

Обоснование конструктивно-режимных параметров пульсатора адаптивного доильного аппарата

В.Ф. Ужик, д.т.н., профессор, **О.В. Ужик**, к.т.н., **О.А. Чехунов**, к.т.н., **Д.Н. Клёсов**, аспирант, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ; **В.А. Шахов**, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Отрасль молочного скотоводства располагает значительными резервами дальнейшего увеличения производства молока.

Наряду с кормлением, поением, способом содержания и многими другими факторами, влияющими на продуктивность молочного стада, машинное доение имеет немаловажное значение. Машинное доение является одной из самых трудоёмких технологических операций в молочном скотоводстве. В то же время оно несовершенно [1].

Основной рабочей орган любой доильной установки – доильный аппарат. Он состоит из доильных стаканов, коллектора, пульсатора, шлангов и трубок. Работа любого доильного аппарата происходит циклически. Каждый цикл состоит из двух или трёх тактов, что в свою очередь разделяет доильные аппараты на двухтактные и трёхтактные. Смену тактов осуществляют пульсатор и коллектор [2, 3].

Однако важным недостатком современных доильных аппаратов является неполное выдаивание молока из вымени коров. Одна из причин данного явления – недостаточная его адаптация к физиологии вымени животных, в результате чего происходит передержка доильных стаканов на вымени, а также зачастую несвоевременное переключение на пониженный вакуум при снижении молокоотдачи [3–7].

Материал и методы исследования. В результате синтеза собранного материала нами предложен механический пульсатор (рис. 1) с возможностью автоматического регулирования частоты пульсаций и соотношения тактов [8–10].

Отличительная особенность пульсатора – наличие вращающегося с регулируемой частотой золотника (рис. 2) со сходящимися книзу наклонными разделительными стенками вакуумметрической и атмосферной камер, одновременно имеющего возможность продольного перемещения в корпусе относительно впускных и выпускных отверстий для изменения соотношения тактов пульсаций.

Результаты исследования. На золотник разработанного нами пульсатора действует сила прижатия F (рис. 3) к внутренней поверхности корпуса пульсатора, которая определяется по формуле:

$$F = S \cdot (P_{ATM} - P_{BAK}), \quad (1)$$

где S – площадь золотника, воспринимающая воздействие разности давления P_{ATM} и P_{BAK} , м²;
 P_{ATM} – атмосферное давление, Па;
 P_{BAK} – вакуумметрическое давление, Па.

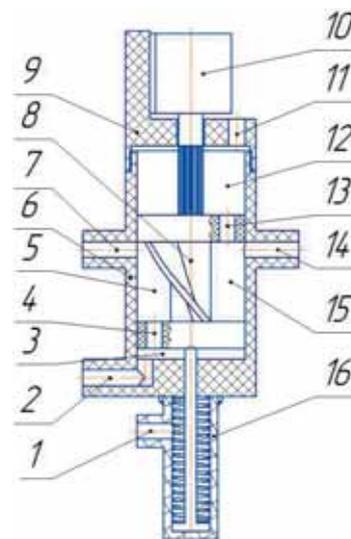


Рис. 1 – Пульсатор механический:

1, 2, 7, 14 – патрубки; 3, 5 – камеры вакуумметрического давления; 4, 11, 13 – отверстия; 6 – корпус пульсатора; 8 – золотник; 9 – крышка; 10 – электродвигатель; 12, 15 – камеры атмосферного давления; 16 – корпус пневмоцилиндра

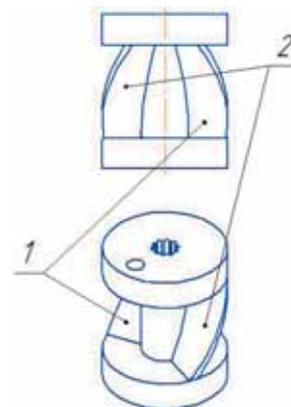


Рис. 2 – Золотник пульсатора:

1, 2 – разделительные стенки камер вакуумметрического и атмосферного давления

Горизонтальная составляющая силы прижатия определяется по формуле:

$$F_x = S_1 \cdot (P_{ATM} - P_{BAK}) \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

где α – угол наклона разделительных пластин золотника, °.

Площадь контакта в данном случае представляет собой усечённый эллипс и определяется из соотношения:

$$S_1 = S_{\text{э}} - S_{C.э.1} - S_{C.э.2}, \quad (3)$$

где $S_{\text{э}}$ – площадь эллипса, м²;

$S_{C.э.1}$ и $S_{C.э.2}$ – площади сегментов эллипса, м².

Площадь эллипса мы можем определить как площадь круга под углом:

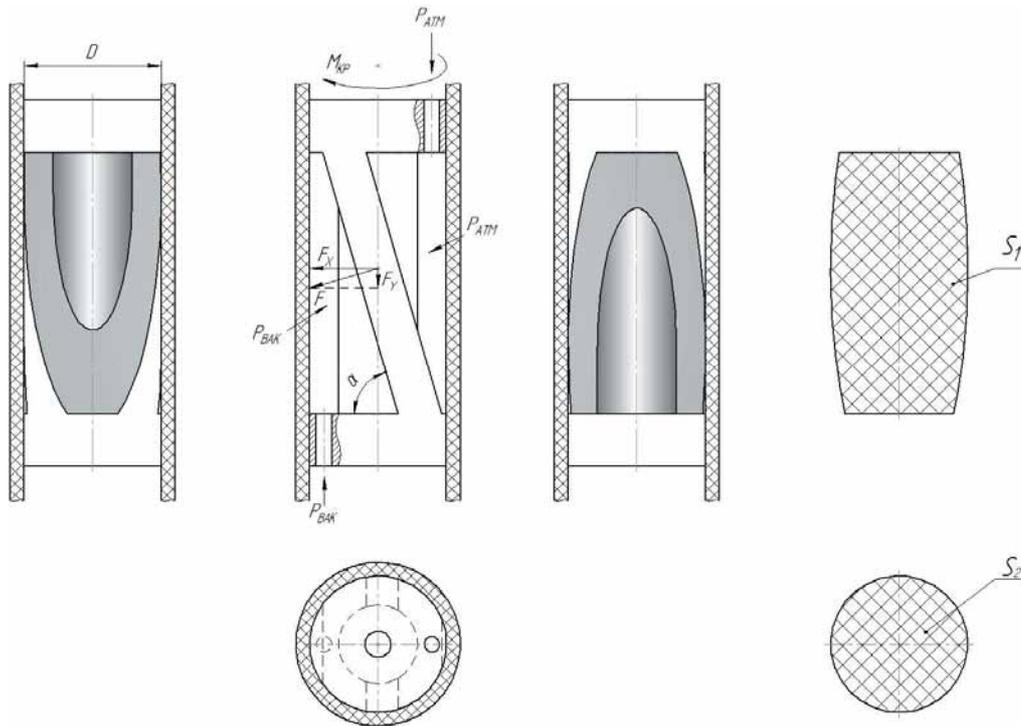


Рис. 3 – Схема сил, действующих на золотник

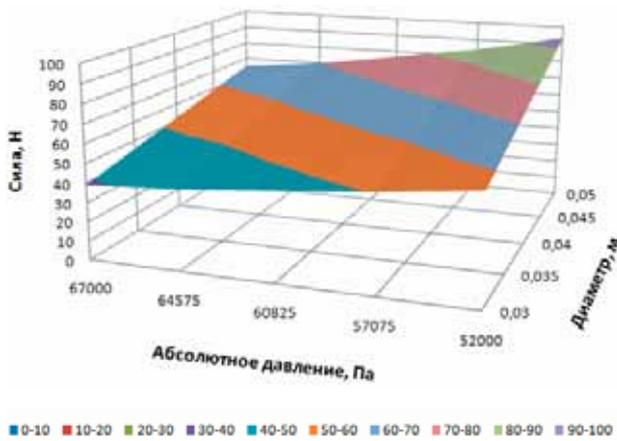


Рис. 4 – График зависимости горизонтальной составляющей силы прижатия от вакуумметрического давления и диаметра золотника

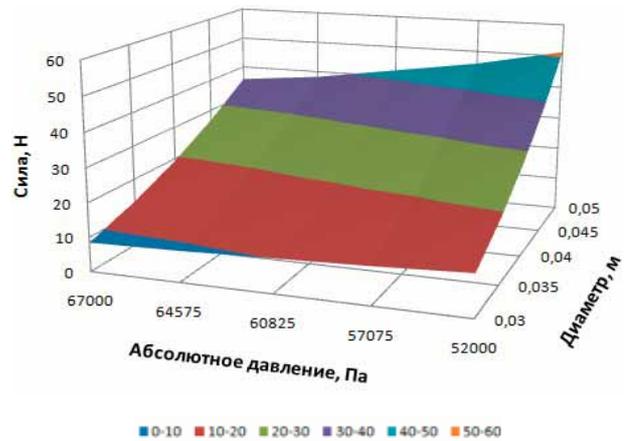


Рис. 5 – График зависимости вертикальной составляющей силы прижатия от вакуумметрического давления и диаметра золотника

$$S_{\text{Э}} = \frac{\pi d^2}{4 \cos \alpha'} \quad (4)$$

где d – диаметр золотника, м.

Площадь сегмента эллипса мы можем определить также как площадь сегмента круга под углом. Получим:

$$S_{\text{СЭ.1}} = \frac{R^2(\alpha_1 - \sin \alpha_1)}{2 \cos \alpha},$$

$$S_{\text{СЭ.2}} = \frac{R^2(\alpha_2 - \sin \alpha_2)}{2 \cos \alpha}, \quad (5)$$

где α_1 и α_2 – углы отсекаемых сегментов, °;
 R – радиус золотника, м.

Подставляем уравнения (4) и (5) в уравнение (3), получаем:

$$S_1 = \frac{\pi d^2}{4 \cos \alpha} - \frac{R^2(\alpha_1 - \sin \alpha_1)}{2 \cos \alpha} - \frac{R^2(\alpha_2 - \sin \alpha_2)}{2 \cos \alpha} \quad (6)$$

Подставив уравнение (6) в уравнение (2), получим:

$$F_x = \left(\frac{\pi d^2}{4 \cos \alpha} - \frac{R^2(\alpha_1 - \sin \alpha_1)}{2 \cos \alpha} - \frac{R^2(\alpha_2 - \sin \alpha_2)}{2 \cos \alpha} \right) \cdot (P_{\text{ATM}} - P_{\text{BAK}}) \cdot \sin \alpha. \quad (7)$$

Согласно уравнению (7) график зависимости горизонтальной составляющей силы прижатия от значений вакуумметрического давления и диаметра исполнительного механизма представлен на рисунке 4.

Вертикальная составляющая F_Y силы прижатия F , действующей на разделительную пластину золотника, будет равна:

$$F_Y = S_2 \cdot (P_{ATM} - P_{BAK}) \cdot \cos \alpha. \quad (8)$$

Площадь контакта в данном случае представляет собой круг и определяется по формуле:

$$S_2 = S_{\kappa} = \frac{\pi d^2}{4}. \quad (9)$$

Подставив уравнение (9) в уравнение (8), получим:

$$F_Y = \frac{\pi d^2}{4} \cdot (P_{ATM} - P_{BAK}) \cdot \sin \alpha. \quad (10)$$

Согласно уравнению (10) график зависимости вертикальной составляющей силы прижатия от значений вакуумметрического давления и диаметра исполнительного механизма представлен на рисунке 5.

Таким образом, нами получено уравнение для расчёта горизонтальной составляющей силы взаимодействия золотника с внутренней поверхностью корпуса пульсатора, которое может быть положено в основу расчёта необходимого крутящего момента $M_{кр}$ привода золотника:

$$M_{кр} = f(P_{BAK}, P_{ATM}, F_X, D, k), \quad (11)$$

где k – коэффициент трения.

Также уравнение для расчёта усилия, действующего на золотник в вертикальной плоскости, которое может быть использовано при обосновании параметров механизма его перемещения по оси ординат в процессе изменения соотношения тактов пульсаций пульсатора.

Использование данного пульсатора в конструкции адаптивного доильного аппарата за счёт автоматического регулирования частоты пульсаций и соотношения тактов позволит повысить степень выдаиваемости коров на 3–5%.

Выводы.

1. Математическим моделированием рабочего процесса пульсатора установлено, что как горизонтальная, так и вертикальная составляющая

усилия прижатия золотника к внутренней поверхности корпуса пульсатора, равно как необходимый крутящий момент привода золотника и усилие его перемещения по оси ординат, зависят от коммутируемых атмосферного и вакуумметрического давления, диаметра золотника, площади золотника, воспринимающей разность давлений, угла наклона разделительной пластины и коэффициента трения.

2. Применение адаптивного доильного аппарата с механическим пульсатором позволит улучшить степень выдаиваемости коров на 3–5%.

Литература

1. Передня В.И. Совершенствование доильного аппарата // Научно-технический прогресс в животноводстве: перспективная система машин – основа реализации стратегии машинно-технологического обеспечения животноводства на период до 2010 г.: сб. науч. трудов. Подольск, 2004. Т. 13. Ч. 2. С. 137–140.
2. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства / под ред. директ. Департамента научно-технической политики и образования Минсельхоза России В.В. Нунгезера, акад. РАСХН Ю.Ф. Лачуги и чл.-корр. РАСХН В.Ф. Федоренко. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. Ч. II. 492 с.
3. Шахов В.А. Техническое обеспечение реализации потенциала молочной продуктивности коров: автореф. дисс. ... докт. техн. наук. Мичуринск-Наукоград, 2011.
4. Ужик О.В. К обоснованию параметров регулирующих устройств адаптивного доильного аппарата // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (30). С. 82–86.
5. Шахов В.А. Повышение эффективности использования и эксплуатационной надёжности доильных аппаратов / В.А. Шахов, В.Д. Поздняков, А.П. Козловцев, И.В. Герасименко // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. № 1 (67).
6. Шахов В.А. Методика проектирования высокоскоростных доильных машин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 29 (1).
7. Карташов Л.П., Соловьёв С.А., Шахов В.А. Лабораторные стенды для испытания животноводческой техники. М.: Колос, 2009.
8. Патент №2539957 RU, МПК А 01 j 5/10 (2006.01). Пульсатор для доильных установок / Ужик В.Ф., Клёсов Д.Н., Ужик О.В. №2013146314/13. Заявлено 16.10.2013. Опубл. 27.01.2015. Бюл. № 3.
9. Ужик В.Ф., Клёсов Д.Н., Ужик О.В. Механический пульсатор для доильных аппаратов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2014. № 4 (16). С. 86–88.
10. Ужик В.Ф. Пульсатор адаптивного доильного аппарата / В.Ф. Ужик, О.А. Чехунов, О.В. Ужик, П.Ю. Кокарев, Д.Н. Клёсов // Сельский механизатор. 2014. № 12. С. 26–27.