - (\Delta P_в + \Delta P_{вд}). \quad (1)$$

где $-\Delta P_{мд}$, $\Delta P_{вд}$ – суммарные потери давления на пути движения молока соответственно с подсоскового пространства стакана в молокопровод и воздуха из межстенного пространства в молокосборную камеру или в воздухопровод; $\Delta P_m, \Delta P_в$ – потери давления в линиях молокопровода и воздухопровода.

Режимные характеристики звена «машина–животное» выведения молока из вымени обеспечивают однотрубная и двухтрубная молоковакуумные системы, включающие воздухопроводную и молокопроводную линии, доильные аппараты с исполнительными механизмами-стаканами и источник вакуумметрического давления (рис. 1).

Раскрытие сосковой резины в такте сосания будет оптимальным, если величина и потери давления при такте сосания в молокопроводной и воздухопроводной линиях равны, т.е.:

$$\sum \Delta P_{mLi} = \sum \Delta P_{BLi}, \quad P_{сн} = P_{см}. \quad (2)$$

При условии, когда все элементы молоковакуумной системы поддерживают заданный режим,

$$P_{сн} = P_{мн} + \sum \Delta P_{mLi}$$

$$\text{и } P_{см} = P_n + \sum \Delta P_{BLi}. \quad (3)$$

Если при такте сосания давление в подсосковом и межстенном пространствах стакана доильного аппарата равны, то есть $P_{сп} = P_{см}$, сосковая резина находится в раскрытом свободном состоянии, при $P_{сп} > P_{см}$ в – раскрытом расширенном, а при $P_{сп} < P_{см}$ – в сжатом.

Насыщенность двухфазного потока воздухом в молокопроводе:

$$\varphi = \frac{q_v}{q_{см}} \quad (4)$$

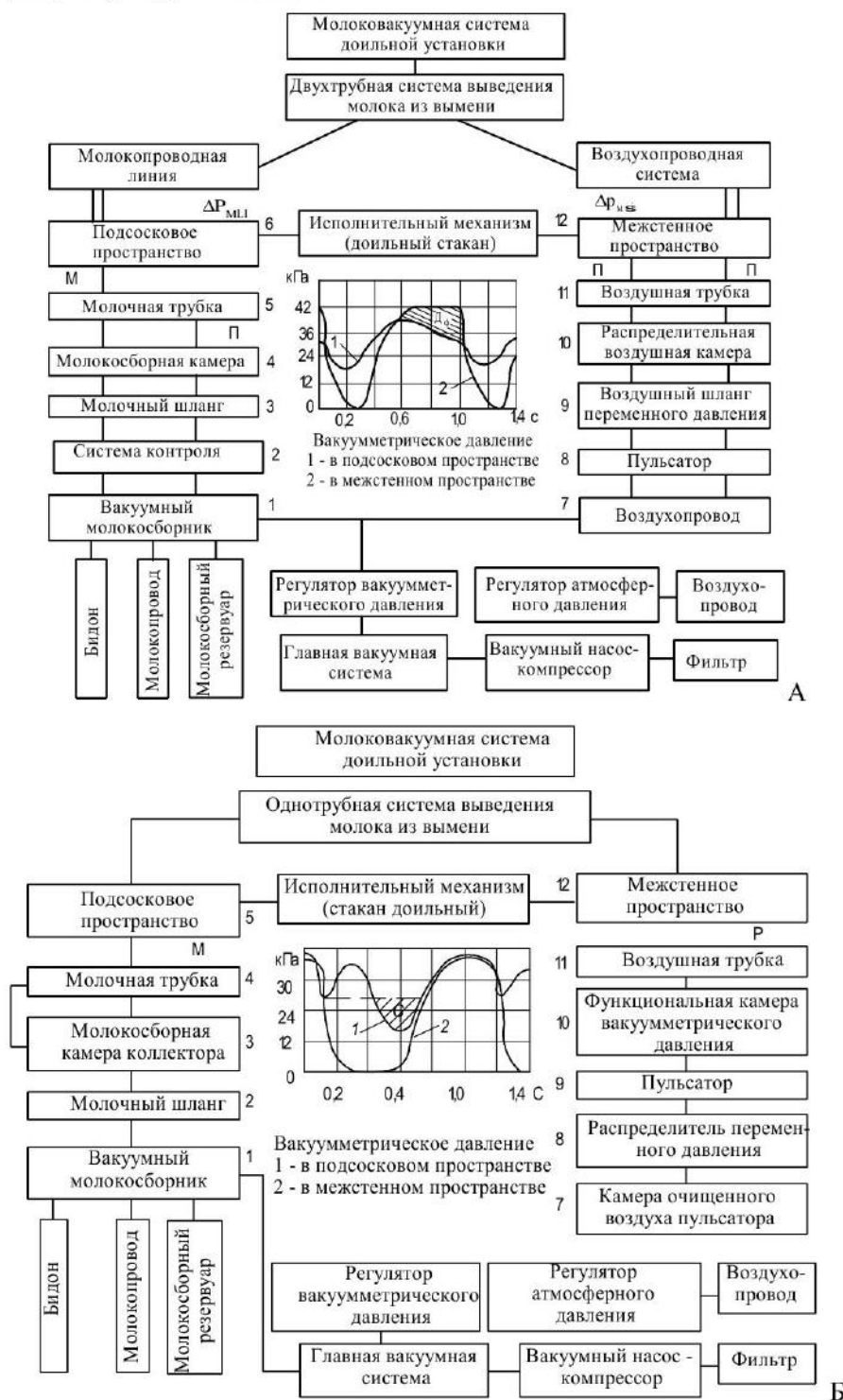


Рис. 1. Функциональные схемы доильных установок: А – с двухтрубной молоковоздушной системой; Б – с однотрубной совмещенной молоковоздушной системой

Fig. 1. Functional scheme of milking machines: A – with double pipe milk air system; B – with single pipe combined milk-air system

Отношение площади сечения, что занимает воздух, к общей площади трубопровода определяет истинную насыщенность двухфазного потока:

$$\beta = \frac{S_1}{S} = \frac{S_1}{S_1 + S_2} \quad (5)$$

При известных расходах воздуха Q_1 и молока Q_2 для определения площади S_1 , которую занимает воздух в сечении S молокопровода, получена зависимость:

$$S_1 = \frac{S}{K_{\phi} + 1}, \quad (6)$$

где K_{ϕ} – критерий двухфазного потока молока и воздуха в молокопроводе доильной установки:

$$K_{\phi} = \frac{Q_2}{Q_1} \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} = \frac{S_2}{S_1}, \quad (7)$$

где ρ_1 и ρ_2 – плотность воздуха и молока, $г/м^3$.

Потери давления в линии молоковоздушного шланга характеризуются уравнением:

$$\left[\frac{\Delta P}{L} \right]_{ш} = \left[\frac{\lambda_{CM}}{d_{ш}} \cdot \frac{q^2_{cm}}{2gS_{ш}^2} \pm \frac{h}{L} \cdot \left(1 - \frac{q^2_{cm}}{gS_{ш}^2 h} \right) \right] \times [\phi \rho_1 + (1 - \phi) \cdot \rho_2] \cdot g, \quad (8)$$

где L – длина шланга, м; h – высота транспортирования молока, м;

$d_{ш}$ – диаметр шланга, м.

Потери давления в совмещенной системе равнозначны для подсоскового и межстенного пространств.

Конструкторские параметры и технологические схемы воздухопровода и молокопровода, определенные положениями ISO, касаются двухтрубных молоковакуумных систем и не дают ответа на вопрос, каким образом стабилизировать режим работы

исполнительных механизмов в совмещенной молоковакуумной системе доильной установки и стимулировать рефлекс молокоотдачи, т.е. существующие международные стандарты доильных установок с одностручными системами не рассматривают, а потому нуждаются в доработке.

Получена аналитическая модель, которая определяет потери давления в молокопроводной линии доильной установки:

$$\Delta P_{Lm} = \sum_{i=1}^n \left[\lambda_{ni} \frac{0.811 Q_i^2}{d_i^5 g} - \sin \alpha_i \left(1 - \frac{1.622 Q_i^2}{d^4 L_{ig}} \right) \right] \times \left[\phi_1 \frac{P_i}{RT} + (1 - \phi_1) \gamma_m \right] L_i, \quad (9)$$

где R – газовая постоянная; T – температура, °К; λ_{ni} – приведенный коэффициент сопротивления

При увеличении потока молока давление в подсосковых пространствах аппаратов растет за счет увеличения скорости молоковоздушного потока. Поэтому перспективным направлением совершенствования доильных аппаратов и установок является создание молокопроводных линий с замкнутым молокопроводным и воздухопроводным контуром.

В двухтрубной системе пульсация потока молока в шланге обуславливается постоянством режима работы пульсатора и длительностью пульса 0,9-1,1 с, которая не зависит от скорости молокоотдачи. Зона пересечения кривых (заштрихованная площадь) соответствует энергии, которая расходуется на расширение сосковой резины и определяет дестабилизирующий фактор D_{ϕ} двухтрубной молоковакуумной системы и дестимулирующий режим вывода молока из вымени (рис. 2, А).

В совмещенной молоковоздушной системе дестабилизирующий фактор отсутствует. Режим работы исполнительного механизма характеризуется наличием стимулирующего фактора C_{ϕ} (рис. 2, Б).

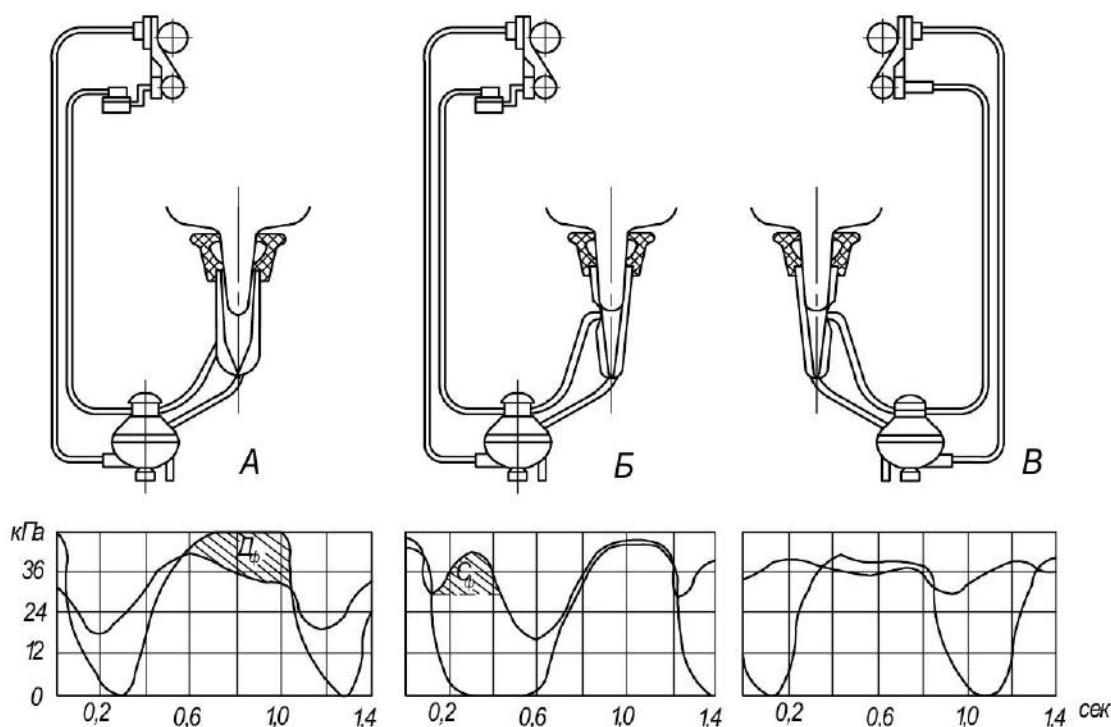


Рис. 2. Динамика изменения вакуумметрического давления $P_{СП}$ в подсосковом и $P_{СМ}$ в межстенном пространстве исполнительного механизма-стакана серийного АДУ-1 (А) и нового ДА-Ф-66 (Б) и ДА-Ф-70 (В) доильных аппаратов

Fig. 2. Dynamics of change of vacuum pressure in the RSP under the teat and the PCM in the interspace of the actuator-cup batch ADU-1 (A) and the new DA-F-66 (B) and DA-F-70 (B) milking machines

Полученные результаты положены в основу способа машинного доения, в котором улучшение процесса выведения молока достигается путем повышения длительности воздействия на барорецепторы сосков стимулирующих раздражений в течение действия максимального давления в молочной железе, когда реализуется рефлекс молокоотдачи [9-12]. Такой режим обеспечивает более благоприятное, а поэтому и более полное выведение молока из вымени, что установлено результатами исследований и испытаний.

Между собой технологическая скорость доения и скорость молокоотдачи связаны общим уравнением доильного аппарата:

$$q_m(t) = q_{\phi}(t) \sum_{i=1}^{i=n} K_i, \quad (10)$$

где $\sum_{i=1}^{i=n} K_i$ – коэффициент, учитывающий реакцию животных на режимные характеристики исполнительного механизма доильного аппарата, физиологические особенности реф-

лекса молокоотдачи, вес подвесной части и другие влияющие факторы [16-20].

В существующих доильных установках натекание воздуха для создания градиента давления, необходимого для транспортировки выведенных из вымени порций молока в молокоборную камеру коллектора, в молокоборный бидон или молокопровод происходит через калиброванный канал обратного клапана молокоборной камеры, через отверстие в верхней части корпуса, или в распределительной камере, которая крепится на корпусе коллектора, с окружающей подвесную часть доильного аппарата среды.

С целью улучшения качества получаемого молока разработаны молокопроводные линии с замкнутым воздушным контуром (рис. 3) [13,14,15].

Исходили из того, что при $\sum K_i = 1$,

конструкционные параметры и режимная характеристика доильного аппарата соответствуют требованиям рефлекса молокоотдачи и обеспечивают полное выведения молока.

Обобщающий суммарный коэффициент, который объединяет все факторы соответствия технико-технологических параметров доильного аппарата и физиологические параметры рефлекса молокоотдачи, определен как:

$$\sum_{s=1}^{i=n} K_i = \frac{q_m}{q_m + q_d + q_p} \quad (11)$$

$\sum K_i = 1$, если молоко, получаемое путем машинного додаивания (q_d) и ручного додаивания (q_p), отсутствует.

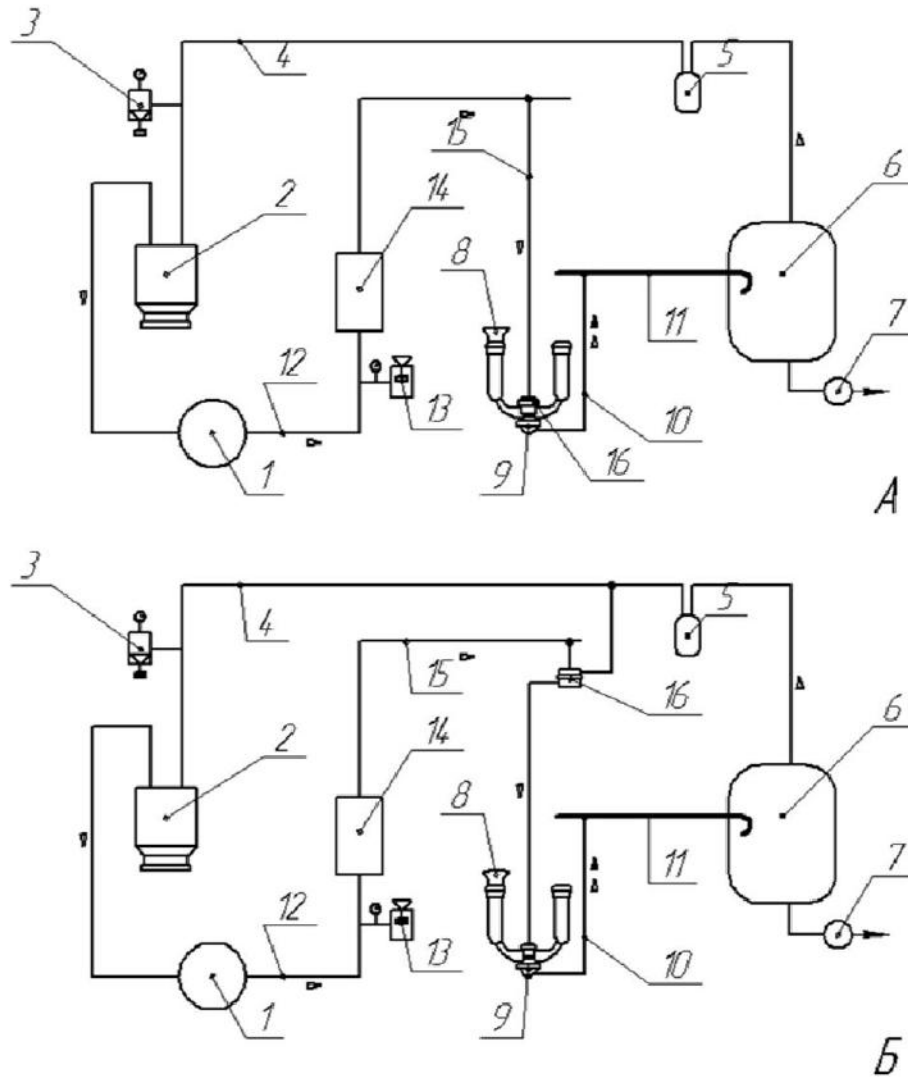


Рис. 3. Конструктивно-технологические схемы доильных установок с замкнутым воздушным контуром: А – с совмещенной молоковоздушной системой; Б – с отдельными воздушной и молоковоздушной системами: 1 – вакуумный насос; 2 – вакуумный баллон; 3 – регулятор; 4 – вакуум-провод; 5 – предохранительный клапан; 6 – молокосорбник; 7 – насос молочный; 8 – вымя коровы; 9 – молокосорбная камера; 10 – шланг двухфазного молоковоздушного потока; 11 – молоковоздухопровод; 12 – воздухопровод выпускной вакуумного насоса; 13 – регулятор; 14 – фильтр воздушного потока; 15 – воздухопровод; 16 – камера переменного давления пульсатора

Fig. 3. Constructional and technological schemes of milking machines with a closed air circuit: А – with a combined milk-air system; Б – with separate air and milk-air systems: 1 – the vacuum pump; 2 – the vacuum cylinder; 3 – control; 4 – vacuum line; 5 – safety valve; 6 – milk-collection; 7 – Pump milk; 8 – cow's udder; 9 – milk-collecting chamber; 10 – a hose of a two-phase milk-air flow; 11 – Milk-air duct; 12 – the air outlet of the vacuum pump; 13 – a regulator; 14 – filter air flow; 15 – the air; 16 – variable pressure chamber pulsator

По данным испытаний, выполненных в Институте животноводства НААН, суммарный коэффициент физиологической надежности для современных двухтактных аппаратов АДУ-1 составляет 0,89-0,94, для аппаратов ДА-Ф-50, ДА-Ф-66, ДА-Ф-70 – 0,96-0,99.

Результаты исследований использованы при разработке конструкции гильзы ДА 66.02.001 стакана с рациональным критическим объемом межстенного пространства 0,05-0,07 дм³. Производство освоено предприятием ГАХК «Артем» (г. Киев) в 1993 году. Новый стакан (рис. 4) положено в основу конструкции новых унифицированных доильных аппаратов ДА-Ф-70.

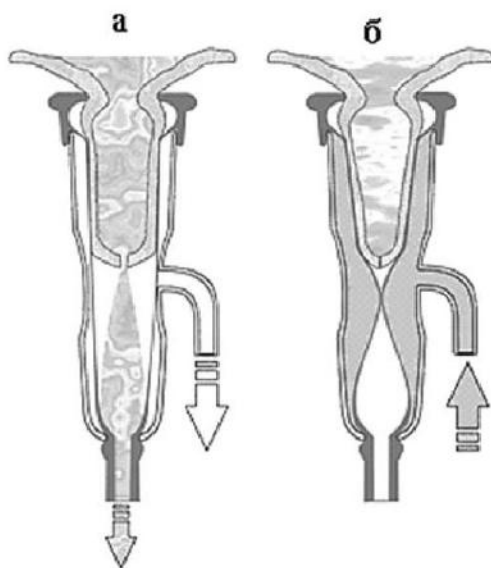


Рис. 4. Конструктивно-технологическая схема исполнительного механизма-стакана доильного аппарата нового поколения:

а – такт сосания; б – такт сжатия

Fig. 4. Constructional and technological scheme of the actuator-cup milking apparatus of a new generation:

a – tact sucking; б – compression stroke

ВЫВОДЫ

Унифицированные доильные аппараты нового поколения обеспечивают энергосберегающий, стимулирующий режим молокоотдачи в процессе доения. Энергозатраты уменьшаются на 28-32%, производительность труда возрастает на 12-18%, продуктивность коров на 4,6-12,1%, жирность молока на 0,05-0,15%. Молоковакуумные системы с замкнутым воздушным контуром исключают натекание воздуха в систему с окружающей среды и

гарантируют получение молока высшего сорта.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Фененко А.І. Доїльна техніка: перспективи розробки і серійного виробництва // Техніка АПК. – 1996. – №1. – С. 6–7.
2. Фененко А.І. Техніко-технологічна концепція розвитку механізації молочного тваринництва // Техніка АПК. – 1997. – № 3. – С. 6–8.
3. Патент Российской Федерации 2056100. Доильный стакан / Фененко А.И., Черноног Г.Г., Андрейчук М.В., Покуль Г.П. // М., опубл. 1996. – Бюл. №8.
4. Патент України 19717. Доїльний стакан / Фененко А.І. та інш. // К., опубл. 25.12.1997, Бюл. №6.
5. Фененко А.І. Режимні характеристики виконавчих механізмів для нового покоління доїльних установок / Зб. наук. пр. Львівського державного аграрного університету. Агроінженерні дослідження. – 1999. – №3. – С. 18-26.
6. Карташов Л.П., Фененко А.І. Стимулюючі та дестимулюючі фактори біотехнічного звена «машина-животне» процесу доєння коров / Міжвід. темат. наук. зб. Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха. – 2009. – Вип. 93. – С. 191-200.
7. Фененко А.І. Технологічні та конструктивні рішення однотрубної і двотрубної молоковакуумної системи для нового покоління доїльних установок / Таврійська державна агротехнічна академія. – Мелітополь: ТДАТА, 2000. – Вип. 1. Т. 18. – С. 194-198.
8. Фененко А.І. Режимні характеристики виконавчих механізмів нового покоління доїльних установок / Міжвід. темат. наук. зб. «Механізація та електрифікація сільського господарства». – Глеваха. – 2001. – Вип. 85. – С. 160-163.
9. Фененко А.І. Техніко-технологічні параметри біотехнічної ланки «машина-тварина» процесу виробництва молока / Молочное дело. – 2008. – № 1. – С. 46 – 49, – № 3. – С. 50-51.
10. Фененко А.І. О дестимулюющем факторе доильного аппарата / Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – № 2. – С. 16 – 18.
11. Адамчук В.В., Фененко А.І. Концептуальные аспекты развития ферм по производству молока / Молочное дело. – 2010. – № 12. – С. 14 – 17.
12. Текучев И.К. Перспективная техника для обеспечения долголетия высокопродуктивных коров. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 4. – С. 17-20.
13. Фененко А.І., Бригас О.В. Конструктивно-технологічна схема доїльної установки з замкнутим повітряним контуром / Міжвід. темат.

наук. зб. «Механізація та електрифікація сільсько-го господарства». – Глеваха, ННЦ «ІМЕСГ». – 2013. – Вип. 97. – С. 544–551.

14. Фененко А.И. Биотехническая система производства молока. Теория и практика. Монография / под ред. акад. НААН В.В. Адамчука – Нежин: Издатель ЧП Лысенко Н.М., 2014. – 192 с.

15. Фененко А.И., Ткач В.В. Техніко-технологічні аспекти розвитку біотехнічних систем виробництва молока / Міжвід. темат. наук. зб. «Механізація та електрифікація сільського господарства». – Глеваха, ННЦ «ІМЕСГ». – 2014. – Вип. 99. Т. 1. – С. 476–485.

16. Оборудование для молочных ферм / Информационный проспект АМАКО. Group of companies // Оборудование для современных комплексов

17. E.J. O'Callaghan and D.E. Gleeson. A note on the effects of teat-end vacuum on milking characteristics / Irish Journal of Agricultural and Food Research 43: 265–269, 2004.

18. R. D. Bade, D. J. Reinemann, M. Zucali, P. L. Ruegg, and P. D. Thompson. Interactions of vacuum, b-phase duration, and liner compression on milk flow rates in dairy cows / J. Dairy Sci. 92:913–921 doi:10.3168/jds.2008-1180 American Dairy Science Association, 2009.

19. E.J. O'Callaghan. Effect of the design of a milking unit on vacuum variations during simulated milking / Irish Journal of Agricultural and Food Research 43: 237–265, 2004.

20. U. Ströbelt, S. Rose-Meierhöfer, H. Öz and other. Analysis and evaluation of the teat-end vacuum condition in different automatic milking system / Irish Journal of Agricultural and Food Research 50:209–211, 2011.

REFERENCES

1. Fenenko A.I. Doyil'na texnika: perspektyvy' rozrobky' i serijnogo vy'robny'cztva // Texnika APK. – 1996. – № 1. – S. 6–7.

2. Fenenko A.I. Texniko-texnologichna koncepciya rozvy'tku mexanizaciyi molochного tvary'nny'cztva // Texnika APK. – 1997. – № 3. – S. 6–8.

3. Patent Rossiyskoy Federatsii 2056100. Doilnyiy stakan / Fenenko A.I., Chernonog G.G., Andreychuk M.V., Pokul G.P. // M., Opubl. 1996. – Byul. № 8.

4. Patent Ukrayiny' 19717. Doyil'ny'j stakan / Fenenko A.I. ta insh. // K. 25.12.1997, Byul. № 6.

5. Fenenko A.I. Rezhy'mni xaraktery'sty'ky' vy'konavchy'x mexanizmiv dlya novogo pokolinnya doyl'ny'x ustanovok / Zb. nauk. pr. L'viv's'kogo

derzhavnogo agrarnogo universy'tetu. Agroinzhenerni doslidzhennya. – 1999. – № 3. – S. 18–26.

6. Kartashov L.P., Fenenko A.I. Stimuliruyuschie i destimuliruyuschie faktoryi biotekhnicheskogo zvena «mashina-zhivotnoe» protsessa doeniya korov / Mehanizatsiya ta elektrifikatsiya sil'skogo gospodarstva. Mizhvid. temat. Zb. – Glevaha. – 2009. – Vip. 93.

7. Fenenko A.I. Texnologichni ta konstruktyvni rishennya odnotrubnoyi i dvotrubnoyi molokovakuumnoyi sy'stemy' dlya novogo pokolinnya doyl'ny'x ustanovok / Tavrijs'ka derzhavna agrotexnichna akademiya. – Melitopol': TDATA, 2000. – Vy'p. 1. T. 18. – S. 194–198.

8. Fenenko A.I. Rezhy'mni xaraktery'sty'ky' vy'konavchy'x mexanizmiv novogo pokolinnya doyl'ny'x ustanovok / Mizhvid. temat. nauk. zb. «Mexanizaciya ta elektryfikaciya sil's'kogo gospodarstva». – Glevaha. – 2001. – Vy'p. 85. – S. 160–163.

9. Fenenko A.I. Texniko-texnologichni parametry' biotexnichnoyi lanky' «mashy'na-tvary'na» procesu vy'robny'cztva moloka / Molochnoe delo. – 2008. – № 1. – S. 46–49, – № 3. – S. 50–51.

10. Fenenko A.I. O destimuliruyuschem faktore doilnogo apparata / Tehnika v selskom hozyaystve. – 2011. – № 2. – S. 16–18.

11. Adamchuk V.V., Fenenko A.I. Kontseptualnyie aspektyi razvitiya ferm po proizvodstvu moloka / Molochnoe delo. – 2010. – № 12. – S. 14–17.

12. Tekuchev I.K. Perspektivnaya tehnika dlya obespecheniya dolgoletiya vyisokoproduktivnyih korov. / Mexanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo hozyaystva. – 2011. – № 4. – S. 17–20.

13. Fenenko A.I., Bry'gas O.V. Konstrukcijno-texnologichna sxema doyl'noyi ustanovky' z zamknuty'm povitryany'm konturom / Mizhvid. temat. nauk. zb. «Mexanizaciya ta elektryfikaciya sil's'kogo gospodarstva». – Glevaha, NNCz «ІМЕСГ». – 2013. – Vy'p. 97. – S. 544–551.

14. Fenenko A.I. Biotekhnicheskaya sistema proizvodstva moloka. Teoriya i praktika. Monografiya / pod red. akad. NAAN V.V. Adamchuka – Nezhin: Izdatel ChP Lyisenko N.M., 2014. – 192 s.

15. Fenenko A.Y., Tkach V.V. Texniko-texnologichni aspekty' rozvy'tku biotexnichny'x sy'stem vy'robny'cztva moloka / Mizhvid. temat. nauk. zb. «Mexanizaciya ta elektryfikaciya sil's'kogo gospodarstva». – Glevaha, NNCz «ІМЕСГ». – 2014. – Vy'p. 99. Т. 1. – S. 476–485.

16. Оборудование для молочных ферм / Информационный проспект АМАКО. Group of companies // Оборудование для современных комплексов.

17. E.J. O'Callaghan and D.E. Gleeson. A note on the effects of teat-end vacuum on milking

characteristics / *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 43: 265–269, 2004.

18. R. D. Bade, D. J. Reinemann, M. Zucali, P. L. Ruegg, and P. D. Thompson. Interactions of vacuum, b-phase duration, and liner compression on milk flow rates in dairy cows / *J. Dairy Sci.* 92:913–921 doi:10.3168/jds.2008-1180 American Dairy Science Association, 2009.

19. E.J. O’Callaghan. Effect of the design of a milking unit on vacuum variations during simulated milking / *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 43: 237–265, 2004.

20. U. Ströbelt, S. Rose-Meierhöfer, H. Öz and other. Analysis and evaluation of the teat-end vacuum condition in different automatic milking system / *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 50:209-211, 2011.