

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОНТУРА ГИДРОСТАБИЛИЗИРОВАННОГО ПУЛЬСАТОРА АДАПТИВНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

Владимир Федорович Ужик
Алексей Иванович Тетерядченко
Оксана Владимировна Китаёва

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина

В предложенном авторами варианте доильного аппарата ползун коммутатора вакуумметрического давления пульсатора снабжен вкладышем, введением которого в паз ползуна или выведением за его пределы изменяют соотношение тактов пульсатора. Для обеспечения заданного соотношения тактов подбирают ширину пазов воздушных каналов, ширину перемычек между пазами, перебег ползуна по перемычкам между пазами, ширину паза ползуна, ширину вкладыша, а также ход ползуна. Именно ход ползуна, а также усилие, развиваемое на нем для перемещения, выбраны для теоретического обоснования конструктивно-режимных параметров гидравлического контура пульсатора. Длительность цикла пульсатора зависит от частоты пульсаций. Расход жидкости можно представить как расход жидкости через трубку с учетом скорости ее движения и площади ее поперечного сечения и получить уравнение, характеризующее возможное значение хода ползуна при определенных конструктивных параметрах гидравлического контура. Давление в левой камере пульсатора формируется в результате деформации левой мембранны под воздействием трубки, получающей усилие перемещения от правой мембранны под воздействием вакуумметрического давления, подаваемого в правую камеру. Однако при этом происходят потери усилия, направленного на преодоление сопротивления скольжению ползуна коммутатора вакуумметрического давления, которое зависит от вакуумметрического давления в пазе ползуна, его площади поперечного сечения и коэффициента трения ползуна по основанию. Как показал анализ, при частоте пульсаций 60 пульс/мин, вакуумметрическом давлении 48 кПа, интервале варьирования диаметра трубы 0,5...1,3 мм и диаметра мембранны 30...70 мм ход ползуна будет варьировать в интервале 0,02...24,83 мм, а при частоте пульсаций 40 пульс/мин и вакуумметрическом давлении 33 кПа – в интервале 0,02...30,88 мм.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: доильный аппарат, пульсатор, коммутатор, ползун, вакуумметрическое давление, паз, канал, вкладыш, трубка, мембрана.

SUBSTANTIATION OF STRUCTURAL AND OPERATING PARAMETERS OF HYDRAULIC CIRCUIT OF A HYDROSTABILIZED PULSATOR OF AN ADAPTIVE MILKING MACHINE

Vladimir F. Uzhik
Aleksey I. Tetyeradchenko
Oksana V. Kitayova

Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin

The authors have proposed the version of a milking machine in which the slider of the vacuum gauge pressure switch of the pulsator is equipped with a liner that alters the ratio of cycles of the pulsator when inserted into the groove of the slider or moved beyond it. In order to achieve the target ratio of cycles it is necessary to select an adequate width of the air channel grooves, the width of the jumpers between the grooves, the overtravel of the slider across the jumpers between the grooves, the width of the slider groove, the width of the liner, and the slider stroke. The slider stroke and the force developed on it for movement were chosen as a theoretical substantiation of structural and operating parameters of the hydraulic circuit of the pulsator. The duration of the pulsator cycle depends on the frequency of pulsations. The liquid flow rate can be represented as the flow rate of liquid through the tube with the account of its flow velocity and the area of its cross section. Here an equation can be derived that characterizes the possible value of the slider stroke at certain design parameters of the hydraulic circuit. The pressure in the left chamber of the pulsator is created due to the deformation of the left membrane under the action of the tube, which receives the propulsive effort from the right membrane under the influence of vacuum gauge pressure applied to the right chamber. However, this process

is accompanied by the losses of effort aimed at overcoming the sliding resistance of the slider of the vacuum gauge pressure switch. This resistance depends on the vacuum gauge pressure in the slider groove, its cross-sectional area and the coefficient of friction of the slider over the base. The analysis has shown that if the pulsation rate is 60 pulses per minute, the vacuum gauge pressure is 48 kPa, the variation range of the tube diameter is 0.5-1.3 mm and the membrane diameter is 30-70 mm, then the slider stroke will vary within the range from 0.02 to 24.83 mm, and from 0.02 to 30.88 mm at the pulsation frequency of 40 pulses per minute and vacuum gauge pressure of 33 kPa.

KEY WORDS: milking machine, pulsator, switch, slider, vacuum gauge pressure, groove, channel, liner, tube, membrane.

В современном доильном оборудовании, обладающем элементами адаптивного доения, управляемыми параметрами являются вакуумметрическое давление, частота пульсаций и соотношение тактов пульсаций пульсатора в зависимости от интенсивности потока молока, выводимого либо из соска, либо в целом по вымени доящейся коровы [1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 13]. Однако не все указанные параметры легкодоступны к реализации в случае использования доильного аппарата в переносном варианте. Особенно это касается изменения частоты пульсаций и соотношения тактов пульсатора. В предложенном варианте конструкции переносного доильного аппарата со сбором молока в доильное ведро регулятор вакуумметрического давления доения, управляемый датчиком потока молока, установлен на участке вакуумпровод – доильное ведро, к которому, как и молокоприемная камера коллектора, подключен двухполупериодный гидростабилизированный пульсатор [3]. Еще одной отличительной особенностью является то, что ползун 2 коммутатора вакуумметрического давления пульсатора снабжен вкладышем 5, введением которого в паз ползуна 2 или выведением за его пределы изменяют соотношение тактов пульсатора в зависимости от интенсивности потока молока (рис. 1).

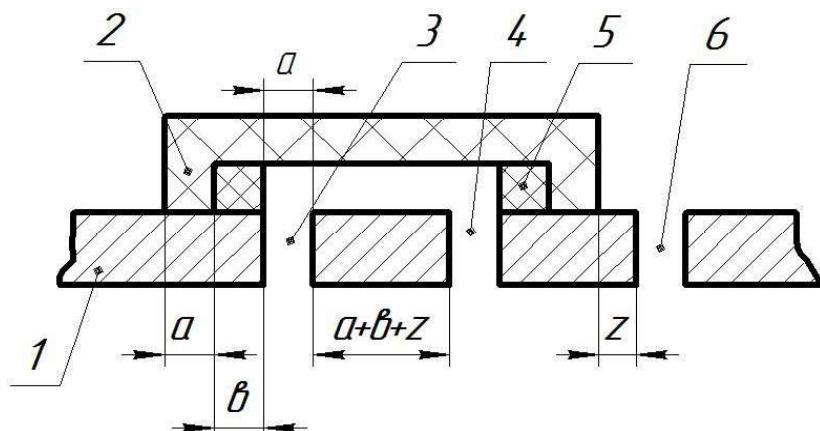


Рис. 1. Коммутатор вакуумметрического давления пульсатора:
1 – основание; 2 – ползун; 3, 4, 6 – паз; 5 – вкладыш

Для обеспечения заданного соотношения тактов необходимо подбирать ширину a пазов воздушных каналов 3, 4 и 6, ширину перемычек между пазами, перебег z ползуна по перемычкам между пазами, ширину паза ползуна, ширину вкладыша b , а также ход L ползуна [11].

Уравнение, характеризующее ход ползуна, при котором обеспечивается реализация заданного соотношения тактов пульсатора, можно представить в виде

$$L = 2a + \frac{2a(K_2 - K_1)}{2K_1 + K_1 K_2 - K_2} + \frac{\left(2a + \frac{2a(K_2 - K_1)}{2K_1 + K_1 K_2 - K_2}\right)(1 - K_1)}{2K_1}, \quad (1)$$

где K_1 – коэффициент, характеризующий соотношение тактов пульсатора при доении в стимулирующем режиме

$$K_1 = \frac{S_{coc1}}{S_{cж1}}, \quad (2)$$

где S_{coc1} – перемещение ползуна при такте сосания, м;

$S_{cж1}$ – перемещение ползуна при такте сжатия, м;

K_2 – коэффициент, характеризующий соотношение тактов пульсатора при доении вnomинальном режиме

$$K_2 = \frac{S_{coc2}}{S_{cж2}}, \quad (3)$$

где S_{coc2} – перемещение ползуна при такте сосания, м;

$S_{cж2}$ – перемещение ползуна при такте сжатия, м.

Именно ход ползуна, а также усилие, развиваемое на нем для перемещения по основанию и выполнения коммутации воздушных потоков, выбраны для теоретического обоснования конструктивно-режимных параметров гидравлического контура, схема которого приведена на рисунке 2.

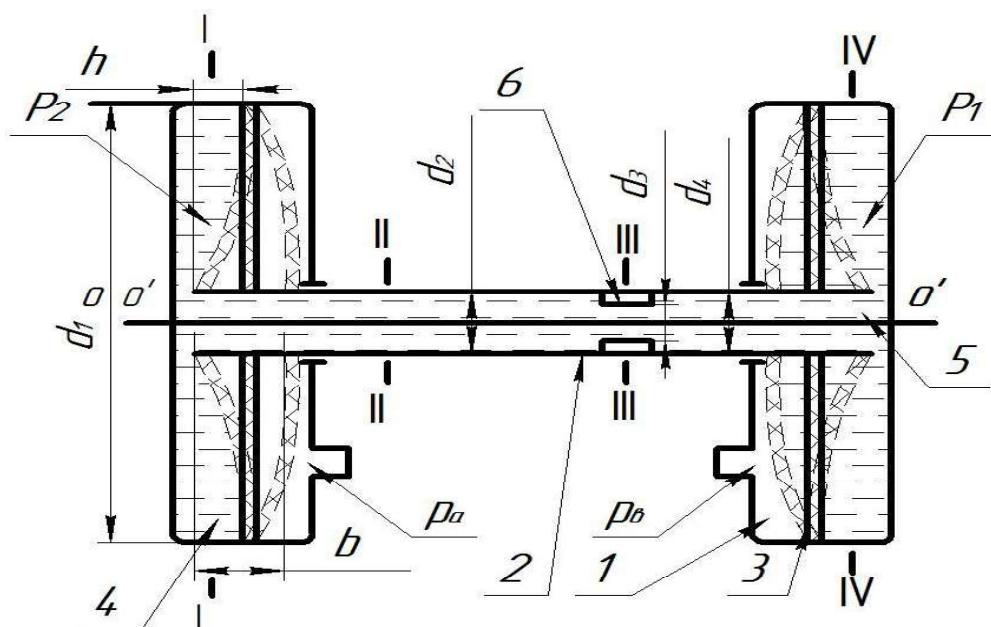


Рис. 2. Схема гидравлического контура пульсатора:
1, 4, 5 – камера; 2 – трубка; 3 – мембрана; 6 – жиклер

Чередование в противофазе атмосферного и вакуумметрического давления в правой и левой камерах 1 вызывает колебание правой и левой мембранны 3, соединяемых между собой трубкой 2 с жиклером 6, что приводит к ее возвратно-поступательному движению, тем самым обеспечивая перемещение ползуна 2 коммутатора (рис. 1). Так как сообщаемые между собой трубкой 2 (рис. 2) правая и левая камеры 4 заполнены жидкостью, то при подаче, например, в правую камеру 1 вакуумметрического давления правая мембрана 3 отклоняется влево, тем самым увеличивая объем правой камеры 4, перемещая трубку 2 влево, деформируя левую мембрану 3 и уменьшая объем левой камеры 4. При этом жидкость по трубке 2 перетекает из левой в правую камеру 4, обеспечивая плавное протекание процесса перемещения трубы с ползуном 2 коммутатора (рис. 2), тем самым осуществляя коммутацию воздушных потоков. Затем происходит переключение подачи вакуумметрического давления в левую камеру 1 (рис. 1), а правая сообщается с атмосферой. Происходит обратное перетекание жидкости и перемещение трубы 2 с ползуном 2 (рис. 1). Цикл завершен.

Следует заметить, что изменение хода ползуна 2 (рис. 1), а следовательно, и трубы 2 (рис. 2), вызванное необходимостью обеспечения заданного соотношения тактов, при одновременном изменении и других конструктивно-режимных параметров коммутатора, приводит к изменению частоты пульсаций пульсатора, если не будет изменена скорость его перемещения, которая, в свою очередь, зависит от количества жидкости, перекачиваемой из камеры в камеру гидравлического контура пульсатора, и скорости перетекания ее через трубку 2.

Очевидно, что длительность цикла пульсатора зависит от частоты пульсаций

$$t = \frac{60}{n}, \quad (4)$$

где t – длительность цикла пульсатора, с;

n – частота пульсаций пульсатора, пульс/мин.

Как следует из рисунка 2, в течение этого времени жидкость должна быть перекачана из одной камеры в другую и обратно. При этом ее расход будет равен

$$Q = \frac{2V}{t}, \quad (5)$$

где Q – расход жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$;

V – объем жидкости, м^3 .

Объем жидкости, перекачиваемой за цикл одного пульса пульсатора, будет равен четырем объемам усеченного конуса, диаметром основания которого является наружный диаметр d_1 мембранны, диаметром при вершине – диаметр d_2 трубы 2, а высота составляет половину L хода ползуна, описываемого уравнением (1)

$$V = \frac{\pi L}{6} (d_1^2 + d_2^2 + d_1 d_2). \quad (6)$$

В то же время расход жидкости можно представить как расход жидкости через трубку 2 с учетом скорости ее движения и площади ее поперечного сечения

$$Q = \vartheta \omega, \quad (7)$$

где ϑ – скорость движения жидкости, $\text{м}/\text{с}$;

ω – площадь поперечного сечения трубы, м^2 .

В этом случае с учетом уравнения (5) можно записать

$$\frac{2V}{t} = \vartheta \omega \quad (8)$$

или с учетом уравнения (4)

$$\frac{Vn}{30} = \vartheta \omega. \quad (9)$$

Площадь поперечного сечения трубы можно представить как

$$\omega = \frac{\pi d_2^2}{4}, \quad (10)$$

где d_2 – диаметр трубы, м^2 .

Подставив уравнение (10) в уравнение (9) и решив его относительно V , получим

$$V = \frac{15\vartheta \pi d_2^2}{2n}. \quad (11)$$

Возможное значение хода ползуна при определенных конструктивных параметрах гидравлического контура, частоте пульсаций пульсатора и скорости перетекания жидкости получаем, используя уравнения (6) и (11)

$$L = \frac{45\vartheta d_2^2}{n(d_1^2 + d_2^2 + d_1 d_2)}. \quad (12)$$

Как правило, движение жидкости достаточно точно описывается уравнением Бернулли [6]. В нашем случае, как это выполнено в работе [12], будем рассматривать

движение жидкости в гидравлическом контуре пульсатора на четырех участках при горизонтально расположенной плоскости сравнения (как показано на рис. 2), из чего следует, что скорость жидкости в трубке 2 равна

$$g = \frac{\sqrt{\left(\frac{32vl}{gd_2^2}\right)^2 + 4\left(\frac{\xi_1 + \xi_2 + \xi_3}{2g}\right)\left(\frac{\rho_1}{\gamma}\right)} - \frac{32vl}{gd_2^2}}{\frac{\xi_1 + \xi_2 + \xi_3}{g}}. \quad (13)$$

где v – кинематическая вязкость жидкости, m^2/c ;

l – длина трубы, m ;

ζ_1 – коэффициент местного сопротивления – вход в трубку.

ζ_2 – коэффициент местного сопротивления – жиклер;

ζ_3 – коэффициент местного сопротивления – выход из трубы.

Поставив уравнение (13) в уравнение (12), получим

$$L = \frac{45dg\left(\sqrt{\left(\frac{32vl}{gd_2^2}\right)^2 + 4\left(\frac{\xi_1 + \xi_2 + \xi_3}{2g}\right)\left(\frac{\rho_1}{\gamma}\right)} - \frac{32vl}{gd_2^2}\right)}{n(d_1^2 + d_2^2 + d_1d_2)(\xi_1 + \xi_2 + \xi_3)} \quad (14)$$

или с учетом значений ζ_1 , ζ_2 и ζ_3

$$L = \frac{45dg\left(\sqrt{\left(\frac{32vl}{gd_2^2}\right)^2 + 4\left(\frac{\left(\frac{d_1^2}{d_2^2} - 1\right)^2 + \left(\frac{d_2^2}{d_3^2} - 1\right)^2 + \left(\frac{d_2^2}{d_1^2} - 1\right)^2}{2g}\right)\left(\frac{\rho_1}{\gamma}\right)} - \frac{32vl}{gd_2^2}\right)}{n(d_1^2 + d_2^2 + d_1d_2)\left(\left(\frac{d_1^2}{d_2^2} - 1\right)^2 + \left(\frac{d_2^2}{d_3^2} - 1\right)^2 + \left(\frac{d_2^2}{d_1^2} - 1\right)^2\right)}. \quad (15)$$

Как следует из рисунка 2, давление p , например в левой камере 4 пульсатора, формируется в результате деформации левой мембранны 3 под воздействием трубы 2, получающей усилие перемещения от правой мембранны 3 под воздействием вакуумметрического давления, подаваемого в правую камеру 1. Однако при этом происходят потери усилия, направленного на преодоление F_{mp} сопротивления скольжению ползуна коммутатора вакуумметрического давления

$$F_{m1} = F_{m2} - F_{mp}, \quad (16)$$

где F_{m1} – усилие на воспринимающей воздействие трубы мемbrane, H ;

F_{m2} – усилие на мемbrane, воспринимающей вакуумметрическое давление, H .

Сопротивление скольжению ползуна зависит от коммутируемого вакуумметрического давления в пазе ползуна, его площади поперечного сечения и коэффициента трения ползуна по поверхности основания

$$F_{mp} = k p_{kom} S_{polz}, \quad (17)$$

где k – коэффициент трения;

p_{kom} – коммутируемое вакуумметрическое давление, kPa ;

S_{polz} – площадь поперечного сечения паза ползуна, m^2 .

Ширина паза ползуна зависит от ширины пазов воздушных каналов в основании коммутатора, а также коэффициентов соотношения тактов при доении в различных режимах. Тогда площадь поперечного сечения паза ползуна определяется как

$$S_{no_{13}} = l \left(3a + 3 \frac{2a(K_2 - K_1)}{2K_1 + K_1K_2 - K_2} + \frac{\left(2a + \frac{2a(K_2 - K_1)}{2K_1 + K_1K_2 - K_2} \right)(1 - K_1)}{2K_1} \right), \quad (18)$$

где l – длина паза ползуна, м.

В этом случае уравнение (17) приобретает вид

$$F_{mp} = kp_{kom} l \left(3a + 3 \frac{2a(K_2 - K_1)}{2K_1 + K_1K_2 - K_2} + \frac{\left(2a + \frac{2a(K_2 - K_1)}{2K_1 + K_1K_2 - K_2} \right)(1 - K_1)}{2K_1} \right). \quad (19)$$

Тогда можно записать

$$p_1 = P_{vac} - \frac{4F_{mp}}{\pi(d_1^2 - d_2^2)}, \quad (20)$$

где P_{vac} – вакуумметрическое давление, Па.

Или:

$$p_1 = P_{vac} - \frac{4kp_{kom} l \left(3a + 3 \frac{2a(K_2 - K_1)}{2K_1 + K_1K_2 - K_2} + \frac{\left(2a + \frac{2a(K_2 - K_1)}{2K_1 + K_1K_2 - K_2} \right)(1 - K_1)}{2K_1} \right)}{\pi(d_1^2 - d_2^2)}. \quad (21)$$

Далее, используя уравнение (21), определяем возможное значение хода ползуна при определенных конструктивных параметрах гидравлического контура, частоте и соотношении тактов пульсаций пульсатора

$$L = 45dg \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{32vl}{gd_2^2} \right)^2 + 4 \left(\frac{\left(\frac{d_1^2}{d_2^2} - 1 \right)^2 + \left(\frac{d_2^2}{d_3^2} - 1 \right)^2 + \left(\frac{d_3^2}{d_1^2} - 1 \right)^2}{2g} \right) \\ 4kp_{kom} l \left(3a + 3 \frac{2a(K_2 - K_1)}{2K_1 + K_1K_2 - K_2} + \frac{\left(2a + \frac{2a(K_2 - K_1)}{2K_1 + K_1K_2 - K_2} \right)(1 - K_1)}{2K_1} \right) - \frac{32vl}{gd_2^2} \\ \frac{P_{vac}}{\lambda} - \frac{\pi\lambda(d_1^2 - d_2^2)}{\left(d_1^2 + d_2^2 + d_1d_2 \right) \left(\left(\frac{d_1^2}{d_2^2} - 1 \right)^2 + \left(\frac{d_2^2}{d_3^2} - 1 \right)^2 + \left(\frac{d_3^2}{d_1^2} - 1 \right)^2 \right)} \end{array} \right\}. \quad (22)$$

Следует заметить, что если уравнение (1) характеризует зависимость хода ползуна от конструктивно-режимных параметров коммутатора воздушных потоков, то уравнение (22) характеризует зависимость хода ползуна от конструктивно-режимных параметров гидравлического контура гидростабилизированного пульсатора. Приравняв их и задаваясь одними параметрами, можно аналитическим путем получить другие. Однако из-за достаточно громоздкого представления реализовать их достаточно затруднительно. Поэтому теоретическое исследование полученного аналитического выражения выполним с их визуализацией путем представления в графическом виде, что позволит установить интервал варьирования хода ползуна в зависимости от изучаемых конструктивно-режимных параметров гидравлического контура двухполупериодного гидростабилизированного пульсатора.

Переменные величины:

- диаметр мембранны $d_1 = 30 \dots 70$ мм;
- диаметр трубы $d_2 = 0,5 \dots 1,3$ мм;
- частота пульсаций $n = 40; 60$ пульс/мин.

Как показал анализ теоретических исследований гидравлического контура пульсатора, графическая интерпретация которого представлена на рисунках 3 и 4, по мере увеличения диаметра мембранны наблюдается уменьшение хода (перемещения трубы) ползуна коммутатора и, наоборот, с увеличением диаметра трубы резко возрастет ход ползуна.

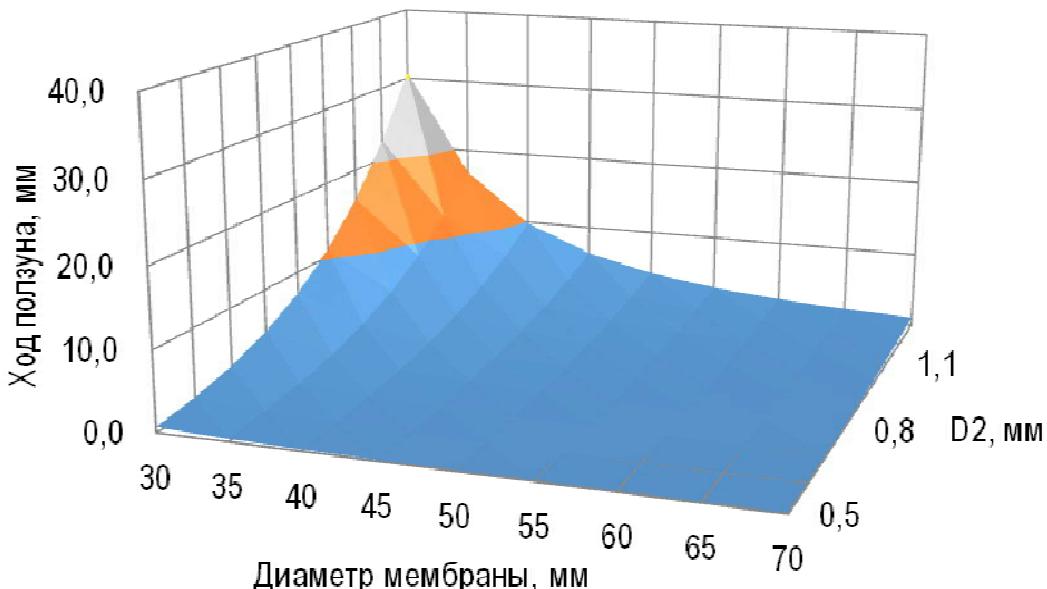


Рис. 3. Ход ползуна (перемещение трубы) пульсатора при частоте пульсаций 60 пульс/мин и вакуумметрическом давлении 48 кПа

Так, при частоте пульсаций 60 пульс/мин, вакуумметрическом давлении 48 кПа, интервале варьирования диаметра трубы 0,5...1,3 мм и диаметра мембранны 30...70 мм наблюдается ход ползуна в интервале от 0,02 до 24,83 мм, причем минимальное значение – при диаметре трубы 0,5 мм и диаметре мембранны – 70 мм. Максимальное перемещение ползуна обеспечивается при диаметре трубы 1,3 мм при минимальном диаметре мембранны – 30 мм.

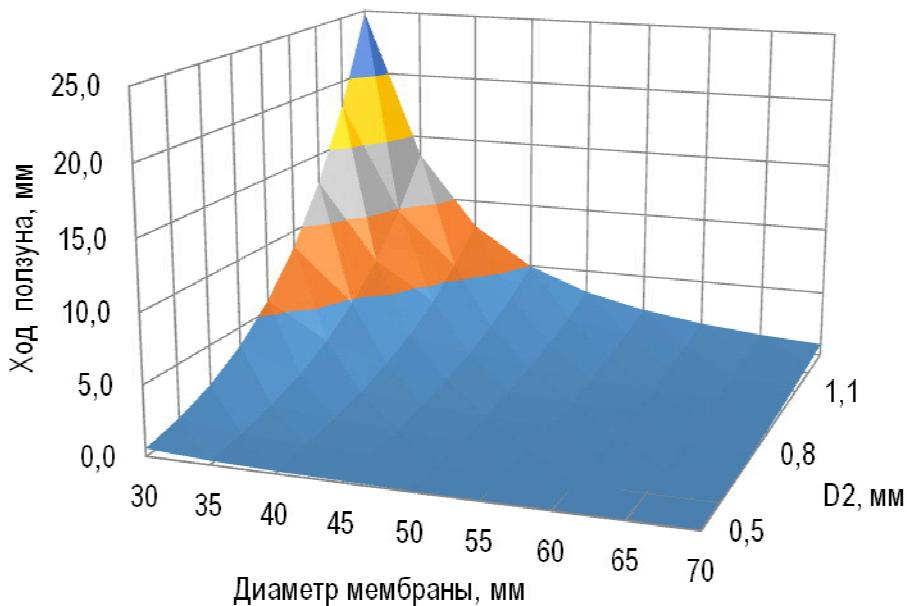


Рис. 4. Ход ползуна (перемещение трубы) пульсатора при частоте пульсаций 40 пульс/мин и вакуумметрическом давлении 33 кПа

При частоте пульсаций 40 пульс/мин и вакуумметрическом давлении 33 кПа ход трубы варьирует в интервале 0,02...30,88 мм.

Таким образом, приведенные результаты теоретических исследований позволяют обосновать основные конструктивно-режимные параметры гидростабилизированного двухполупериодного пульсатора, при которых обеспечивается заданное соотношение тактов и частота пульсаций пульсатора.

Выводы

1. Установлено, что ход ползуна находится во взаимосвязи с конструктивными и режимными параметрами коммутатора. Поэтому для обеспечения коммутации воздушных потоков в заданных пределах варьирования коэффициентов, характеризующих соотношения тактов пульсатора при различных режимах доения (K_1 – коэффициента, характеризующего соотношение тактов пульсатора при доении в стимулирующем режиме, 0,9...0,6, а K_2 – коэффициента, характеризующего соотношение тактов пульсатора при доении в номинальном режиме, в интервале 1,1...2,0), выбор хода ползуна находится в интервале от 7,01 до 30,24 мм.

2. При анализе уравнения (19), характеризующего силу трения скольжения ползуна по основанию коммутатора, установлено, что при конструктивных параметрах ползуна, соответствующих интервалу варьирования соотношения тактов пульсаций пульсатора (K_1 – коэффициента, характеризующего соотношение тактов пульсатора при доении в стимулирующем режиме, 0,9...0,6, а K_2 – коэффициента, характеризующего соотношение тактов пульсатора при доении в номинальном режиме, в интервале 1,1...2,0), при коммутируемом вакуумметрическом давлении, равном 48 кПа, соответствующем доению в номинальном режиме, сила трения скольжения изменяется в пределах от 1,65 до 10,73, в то время как при коммутации вакуумметрического давления 33 кПа (при доении в стимулирующем режиме) сила трения скольжения варьирует в интервале 1,13...7,45 Н.

3. Как показал анализ теоретических исследований гидравлического контура пульсатора, по мере увеличения диаметра мембранны наблюдается уменьшение хода (перемещения трубы) ползуна коммутатора, и, наоборот, с увеличением диаметра трубы резко возрастет ход ползуна. Так, при частоте пульсаций 60 пульс/мин, вакуумметрическом давлении 48 кПа, интервале варьирования диаметра трубы 0,5...1,3 мм и диаметра мембранны 30...70 мм наблюдается ход ползуна в интервале от 0,02 до 24,83 мм, причем

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

минимальное значение – при диаметре трубы 0,5 мм и диаметре мембранны – 70 мм. Максимальное перемещение ползуна обеспечивается при диаметре трубы 1,3 мм при минимальном диаметре мембранны – 30 мм. При частоте пульсаций 40 пульс/мин и вакуумметрическом давлении 33 кПа ход трубы варьирует в интервале 0,02...30,88 мм.

Библиографический список

1. Андрианов Е.А. Исследование устройства для управления режимом работы стимулирующе-адаптивного доильного аппарата / Е.А. Андрианов, А.М. Андрианов, А.А. Андрианов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2014. – Вып. 3 (43). – С. 123–130.
2. Андрианов Е.А. Совершенствование доильных аппаратов непрерывного доения / Е.А. Андрианов А.М. Андрианов, А.А. Андрианов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – Вып. 4 (39). – С. 84–93.
3. Заявка № 2015150676 РФ, МПК A01J 7/00. Доильный аппарат / Ужик В.Ф., Тетерядченко А.И. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ (RU); – приоритет 25.11.2015.
4. Кирсанов В.В. Направления совершенствования исполнительных механизмов доильных установок / В.В. Кирсанов, К.С. Щукин, В.Н. Легеза // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 1. – С. 64–65.
5. Кирсанов В.В. Пути совершенствования оборудования для доения и первичной обработки молока / В.В. Кирсанов, В.Н. Кравченко // Тракторы и сельхозмашини. – 2005. – № 9. – С. 41.
6. Константинов Ю.М. Гидравлика : учебник / Ю.М. Константинов. – 2-е изд. перераб. и доп. – Киев : Вища школа, 1988. – 398 с.
7. Краснов И.Н. Влияние машинного доения на секрецию молока у коров / И.Н. Краснов, А.Ю. Краснова, А.С. Макаренко // Научная мысль. – 2015. – № 3. – С. 208–214.
8. Краснов И.Н. Повышение эффективности работы доильного аппарата четвертного доения / И.Н. Краснов, А.С. Макаренко // Вестник аграрной науки Дона. – 2014. – Т. 26. – № 2. – С. 16–25.
9. Некрашевич В.Ф. Выведение молока из вымени коровы доильным аппаратом / В.Ф. Некрашевич, В.М. Ульянов // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 3. – С. 15–17.
10. Соловьев С.А. Методика моделирования высокоскоростного, энергосберегающего доильного аппарата / С.А. Соловьев, В.А. Шахов // 14 Международный симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных : матер. международной науч.-практ. конф. – Углич : Научно-производственное предприятие «Фемакс», 2008. – С. 169–176.
11. Ужик В.Ф. К изменению соотношения тактов пульсатора доильного аппарата / В.Ф. Ужик, А.И. Тетерядченко, О.В. Ужик // Научная жизнь. – 2016. – № 12. – С. 15–25.
12. Ужик О.В. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров переносного адаптивного манипулятора доения коров с автономным источником питания : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / О.В. Ужик. – Белгород, 2007. – 174 с.
13. Экспериментальные исследования доильного аппарата с верхним отводом молока из коллектора в лабораторных условиях / В.М. Ульянов, В.А. Хрипин, Н.С. Панферов, А.В. Набатчиков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – № 3 (31). – С. 65–70.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Владимир Федорович Ужик – доктор технических наук, профессор кафедры «Машины и оборудование в агробизнесе», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я Горина», Российская Федерация, Белгородская обл., Белгородский район, п. Майский, тел. 8(4722) 39-22-72; 8 (919) 433-75-97, E-mail: uzhik16@rambler.ru.

Алексей Иванович Тетерядченко – аспирант кафедры «Машины и оборудование в агробизнесе», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я Горина», Российская Федерация, Белгородская обл., Белгородский район, п. Майский, тел. 8(904) 533-02-59, E-mail: tetyeradchenko-a@mail.ru.

Оксана Владимировна Китайева – доктор технических наук, доцент кафедры «Электрооборудование и электротехнологии в АПК», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я Горина», Российская Федерация, Белгородская обл., Белгородский район, п. Майский, тел. 8(4722) 39-12-80; 8(910) 737-84-39, E-mail: oksanauzhik@mail.ru

Дата поступления в редакцию 06.03.2017

Дата принятия к печати 06.04.2017

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Vladimir F. Uzhik – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Machinery and Equipment in Agribusiness, Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin, Russian Federation, Belgorod Oblast, Belgorod District, Mayskiy, tel. 8(4722) 39-22-72, 8(919) 433-75-97, E-mail: uzhik16@rambler.ru.

Aleksey I. Tetyeradchenko – Post-graduate Student, the Dept. of Machinery and Equipment in Agribusiness, Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin, Russian Federation, Belgorod Oblast, Belgorod District, Mayskiy, tel. 8(904) 533-02-59, E-mail: tetyeradchenko-a@mail.ru.

Oksana V. Kitayova – Doctor of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Electrical Equipment and Electrical Technologies in Agro-Industrial Complex, Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin, Russian Federation, Belgorod Oblast, Belgorod District, Mayskiy, tel. 8(4722) 39-12-80, E-mail: oksanauzhik@mail.ru.

Date of receipt 06.03.2017

Date of admittance 06.04.2017