

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПУЛЬСОКОЛЛЕКТОРА ПВД-2-3.

Ходарев В.Я.
(ООО «АТ Биофарм»)

Установлено, что равенство отношений площадей клапанов в пульсоколлекторе к отношению изменения величины вакуума в камере 1 и в управляющей камере 4 и обеспечивает изменение частоты пульсации и соотношения тактов в зависимости от изменения вакуума в камере 1 и. Это позволяет обеспечить адекватное изменение технологических рабочих параметров пульсоколлектора от интенсивности молоковыведения.

Постановка проблемы. Для обеспечения роста производства продукции молочно-товарных ферм очень важно создание доильного оборудования, которое исключало бы вредное воздействие процесса доения на соски вымени коров в начале и при окончании их доения, а так же при недостаточной интенсивности потока молока. Одно из таких мероприятий – использование доильных аппаратов с переменным вакуумным режимом. Доильные аппараты, работающие в переменном вакуумном режиме в зависимости от интенсивности молокоотдачи отвечают физиологии животных и обеспечивают защиту сосков вымени коровы от повреждения [1].

В отличие от существующих классических режимов работы трехтактного и двухтактного доильных аппаратов, которые в режиме выведения молока и при холостом режиме обеспечивают постоянную частоту пульсации и соотношение тактов, аппарат со смещенным мембранно-клапаным пульсатором и коллектором изменяет режим работы в зависимости от скорости молокоотдачи.

Анализ основных исследований и публикаций. На практике нашел применение в частности пульсоколлектор доильного аппарата ДА-Ф-50. Также, был разработан аппарат попарного доения с инерционным датчиком потока молока поплавкового типа, который управляется частотой пульсаций вакуумметрического давления, наряду с изменением соотношения тактов и переменным режимом вакуумметрического давления в зависимости от интенсивности потока молока. Проведено теоретическое обоснование работы этих аппаратов [2, 3].

Для повышения эффективности доения коров в лаборатории механизации производственных процессов в животноводстве был разработан пульсоколлектор ПВД-2-3[4].

Целью исследований является теоретическое обоснование конструктивных параметров пульсоколлектора ПВД-2-3.

Результаты исследований. Для достижения адекватного взаимодействия рабочих элементов пульсоколлектора нами сделан расчет длительности цикла,

соотношение тактов, а также обоснование выбора конструктивных параметров пульсатора и коллектора.

Длительность такта при установившемся режиме 2,0 кг/мин. интенсивности молоковыведения и рабочем вакууме 0,51 кгс/см² (50 кПа) работы доильного аппарата определяли по интервалам времени, через которые происходило переключение клапана пульсатора. Расчет проведен с учетом закономерностей перетекания воздуха и управляющей камеры - 4п пульсатора в рабочую камеру - 2п. (рис.1)

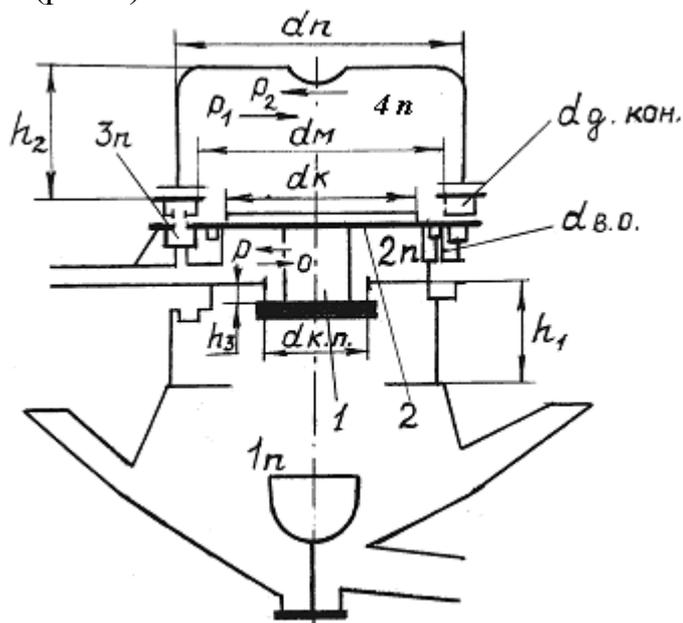


Рисунок 1 - Действие сил в пульсоколлекторе ПВД-2-3

Движение воздуха через дросселирующий канал $d_{д.кон.}$, установленного сечения по ширине, глубине и длине происходит под действием перепада давлений между этими камерами. В установившемся режиме за время $t_1 - 0,421$ с, соответствующее такту сосания, происходит откачивание воздуха из герметической емкости камеры 4п постоянного объема, камеру 2п установленного объема.

При этом в первой камере (1п) разрежение возрастает с P_2 - до 0,48-0,51 кгс/см² (49-50 кПа) - P_1 , в то время как в системе воздухопровода камеры 2п поддерживается постоянное вакуумметрическое давление (вакуум - 0,51 кгс/см²) (50 кПа). За время $t_2 - 0,114$ соответствующее сжатию, происходит впуск воздуха из камеры 2п в герметическую емкость камеры 4п, в которой разрежение уменьшается с D_1 до D_2 . Следует заметить, при пуске аппарата в управляющей камере 4п давление равно атмосферному ($D=0$). Однако к концу такта сжатия в ней наблюдается небольшое разрежение (4-10 кПа), но на диаграмме оно не получило отражение, т.к. идет плавный переход.

Для описания рассматриваемых процессов В.Ф. Королев предложил использовать зависимость $t=f(D)$, которая устанавливает связь между длительностью процесса и глубиной разрежения в управляющей камере 4п. Если считать, что процесс является установившимся.

При откачивании молока (так сосания) скорость изменения вакуума выходит из уравнения:

$$\frac{dx}{dt} = K_1(B - X), \quad (1)$$

где x - текущее значение давления в камере 4п, кПа;

K_1 - коэффициент пропорциональности при откачивании.

Разделив переменные и проинтегрировав уравнение в пределах от D_2 до D_1 получили:

$$t_1 = \frac{1}{R_1} \int_{P_2}^{P_1} \frac{dx}{D - x} = \frac{1}{K_1} \ln \frac{P - P_2}{P - P_1}. \quad (2)$$

При выпуске воздуха скорость изменения давления в пределах от P_1 до P_2 определяется выражением $dx/dt = K_2X$, откуда

$$t_2 = \frac{1}{K_2} \int_{P_1}^{P_2} \frac{dx}{x} = \frac{1}{K_2} \ln \frac{h_1}{h_2}, \quad (3)$$

где K_2 - коэффициент пропорциональности при выпуске воздуха.

Ранее было установлено, что при анализе работы доильного аппарата ПВД-2-3 наибольший интерес представляют не абсолютные значения длительности тактов сосания t_1 и сжатия t_2 , которые изменяются от интенсивности потока молока V и представляется их отношением δ_c :

$$\delta_c = \frac{t_1 + V}{t_2 + V} = \frac{K \ln \frac{P - P_2 + V}{P - P_1 + V}}{\ln \frac{P_1 + V}{P_2 + V}}, \quad (4)$$

где K - коэффициент, определяемый экспериментально.

Из этой формулы следует, что соотношение длительности тактов зависит от разрежения в молочной камере 1п предельных значений его в управляющей камере 4п пульсатора, интенсивности потока молока - V . Постоянство режима работы доильного аппарата не выдерживается и все величины, входящие в вышеприведенную формулу изменяются от функциональных свойств вымени коров.

В формулу (4) необходимо еще ввести фактор динамического движения потока воздуха по каналам, инерцию подвижных частей клапанного механизма:

$L_{д.д.}$ - уровень динамического усилия (движения) воздуха по каналам;

$I_{н.ч.}$ - уровень инерции мембраны клапанного механизма;

$P_{об.}$ - диаметр и длина дросселирующих каналов, соединяющих камеры 2п, 4п, 3п и $d_{д.кон.}$

Для более точного обоснования процесса откачивания и выпуска воздуха используем уравнение Пуазейля. Время откачивания, или такт сосания, в соответствии с ними определили по формуле:

$$t_1 = \frac{Q}{(76-P)K_p} \ln \varphi_1 \frac{P-P_2+V}{P-P_1+V}, \quad (5)$$

а время впуска или такт сжатия, по зависимости

$$t_2 = \frac{Q}{76R_p} \ln \varphi_2 \frac{P_1+V}{P_2+V}, \quad (6)$$

где Q - объем камеры 4п пульсатора, см³; R_p - коэффициент Пуазейля, учитывающий размеры канала и вязкость воздуха $R_p = \Pi d_0^4 / (128t + \eta_0)$. здесь d_0 и l_0 - диаметр и длина канала, соединяющего камеры 2 и 4п, дросселирующие каналы 3п и $d_{д.кон.}$ пульсатором, см;

η_0 - динамическая вязкость воздуха, Па.с (обычно $\eta_0 = 18,1 \cdot 10^{-6}$ Па.с);

Ψ_1 и Ψ_2 - коэффициенты.

Переменные коэффициента Ψ_1 и Ψ_2 позволили учесть время на переключение клапанов в пульсаторе и глубину разрежения в камерах. Их нашли из выражений:

$$\Psi_1 = \frac{152 - (P + P_1) + V}{152 - (P + P_2) + V} \quad \text{и} \quad \Psi_2 = \frac{152 - P_2 + V}{152 - P_1 + V}. \quad (7)$$

Разделив обе части уравнений (5) и (6), получим выражение для соотношения тактов

$$\delta_c = \frac{t_1}{t_2} = \frac{76}{(76-P)} \frac{\ln \varphi_1 \frac{P-P_2+V}{P-P_1+V}}{\ln \varphi_2 \frac{P_1+V}{P_2+V}}. \quad (8)$$

Пользуясь формулами для расчета длительности тактов, определяли крайние пределы разрежения P_1 и P_2 в управляющей камере в зависимости от потока молока. Их значение зависело от физиологических особенностей животных (тонуса сфинктера соска, длины сокового канала, величины удоя и внутрицистернального давления) так и технических показателей (уровня вакуума в подсосковом пространстве и вакуумной системе).

Рассмотрим методику расчета пульсатора пульсоколлектора, являющегося основным функциональным элементом доильного аппарата ПВД-2-3. Для этой цели использовали расчетную схему пульсатора трехтактного аппарата "Волга" [5].

Решаем уравнение сил, действующих на клапаны и мембрану для двух случаев: 1- на момент перехода от такта сосания к такту сжатия, когда клапан из нижнего положения переходит в верхнее; 2- на момент перехода от такта сжатия к такту сосания, при этом клапан опускается вниз, соединяя камеру 2п с камерой постоянного разрежения 1п.

При рассмотрении первого случая обратимся к рис 6 и разберем силы, действующие в клапанно-мембранном механизме и дросселирующих каналах. При включении вакуума, вниз будет направлена сила $P_{м.к.}$, действующая на клапан 1 в начале такта сосания:

$$P_{\text{б.к.}} = \frac{F_{\text{к.л.}} \cdot h \cdot 1,033}{76} = \frac{\pi d_m^2}{4} \cdot \frac{h \cdot 1,033}{76}, \quad (9)$$

где $F_{\text{к.л.}}$ - площадь давления клапана, см²;

h - величина вакуума, см.рт.ст.;

1,033- атмосферное давление, кг/см²;

76 - полный вакуум, см.рт.ст.

$P_{\text{б.к.}}$ - сила, действующая на верхний большой клапан вниз. кг.

Для верхней части мембраны 2 - определилась разность между силой действующей на мембрану вниз и силой , действующей на малый клапан вверх, т.е.

$$P_M = F_M h - F_{\text{м.к.}} \cdot h \text{ или}$$

$$P_M = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h \cdot 1,033}{76} - \frac{\pi \cdot d_{\text{м.к.}}^2 \cdot h \cdot 1,033}{76} = \frac{\pi \cdot 1,033 h}{76} (d^2 - d_{\text{м.к.}}^2), \quad (10)$$

где d_m - диаметр мембраны, см;

$d_{\text{м.к.}}$ - диаметр малого клапана, см.

Сила поднимающая мембрану вверх:

$$P_M = \frac{F_M \cdot h \cdot 1,033}{76}. \quad (11)$$

Переключение клапанов наступит при равенстве:

$$P_{\text{б.к.}} = P_M \text{ или } F_{\text{б.к.}} \cdot h = F_M \cdot h. \quad (12)$$

Для верхней мембраны переключение клапанов произойдет в момент, где сила $P_{\text{м.к.}}$ превысит величину P_M плюс вес клапана или, если не учитывать веса клапана.

$$P_{\text{м.к.}} = P_M \text{ или } F_{\text{м.к.}} \cdot h = F_M \cdot h. \quad (13)$$

После переключения клапанов, мембрана будет удерживаться в верхнем положении силой, которую можно подсчитать, умножив площадь большого клапана на разность давлений, т.е.

$$P_{\text{б.к.}} = \frac{F_{\text{б.к.}} \cdot h \cdot 1,033}{76} = \frac{\pi d_m^2}{4} \cdot \frac{h \cdot 1,033}{76}, \quad (14)$$

где d_m - диаметр большого клапана с мембраной, см;

$P_{\text{б.к.}}$ - сила, действующая на большой клапан с мембраной, кг.

Сила, действующая на малый клапан с резиновой шайбой:

$$P_{\text{м.к.}} = \frac{F_{\text{м.к.}} \cdot h \cdot 1,033}{76}. \quad (15)$$

При равенстве $P_{\text{м.к.}} = P_M$ - заполняется воздухом камера 4п или $F_{\text{м.к.}} \cdot h = F_M \cdot h_2$

из полученных уравнений

$$F_{\text{б.к.}} \cdot h = F_M \cdot h_1$$

$$F_{\text{м.к.}} \cdot h = F_M \cdot h_2 \text{ для мембраны.}$$

Деля первое уравнение на второе, получим:

$$\frac{F_{z.h.}}{F_{.h.}} = \frac{h_1}{h_2}. \quad (16)$$

Таким образом отношение площадей клапанов в пульсоколлекторе равно отношению изменения величины вакуума в камере 1п и в управляющей камере 4п, что обеспечивает изменение частоты пульсации и соотношение тактов в зависимости от изменения вакуума в камере 1п. Таким образом, происходит обеспечение адекватного изменения технологических рабочих параметров пульсатора от интенсивности молоковыведения.

Выводы. Установлено, что равенство отношений площадей клапанов в пульсоколлекторе к отношению изменения величины вакуума в камере 1 п и в управляющей камере 4 п обеспечивает изменение частоты пульсации и соотношения тактов в зависимости от изменения вакуума в камере 1 п. Это позволяет обеспечить адекватное изменение технологических рабочих параметров пульсоколлектора от интенсивности молоковыведения.

Список литературы

1. Анисько П.Е. Физиологическое обоснование переменного режима машинного доения коров при автоматическом регулировании вакуума: автореф. дис. – Жодино, 1988 – 22 с.
2. Фененко А.И. Механизация доения коров. Теория и практика. Монография. К., 2008. – 196 с.
3. Ужик В.Ф., Чигрин А.А. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров регулятора вакуумметрического давления в доильном аппарате // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, вип. 78., Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва / Харків, 2009. – С. 282- 291.
4. Пульсоколектор. Пат. №44461 А Україна, МПК А 01 J 7/00. / Ходарєв В.Я., Піскун В.І.; Савран В.П., Грицаєнко Л.В Інститут тваринництва УААН. - №2001042130; заявл. 02.04.2001; опубл. 15.02.2002, Бюл.№2.
5. Мельников С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов - Ленинград, Агропромиздат. 1985. – 640 с.

Анотація

Теоретичне обґрунтування конструктивно-режимних параметрів пульсоколлектора ПВД-2-3.

Ходарєв В.Я.

Встановлено, що рівність відношення площ клапанів в пульсоколлекторі до відношення змін величини вакуума в камері 1 п і в керуючій камері 4 п забезпечує зміну частоти пульсації та співвідношення тактів в залежності від зміни вакуума в камері 1 п. Це дозволяє забезпечити адекватну зміну

*технологічних робочих параметрів пульсоколектора від інтенсивності
молоковиведення.*

Abstract

Teoreticheskoe justification constructive-regime parameters pulsokollektora PVD-2-3

V. Hodarev

*Found that equality area ratios valve pulsokollektore relation to changes in the
magnitude of the vacuum chamber 1 and n in the control chamber 4 n provides
frequency change ratio and pulsation cycles depending on the change in the vacuum
chamber 1 § This ensures adequate technological change operating parameters
pulsokollektora the intensity of lactation.*