

УДК 637.116.5

ВАКУУМНЫЙ УПРАВЛЯЕМЫЙ ПУЛЬСАТОР СТОЙЛОВОГО ДОИЛЬНОГО АВТОМАТА**Винников И.К., Бахчевников О.Н.**Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации
и электрификации сельского хозяйства. г. Зерноград. Россия

В настоящее время зарубежом завершена автоматизация доения коров и проводится его роботизация. Главная причина нашего отставания в этой сфере заключается в привязном содержании, охватывающем большую часть поголовья. Проблема может быть решена путем создания и внедрения стойловых доильных автоматов. Поэтому их исследование и разработка являются актуальными.

Существующие доильные аппараты не соответствуют предъявляемым к ним физиологическим требованиям. По мнению ученых-физиологов каждому значению интенсивности молоковыведения должно соответствовать свое значение частоты пульсаций и соотношения тактов, а также величины вакуума под соском [2, 3]. В процессе доения соотношение тактов должно плавно изменяться от 1:1 до 4:1, частота пульсаций от 0,8 до 2,2 Гц, величина вакуума под соском от 22 до 45 кПа. Выполнить эти требования может только управляемый доильный аппарат с автоматическим регулированием параметров в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения.

Основным узлом доильного аппарата является пульсатор – генератор переменного вакуума, управляющая камера которого – инерционное звено, которое может служить узлом управления доильного автомата. Переходные характеристики управляющей камеры представляют собой восходящие и нисходящие экспоненты. Исследованиями вакуумного пульсатора была установлена релейная сущность его работы по гистерезисной петле с характерными для реле точками срабатывания $P_{\text{сп}}$ и отпускания $P_{\text{от}}$ [1]. На основе полученных знаний была сформулирована гипотеза, предполагающая, что рабочий процесс пульсатора осуществляется не произвольно, а по гистерезисной характеристике, как по алгоритму, включающему конечный набор правил со строго определенными параметрами, которыми можно управлять по сигналам датчика интенсивности молоковыведения.

В результате исследований [2, 3] был сделан вывод о том, что плавное изменение параметров может обеспечить вакуумное пневмореле, работающее в режиме генератора импульсных сигналов, которое можно реализовать на базе инверсной схемы пульсаторов отечественных аппаратов. Для этого в их конструкцию включается камера переменного подпора P , создаваемого в процессе доения аналоговым сигналом датчика интенсивности молоковыведения и действующего через мембрану дополнительным усилием на стержень мембранно-клапанного механизма пульсатора (рис. 1Б).

Цель – совершенствование доильного аппарата на основе новых знаний по алгоритму функционирования его вакуумного пульсатора.

Переходные характеристики управляющей камеры пульсатора представляют собой восходящую и нисходящую экспоненты и строятся на графике по известным формулам (рис. 1А).

Основным параметром пульсатора является фаза сосания $\lambda = t_1/T_c$, чем она больше, тем продолжительнее такт сосания, тем выше пропускная способность аппарата, а в трехтактном режиме – и тем выше средняя действующая величина вакуума под соском $P_c = \lambda \cdot P$. Поэтому исследователей больше всего интересует именно это: можно ли в процессе доения управлять изменением фазы сосания? Поэтому внимание было обращено на наиболее характерные точки гистерезисных петель – их центры λ и соответствующие им значения по оси ординат. Точкам λ на оси ординат всегда соответствует определенное значение величины вакуума питания P в относительных единицах (о.е.), например, в центре – 0,5, выше – до 0,8, равные значениям фазы сосания λ каждой из рассматриваемых нами гистерезисных петель с отклонением не более $\pm 3\%$. Отсюда был сделан вывод, что параметр λ в относительных единицах (в масштабе P) можно вынести на ось ординат и при расчетах принимать его за основу (рис. 1А).

В результате исследований установлено, что в гистерезисных петлях доильных аппаратов величина λ всегда соответствует среднему значению величины вакуума P_λ в относительных единицах, действующего в управляющей камере пульсатора

$$\lambda = P_\lambda = \frac{P_{\text{сп}} + P_{\text{от}}}{2}. \quad (1)$$

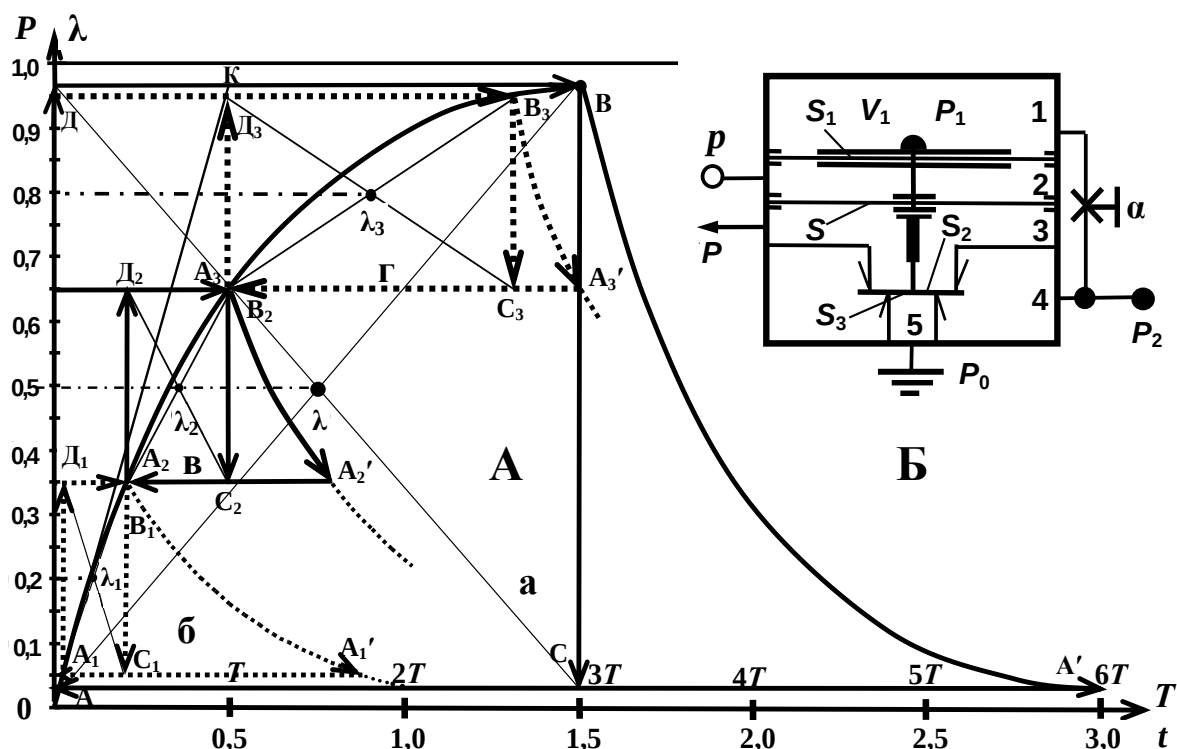


Рис. 1. Различные положения на экспоненте гистерезисных характеристик А (а, б, в, г) управляемого пульсатора Б:

1 – управляющая камера; 2 – камера подпора; 3 – камера постоянного вакуума; 4 – камера переменного вакуума; 5 – камера атмосферного давления; P_1 – величина вакуума в управляющей камере; P_2 – переменный выходной вакуум; p – величина вакуума в управляющей камере подпора; α – проводимость дросселя; S – эффективная площадь мягкой мембраны камеры подпора; S_1 – эффективная площадь мембраны управляющей камеры; S_2 – площадь вакуумного клапана; S_3 – площадь атмосферного клапана

Время цикла пульсатора определяется по известным формулам

$$T_c = \frac{1}{f}, \text{ или } T_c = t_1 + t_2,$$

где f – частота работы пульсатора, Гц.

Время такта сосания t_1 определяется из гистерезисной петли по восходящей экспоненте

$$t_1 = T \cdot \ln \frac{1 - P_{от}}{1 - P_{cp}},$$

где T – постоянная времени управляющей камеры пульсатора, с.

Время такта сжатия t_2 определяется по нисходящей экспоненте

$$t_2 = T \cdot \ln \frac{P_{cp}}{P_{от}}.$$

Отсюда время цикла работы пульсатора T_c можно определить и по формулам

$$T_c = \frac{t_1}{\lambda}, \quad T_c = T \cdot \ln \left(\frac{P_{cp}}{P_{от}} \cdot \frac{1 - P_{от}}{1 - P_{cp}} \right).$$

Анализ графиков рис. 1А подтверждает то, что во всех случаях величина фазы сосания определяется длиной и положением хорды-диагонали с центром λ гистерезисной петли на восходящей экспоненте в координатной плоскости $P - t$. Это дает основание считать, что с помощью этих графиков можно оптимизировать характеристики и параметры пульсатора по основным его показателям, а именно, по времени такта сосания t_1 , если фазу сосания $\lambda = t_1/T_c$, как и величину

вакуума питания P , в относительных единицах отложить по оси ординат, а по оси абсцисс отложить время в долях постоянной времени T его управляющей камеры (рис. 1А).

Таким образом, все основные характеристики и параметры пульсатора зависят от длины и положения хорды-диагонали с центром λ на восходящей экспоненте переходной характеристики его управляющей камеры, которые и рассматриваются в предлагаемом графоаналитическом методе.

В соответствии со схемой управляемого пульсатора (рис. 1Б) величина вакуума срабатывания определяется по формуле

$$P_{\text{ср}} = p \left(1 - \frac{S}{S_1} \right) + P \left(\frac{S - S_3}{S_1} \right). \quad (2)$$

Величина вакуума отпущения

$$P_{\text{от}} = p \left(1 - \frac{S}{S_1} \right) + P \left(\frac{S - S_2}{S_1} \right). \quad (3)$$

При $p = P$ уравнения (2) и (3) принимают вид, соответствующий уравнениям для неуправляемых пульсаторов.

Так как высота гистерезисной петли $\Delta P = P_{\text{ср}} - P_{\text{от}}$, а $P_{\text{ср}} - P_{\text{от}} = P \left(\frac{S_2 - S_3}{S_1} \right) = \text{const}$, то при любом размещении в координатном поле $\Delta P = \text{const}$, является ее базой и петля всегда остается «несжимаемой» по высоте.

Из анализа уравнений (2) и (3) следует, что при отсутствии у коровы молокоотдачи ($p = 0$) $P_{\text{ср}}$ и $P_{\text{от}}$ будут минимальными. Поэтому обязательным условием работоспособности этого пульсатора является то, что площадь мягкой мембраны S должна быть больше площадей каждого из клапанов, т.е. должно соблюдаться неравенство

(4)

Промежуточные значения переменного подпора p обеспечивают плавное изменение параметров пульсатора в процессе доения.

Теоретически численное значение фазы сосания λ можно определить из уравнений (2) и (3), если в выражение (1) подставить значения $P_{\text{ср}}$ и $P_{\text{от}}$ (в относительных единицах)

$$\lambda = P_{\lambda} = p \left(1 - \frac{S}{S_1} \right) + P \frac{2S - S_2 - S_3}{2S_1}. \quad (5)$$

На основании формул (2), (3), (5) разработана модель управляемого пульсатора, выполненного по схеме рис. 1Б

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{ср}} &= \left(1 - \frac{S_3}{S_1} \right) \\ P_{\text{от}} &= \left(1 - \frac{S_2}{S_1} \right) \\ \lambda &= \left(1 - \frac{S_2 + S_3}{2S_1} \right) \end{aligned} \right\} \times P + p \times \frac{S}{S_1} \quad (6)$$

Из математической модели (6) следует, что все члены правых частей ее уравнений, за исключением управляющего сигнала p , есть величины постоянные, а поэтому все параметры и положение в координатном поле гистерезисной петли пульсатора, являющейся алгоритмом его функционирования, зависят только от величины этого сигнала. При $p = 0$ гистерезисная петля занимает самое нижнее положение, а при увеличении сигнала p параметры $P_{\text{ср}}$, $P_{\text{от}}$ и λ , увеличиваясь всегда на одну и ту же величину, по оси ординат остаются с «несжимаемой» базой $\Delta P = P_{\text{ср}} - P_{\text{от}} = \text{const}$. При максимальном значении $p = P = 1$ петля занимает самое верхнее положение, но, в соответствии с условием (4), в правой части всех уравнений от 1 всегда отнимаются величины большие, чем прибавляются, поэтому $P_{\text{ср}}$ и, тем более, $P_{\text{от}}$ и λ , всегда будут меньше единицы, а увеличение фазы сосания объясняется более резким изменением длины и направления хорды-диагонали от

вертикального к горизонтальному положению в верхней части квадранта.

На основе полученных теоретических зависимостей разработана методика инженерного расчёта, позволяющая определять параметры вакуумных пульсаторов стойловых доильных автоматов [4].

Используемый графоаналитический метод позволил установить, что рабочими параметрами пульсатора можно управлять, изменяя положение центра гистерезисной петли в координатном поле переменным подпором, создаваемым в процессе доения аналоговым сигналом датчика интенсивности молоковыведения в дополнительной камере пульсатора.

Эти результаты в основном удовлетворяют предъявляемым выше физиологическим требованиям, обеспечивая плавное изменение соотношения тактов, частоты пульсаций и глубины вакуума под соском в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения от минимума до определенных пределов. Затем, при бурном молоковыведении, до предельных значений скачком за счет перехода аппарата с трехтактного на двухтактный режим работы.

Вакуумные управляемые пульсаторы в процессе доения по сигналам датчиков теоретически могут изменять соотношение тактов от 0,8:1 до 5,7:1; частоту пульсаций в 2,4 раза и величину вакуума под соском от 22,5 до 42,5 кПа при P питания 50 кПа (от 45 до 85%), а затем скачком до максимального значения P питания.

В ходе проведенных экспериментальных исследований установлено, что вакуумные управляемые пульсаторы обеспечивают изменение рабочих параметров в зависимости от уровня управляющего аналогового сигнала датчика в физиологически обоснованном диапазоне.

На основе проведенных исследований создан самоотключающийся доильный автомат, управляемый по сигналам датчика молочного потока, с изменяющимися в процессе доения в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения параметрами, предназначенный для всех типов доильных установок, включая стойловые и пастбищные [5].

Производственная проверка подтвердила эффективность предлагаемого пульсатора в составе стойлового доильного автомата. Установлено, что он стабильно осуществляет процесс доения, обеспечивает быстрое и полное выдаивание, своевременное отключение. При его использовании исключается травмирование вымени вакуумом.

Таким образом, проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили создать управляемый вакуумный пульсатор для стойловых доильных автоматов с изменяющимися в процессе доения в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения параметрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бенова, Е.В. Динамические режимы и параметры вакуумного привода двух-трехтактного доильного аппарата: дис. ... канд. техн. наук. / Е.В.Бенова. – зерноград, 2007. – 154 с.
2. Винников, И.К. Автоматическое регулирование частоты пульсаций и соотношения тактов доильного аппарата. / И.К.Винников, Т.К.Берендс, В.А.Петровский. / Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. – Вып. 24. – зерноград, 1976. – С. 128-139.
3. Винников, И.К. Технологии, системы и установки для комплексной механизации и автоматизации доения коров. / И.К.Винников, О.Б.Забродина, Л.П.Кормановский. – зерноград, 2001. – 354 с.
4. Винников, И.К. Расчет параметров пульсатора доильных аппаратов / И.К.Винников, О.Н.Бахчевников. – Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – №6. – С. 12-14.
5. Пат. №2440716 RU A01J 5/00. Двухрежимный доильный аппарат / И.К.Винников, Ю.В. Пахомов, О.Н.Бахчевников, А.В.Коваленко, И.А. Шелушнина. Заявитель и патентообладатель ГНУ СКНИИМЭСХ. – №2010108555; заявл. 09.03.2010; опубли. 27.01.2012, Бюл. №3. – С. 118-119.

УДК 62-77

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ПЕРЕДВИЖНЫЕ СРЕДСТВА ТО И РЕМОНТА МАШИН

Никитченко С.Л., Смыков С.В.

Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. зерноград. Россия

Необходимость в поддержании работоспособности сельскохозяйственных машин и орудий возникла в России одновременно с началом их производства. Для поддержания технических средств в работоспособном состоянии в сельском хозяйстве была создана ремонтно-обслуживающая база – система ремонтных предприятий и станций технического обслуживания. Для сельскохозяйственных предприятий были разработаны типовые проекты центральных ремонтных