

**ЭКОНОМИКА ФИЗИОЛОГИЧНОСТИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО
МЕХАНИЗМА ЗВЕНА «МАШИНА-ЖИВОТНОЕ» ПРОЦЕССА ДОЕНИЯ
КОРОВ**

А.И.Фененко д.т.н., проф.

(ННЦ «ИМЭСХ» (Украина))

Определены закономерности изменения давления в подсосковом и межстенном пространствах и режимные характеристики исполнительных механизмов доильных аппаратов. Показано, что выведение молока из вымени коров современными двутактными аппаратами сопровождается нарушениями рефлекторной функции молоковыведения, в результате неадекватного изменения величины усилий, которые действуют на стенку сосковой резины исполнительного механизма – стакана, при изменении скорости молокоотдачи.

Проблема. В молочном животноводстве на ферме по производству молока средством производства является животное – корова, состояние которой регулируется биологическими законами и индивидуальными особенностями. В условиях механизированного, автоматизированного и роботизированного производства каждый признак существенно влияет на эффективность процесса и должен учитываться на всех стадиях реализации проекта производства молока, основу которого составляет процесс дойки коров (рис. 1).

При стандартной технологии доения коров, например, в стойлах или доильном зале согласованность выполнения операций и влияние их на организм животных проявляется особо остро и является основной причиной возникновения стрессов, снижающих продуктивность, вызывающих раздражение вымени, ухудшающих показатели молока.

Повышение уровня механизации, создание автоматизированных систем управления процессом дойки коров на ферме требует усовершенствования биотехнического звена «машина-животное», основу которого составляют выравнивание и оптимизация величины усилий, действующих на стенку сосковой резины со стороны межстенного пространства, поверхность и сфинктер соска вымени в тактах выведения молока, то есть тактах сосания. После каждого такта сосания наступает такт сжатия-разгрузки, продолжительность которого должна быть такой, чтобы молоко успело освободить молокоборную камеру коллектора.

Анализ исследований и публикаций. В 1889 году шотландец Марчленд создал первую модель доильного аппарата. В 1891 году англичане Николсон и Грей изобрели однокамерный стакан. В 1895 году доктор Шилдс получил патент на пульсатор. В 1903 году Джилье в Австралии запатентовал двухкамерный стакан [1]. Таким образом, был создан первый двухтактный доильный аппарат с двухкамерным исполнительным механизмом-стаканом, совершенствование которого продолжается до нашего времени, так как существует проблема оптимизации давлений в межстенном и подсосковом пространствах.

Закономерности изменения давлений в межстенном и подсосковом пространствах доильного стакана нами исследовались, начиная с 1964 года, когда в Украине работало более 600 доильных установок ММД-100 и ММД-100Б, трехтактные доильные аппараты переоборудовались на двухтактные. В ННЦ «ИМЭСХ» (УНИИМЭСХ) была создана экспериментальная лаборатория с записывающими приборами в начале одноканальными сильфонными ВС-610, переоборудованными с учетом скорости вращения круговой диаграммы 1 оборот за 20 минут, а затем двухканальными, которые по просьбе института изготовил завод «Теплоконтроль» (г. Казань).

Поиск путей выравнивания величин давления, действующих на стенку соскового чулка при изменении скорости молокоотдачи привел к созданию конструктивно-технологической схемы доильного аппарата, в котором

источником вакуумметрического давления служил коллектор, через функциональную камеру вакуумметрического давления которого к нему подключался пульсатор. Таким образом, в Украине были разработаны и изготовлены первые макетные образцы пульсоколлекторов для комплектации установок ММД-100Б.

Подобную конструкторско-технологическую схему предлагает фирма Лангвер и К^о (Германия), а Новая Зеландия поставляет на рынок пульсоколлекторы «Ну-Палс» доктора Бодмина. После проведения сравнительных испытаний, правительство Украины принимает решение о подготовке и организации производства отечественных пульсоколлекторов ДА50.00.000 на промышленных предприятиях. Заводы : «Штампов и прессформ», «Укрпластик» (г. Харьков); «Станков-Автоматов» им. Горького, «Реле и автоматики», «Красный резинщик» (г. Киев); «Укрпластик» (г. Симферополь). Изготавливают элементную базу, Броварская «Сельхозтехника» Киевской области осуществляет сборку, стендовые испытания и реализацию пульсоколлекторов. В 80-х годах было выпущено и реализовано более 20 тысяч пульсоколлекторов ДА50.00.000. Отдельные районы в зоне деятельности Киево-Святошинской, Васильковской, Броварской, Яготинской сельхозтехник модернизировали все доильные установки и осуществляли их обслуживание. Пульсоколлекторы ДА 50.00.000 завод «Буревесник» поставляет в Вологодскую область Российской Федерации.

Серийное производство пульсоколлекторов ДА50.00.000 и комплектных доильных аппаратов ДА-Ф-50 было подготовлено на заводах «Буревестник» и Государственной акционерной холдинговой компании «Артем» (г. Киев). В России производство пульсоколлекторов освоил Уральский электромеханический завод (г. Екатеринбург), а затем Кировский завод «Маяк» (г. Киров).

По результатам исследований и широкой производственной эксплуатации разработаны предложения по созданию новой модели доильного аппарата с совмещенным пульсоколлектором ДА-Ф-66, который положен в основу

комплектации доильной установки МВС-12-1 с однострубной совмещенной
молоковоздушной системой. Установка прошла государственные приемочные
испытания и рекомендована производству.

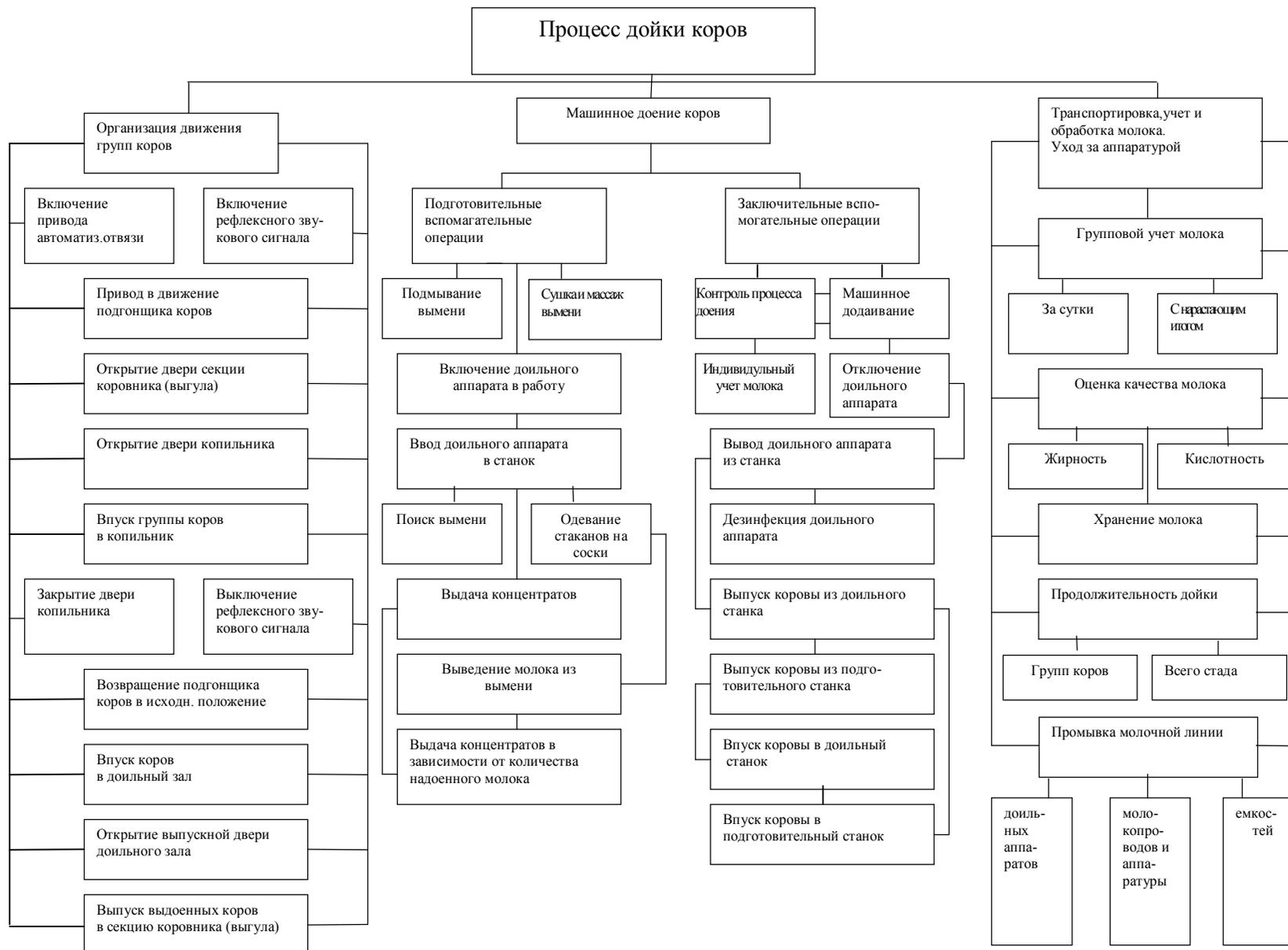


Рисунок 1. Операции автоматизированного процесса доения коров

Задачи исследований. Исследовать закономерности изменения давлений в подсосковом и межстенном пространствах однотрубной и двухтрубной молокопроводной и воздухопроводной линии доильного аппарата и изыскать пути их адекватной стабилизации при изменениях потока молока в подсосковые пространства исполнительных механизмов-стаканов доильного аппарата.

Обосновать параметры исполнительного механизма-стакана для доильной техники нового поколения.

Результаты исследований. В двухтрубной системе выведения молока из вымени на сфинктер соска действует усилие, создаваемое разностью давлений в полости соска и в подсосковом пространстве исполнительного механизма-стакана в такте сосания, которое создает условия выведения молока, и усилие, которое действует на поверхность соска, обеспечивая фиксированное положение исполнительного механизма-стакана на соске вымени.

В звене «машина-животное» выведения молока из вымени коров исследованы конструкторско-технологические схемы доильных аппаратов с типовой двухтрубной молокопроводной линией, и однотрубной молокопроводной линией, которая включает доильный аппарат ДА-Ф-66 нового поколения (Рис.2.).

В процессе исследований определена разность давлений, которые оказывают воздействие на стенку сосковой резины и сосок в режиме выведения молока. В существующих конструкциях доильных аппаратов, которыми комплектуются установки с двухтрубными системами, имеет место дестимулирующий фактор D_{ϕ} , который регламентирует разность давлений в подсосковом и межстенном пространствах доильного стакана в тактах сосания.

Величина фактора D_{ϕ} зависит от потока молока. При отсутствии потока фактор D_{ϕ} отсутствует, и его незначительное проявление характеризуется упругостью стенки сосковой резины. При наличии потока молока, действующая на стенку сосковой резины сила, создаваемая разностью давлений в подсосковом и межстенном пространствах, увеличивает объем подсоскового

пространства. Трение между поверхностью соска и стенкой соскового чулка уменьшается, исполнительный механизм-стакан напоздает на сосок, канал между долей вымени и полостью соска пережимается, выведение молока ухудшается. Эти явления характеризуют корреляционные зависимости стимулирующего и дестимулирующего факторов:

$$\Delta P_C = 0,2429 q^2_m + 4,5298 q_m \quad (1)$$

$$\Delta P_D = 5,6207 \ln(q_m) + 0,0603 \quad (2)$$

При этом дестимулирующий фактор определяет разность давлений ΔP_D в подсосковом P_{II} и межстенном P_M пространствах, то есть $\Delta P_D = P_{II} - P_M$ в тактах сосания.

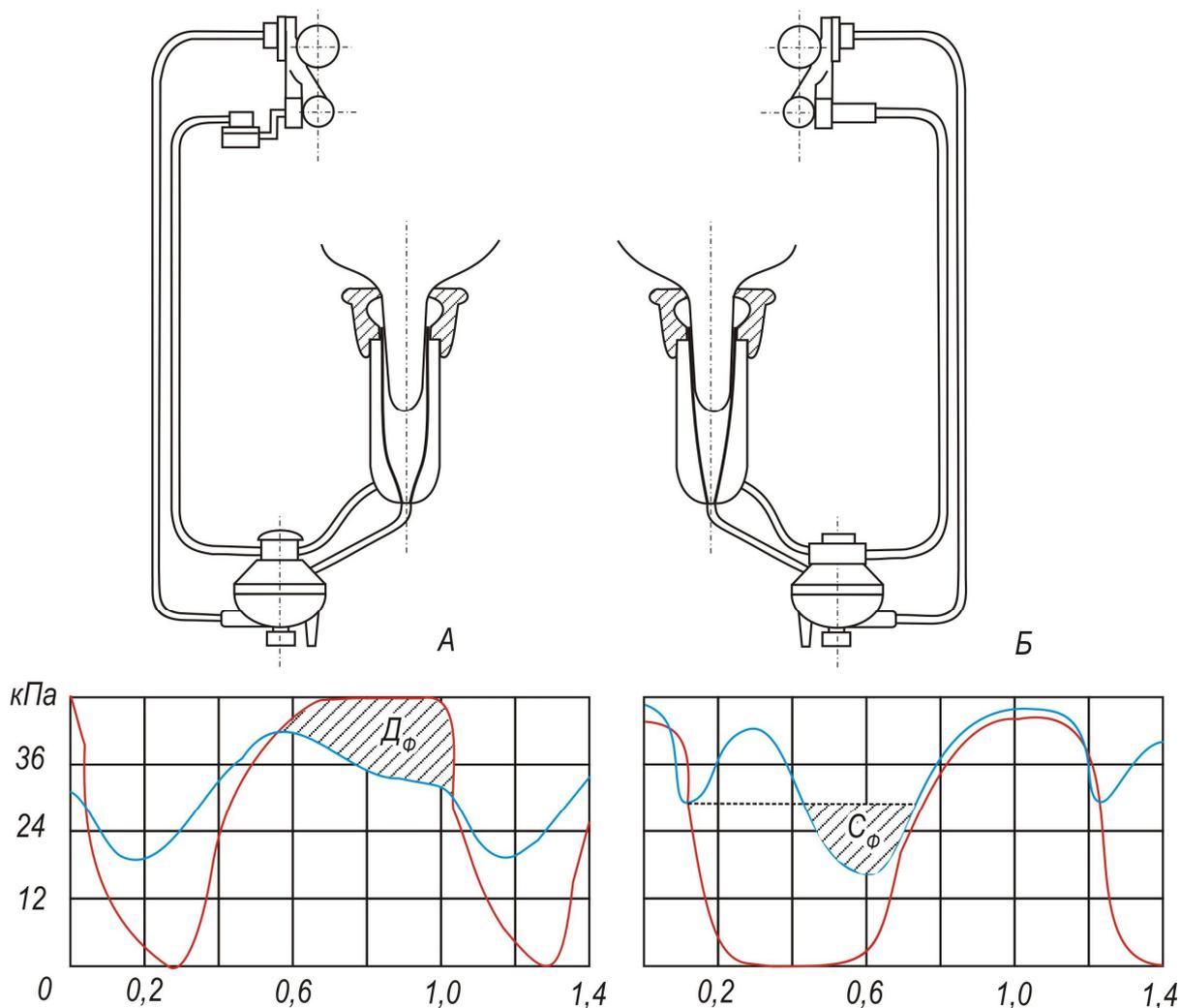


Рисунок 2. Динамика изменения давления в подсосковом (1) и межстенном (2) пространствах исполнительного механизма – стакана при

работе доильных аппаратов: существующего АДУ – 1 (А) и нового ДА-Ф-66 (Б) при потоке молока в молокозборную камеру коллектора $2,5 \text{ дм}^3/\text{мин}$

Давление P_{II} регламентируется скоростью доения, то есть потоком молока в молокопроводной линии: «Подсосковое пространство – молокозборная камера коллектора – молокозборный бидон или молокопровод».

Давление P_M в современных аппаратах – величина постоянная, определяемая настройкой регулятора вакуумметрического давления, потерями давления в линии магистрального воздухопровода и воздухопроводной линии доильного аппарата. Скорость доения и поток молока на величину давления в межстенном пространстве не влияют.

Молоко в тактах сосания выводится из цистерн и сосков вымени через сфинктеры непрерывным потоком. Таким образом, создаются условия выравнивания давления в подсосковом пространстве стакана и полости соска (вакуум через сфинктер проникает в сосок), что приводит к раздражениям и маститным заболеваниям. Причиной является то, что на нижнюю часть соска действует вакуумметрическое давление 42-46 кПа, а в цистерне вымени давление – 3,5-4,0 кПа до начала стимуляции и 5,5-6,0 кПа – после стимулирующих воздействий перед началом и в процессе машинного доения.

В.Ф.Королев, создавая трехтактную доильную машину, в режиме работы исполнительного механизма-стакана предусмотрел такт отдыха, когда в межстенном и в подсосковом пространствах устанавливается атмосферное давление. При этом автор считает, что техническое превосходство трехтактного аппарата над существующими двухтактными конструкциями нельзя считать неоспоримым [2].

Режим работы современных двухтактных аппаратов сопровождается периодическим изменением давления в межстенном пространстве от P_{MIN} до P_{MAX} , которое создает пульсатор. Под действием разности давления $P_{II}=106$ кПа в цистерне и сосках вымени и $P_{II}=58$ кПа в подсосковом пространстве через сечение $\omega c = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ сфинктера выводится порция молока

$$q_m = 5,64 \mu \omega_c \varepsilon \left(\frac{P_{Ц} - P_{П}}{\rho_m} \right)^{1/2} \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3)$$

где μ – коэффициент истечения молока;

ω_c – площадь условного сечения сфинктера соска, м^2 ;

ε – часть длительности пульса, составляющая такт сосания;

$P_{Ц}, P_{П}$ – давление в полости соска и в подсосковом пространстве, Па;

ρ_m – плотность молока, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Градиент давления $P_{Ц} - P_{П}$ определяется потерями давления в молочном шланге доильного аппарата, по которому молоко, выведенное из четырех или двух подсосковых пространств исполнительных механизмов-стаканов через молокосорную камеру коллектора, транспортируется в молокосорный бидон, нижний или верхний молокопровод доильной установки.

С учётом пространственного расположения отдельных участков шланга, процесс выведения молока можно описать зависимостями [1,3-5]. При этом потери давления в линии молочного шланга доильного аппарата определяет аналитическая модель:

$$\left| \frac{\Delta P}{L} \right|_{ш} = \left[\frac{\lambda_{CM}}{d_{ш}} \cdot \frac{q_{CM}^2}{2gS_{ш}^2} \pm \frac{h}{t} \left(1 - \frac{q_{CM}^2}{gS_{ш}^2 h} \right) \right] [\varphi \rho_1 + (1 - \varphi) \rho_2] g, \quad (4)$$

где L – длина молокопроводной линии доильного аппарата (шланга молокопроводного), м;

h – высота транспортирования: + (вверх), - (вниз), м;

$d_{ш}$ – диаметр молочного шланга, м;

φ – воздухосодержание потока;

q_{CM} – поток двухфазной смеси, $\text{м}^3/\text{с}$;

$S_{ш}$ – сечение шланга, м^2 ;

ρ_1 – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ_2 – плотность молока, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Параметр $\frac{\Delta P}{L}$ возрастает с увеличением потока молока и определяет величину дестимулирующего фактора D_ϕ процесса выведения молока, то есть, разность между давлением в подсосковом и межстенном пространствах в тактах сосания. Эта величина имеет положительное значение, поэтому имеет место радиальное расширение цилиндрической части чулка, которая закреплена в верхней и нижней части гильзы стакана. Под действием градиента давления стенка чулка перемещается, объем межстенного пространства уменьшается, подсоскового – увеличивается. Трение между стенкой чулка и соском уменьшается, стакан наползает на сосок. Выведение молока из цистерны вымени в полость соска ухудшается. При этом разность $(P_\Pi - P_C)$ в зависимости (1) уменьшается, а коэффициент истечения молока возрастает. Этому способствует стимулирующий фактор C_ϕ – величина, на которую увеличивается давление в подсосковом пространстве исполнительного механизма в такте сжатия.

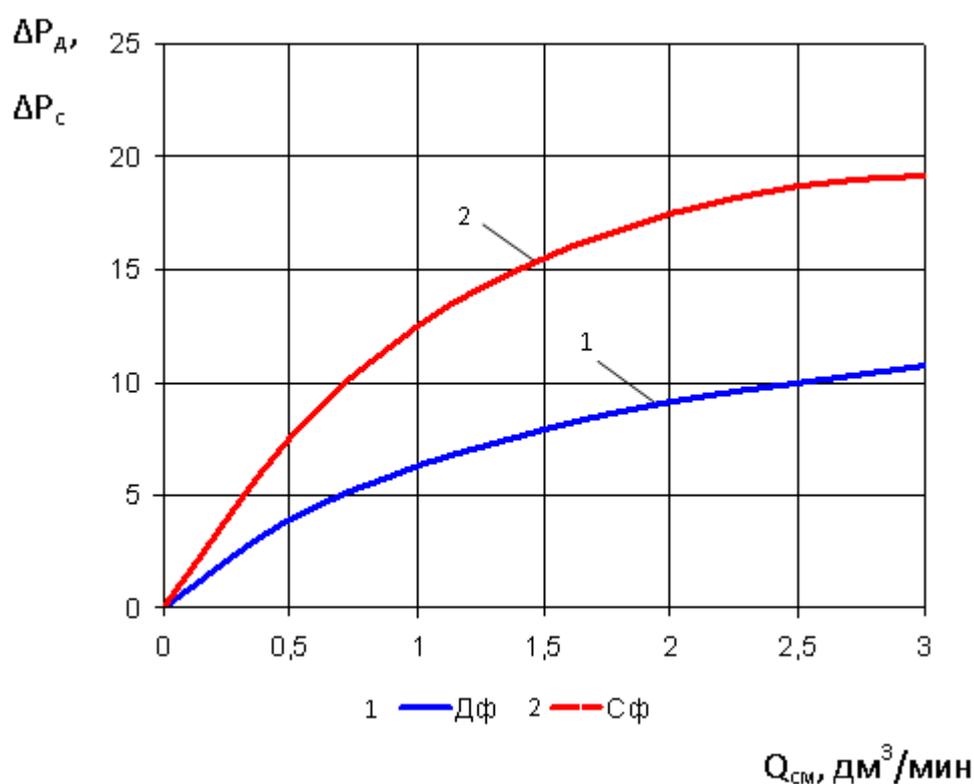


Рисунок 3. Физиологическая оценка режимных характеристик исполнительных механизмов доильных аппаратов:

$$C_\phi - \text{стимулирующий фактор } \Delta P_C = -0,2429q_M^2 + 4,5298 q_M,$$

ΔP_d – дестимулирующий фактор $\Delta P_d = 5,6207 \ln(q_m) + 0,0603$.

В разработанном конструкционно–технологическом решении стакана (патенты Украины 19717, России 2056100) [8] (Рис.2б) разность давлений в подсосковом и межстенном пространствах исполнительного механизма в тактах сосания есть величина постоянная. Поэтому положение стакана на соске в процессе доения определяется параметрами первоначального его размещения при одевании мастером машинного доения или роботом. Кроме того, можно предположить, что увеличение давления (уменьшение вакуумметрического давления) в подсосковом пространстве увеличивает коэффициент истечения молока, что способствует ускорению молоковыведения.

Таким образом, выполненный комплекс исследований позволил сформулировать исходные положения и определить параметры функционирования биотехнического звена «машина-животное» выведения молока из вымени животного. Выполненные конструкторско-технологические разработки позволили создать исполнительный механизм – стакан доильной техники нового поколения. При этом сужение конусной гильзы стакана до размера диаметра чулка в сжатом положении в режиме такта сжатия в месте размещения патрубка переменного давления, может быть как двухсторонним, так и односторонним [8].

Список использованных источников

1. Карташов Л.П., Методы расчета биологических и технических параметров системы «Человек-машина-животное»: учебное пособие,- Оренбург: Изд. Центр ОГАУ, 2007.-152с.
2. Королев В.Ф. Попытки усовершенствования доильных машин. /Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства.-1972-№8.- С.23-25.

3. Соловьев С.А., Карташов Л.П., Исполнительные механизмы системы «Человек-машина-животное».- Екатеринбург: УрОРАН, 2001.-180 с.

4. А.І.Фененко. Техніко-технологічні аспекти удосконалення біотехнічної ланки «машина-тварина» процесу виробництва молока. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глевах.2007.Вип.91.-С.65-77.

5. А.І.Фененко. Техніко-технологічні параметри біотехнічної ланки «машина-тварина» процесу виробництва молока // Молочное дело. -2008.,-№1-С.46-49,№3-С.50-51.

6. Фененко А.І. Режимні характеристики виконавчих механізмів нового покоління доїльних установок / Механізація та електрифікація сільського господарства. Глевах.2001. Вип. 85. – С. 160-163.

7. Карташов Л.П., Фененко А.И. Стратегия создания адаптивной техники для эффективной биотехнической системы производства молока // Механізація та електрифікація сільського господарства. Міжвід. темат. наук. зб. Вип.89 – Глевах. 2005.- С.347-354.

8. Фененко А.І. Механізація доїння корів. Теорія і практика: Монографія. – К.: ННЦ«ІАЕ»,2008.-198с.

Анотація

Економіка фізіологічності виконавчого механізму ланки «машина-тварина» процесу доїння корів

Фененко А.І.

Визначені закономірності зміни тиску в піддійковому і міжстінному просторах та режимні характеристики виконавчих механізмів доїльних апаратів. Показано, що виведення молока із вимені корів сучасними двотактними апаратами супроводжується порушенням рефлекторної функції молоковиведення, в результаті неадекватної зміни величини зусиль, які діють на стінку дійкової гуми виконавчого механізму – стакану, при зміні швидкості молоковіддачі, а відповідно і молоковиведення. Показники ефективності

машинного доїння: повнота видоювання, жирність і якість молока погіршуються, підвищується кількість подразнень вимені.

Abstract

Economy of physiology of executive mechanism of link is «machine-animal» of process of milking of cows

A.Fenenko

Definite initial parameters of molokoprovodnoy and vozduhoprovodnoy lines and regime descriptions of executive machineries of milking vehicles. It is shown, that getting milk out of cavity of udder of cows by modern two-stroke vehicles is accompanied to violations of reflex function of molokovivedennya, that is the reason of change of size of efforts which operate on the wall of nipple rubber of executive mechanism – glass.