

УДК 637.115.6

UDC 637.115.6

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ДОИЛЬНОГО АППАРАТА С ВЕРХНИМ
ОТВОДОМ МОЛОКА ИЗ КОЛЛЕКТОРА****THEORETICAL STUDIES OF A MILKING
DEVICE WITH AN OVERHEAD MILK
REMOVAL FROM THE COLLECTOR**

Панферов Николай Сергеевич
аспирант кафедры технических систем в АПК
*Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева, Рязань,
Россия*

Panfyorov Nikolay Sergeevich
postgraduate student, Department of Technical
systems in agroindustrial complex
*Ryazan State Agrotechnological University n.a. P.A.
Kostycheva, Ryazan, Russia*

Набатчиков Алексей Викторович
аспирант кафедры технических систем в АПК
*Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева, Рязань,
Россия*

Nabatchikov Alexey Viktorovich
postgraduate student, Department of Technical
systems in agroindustrial complex
*Ryazan State Agrotechnological University n.a. P.A.
Kostycheva, Ryazan, Russia*

Целью исследований явилась теоретическое обоснование основных конструктивно-технических параметров экспериментального доильного аппарата с верхним отводом молока из коллектора. Доильный аппарат состоит из доильных стаканов, коллектора, пульсатора, шлангов молочного и вакуумного. Коллектор выполнен с верхним отводом молока посредством вертикально установленной отсасывающей трубки. Верхний конец которой, расположен в области выходного молочного патрубка, а нижний – в области дна молокосорборной камеры коллектора. В статье представлены результаты теоретических исследований по аналитическому обоснованию конструктивно-технических параметров доильного аппарата. Представлены графические зависимости характеризующие сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований доильного аппарата

The aim of the research was the theoretical justification of the main design-technological parameters of the experimental milking apparatus with an overhead milk removal from the collector. The milking machine comprises teat cups, collector, pulsator, milk hose, and vacuum. The manifold is formed with an upper withdrawal of milk by means of a vertically mounted suction tube. The upper end of which is located in the output region of the milk tube, and the bottom – in the bottom of the milk camera collector. The article presents the results of theoretical studies on the analytical substantiation of structural and technical parameters of the milking machine. It presents graphic dependences characterizing the convergence of results of theoretical and experimental studies of the milking machine

Ключевые слова: МАШИННОЕ ДОЕНИЕ,
ДОИЛЬНЫЙ АППАРАТ, КОЛЛЕКТОР,
ОТСАСЫВАЮЩАЯ ТРУБКА,
ВАКУУММЕТРИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ,
ДАВЛЕНИЕ МОЛОКА, ПОДСОС ВОЗДУХА,
ОТВЕРСТИЕ ДЛЯ ВПУСК ВОЗДУХА,
МОЛОЧНО-ВОЗДУШНАЯ СМЕСЬ,
ПЛОТНОСТНАЯ НЕРАВНОМЕРНОСТЬ,
КОЭФФИЦИЕНТ АБСОЛЮТНОГО
ВОЗДУШНОГО ФАКТОРА

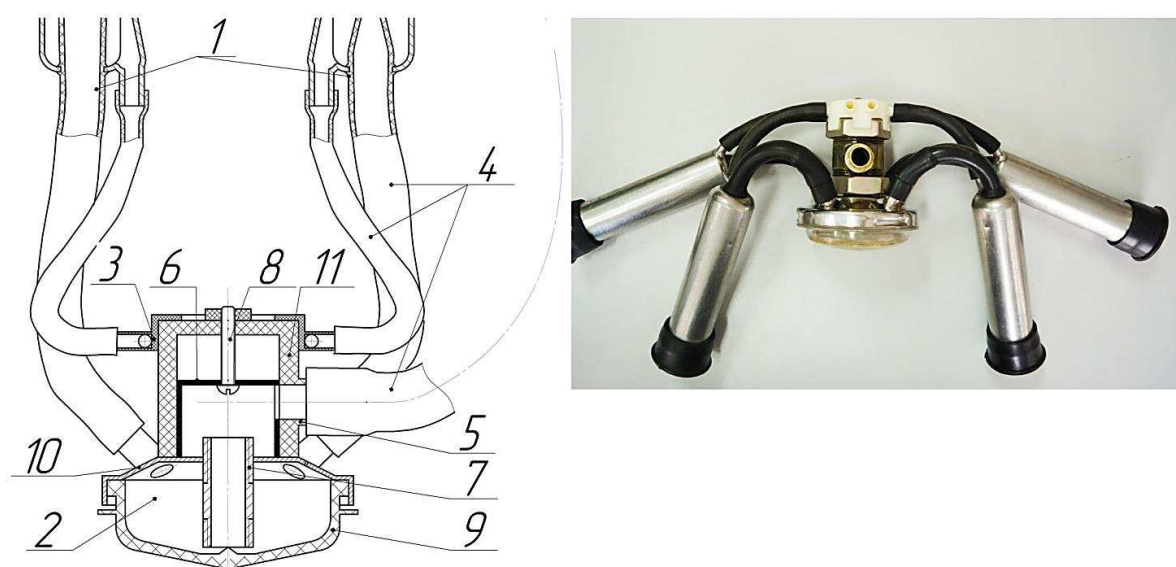
Keywords: AUTOMATIC MILKING, MILKING
MACHINE, COLLECTOR, SUCTION TUBE,
VACUUM PRESSURE, PRESSURE OF MILK, AIR
INTAKE, AIR INLET, MIXTURE OF MILK AND
AIR, NONUNIFORMITY OF DENSITY,
COEFFICIENT OF ABSOLUTE AIR FACTOR

Doi: 10.21515/1990-4665-126-014

Машинное доение коров является одним из технологических процессов, от уровня развития которого, в значительной мере зависит эффективность молочного скотоводства в целом [1]. Поэтому стабильное и прибыльное

функционирования хозяйства на современном этапе немислимо без оснащения предприятий совершенной доильной техникой [2,3].

На кафедре технических систем в АПК ФГБОУ ВО РГАТУ разработан и изготовлен двухтактный доильный аппарат попарного доения с верхней эвакуацией молока из коллектора (рис. 1), обладающий повышенной отсасывающей способностью, что обеспечивает быстрое выдаивание высокопродуктивных коров [4].



А.

Б.

1 – доильные стаканы; 2 – коллектор; 3 – распределитель; 4 – шланги; 5 – выходной молочный патрубок; 6 – клапан; 7 – отсасывающая трубка; 8 – шток; 9 – крышка молоко-сборной камеры; 11 – корпус коллектора; 12 – корпус клапана:

Рисунок 1 – Подвесная часть доильного аппарата: А – схема; Б – общий вид

Подвесная часть аппарата включает в себя двухкамерные доильные стаканы 1, коллектор 2, распределитель 3, шланги 4. Коллектор выполнен с верхним расположением выходного молочного патрубка 5, перекрывающегося клапаном 6. Внутри коллектора по осевой установлена отсасывающая трубка 7, нижний конец которой размещен у дна крышки молоко-сборной камеры 9 коллектора, а верхний – в зоне выходного отверстия молочного патрубка 5. Подключение и отключение коллектора осуществляется оператором посредством штока 8,

перемещающего клапан 6, который своей боковой поверхностью перекрывает выходное отверстие молочного патрубка [5].

При доении молоко от доильных стаканов поступает в молокосборную камеру коллектора и далее отсасывается через трубку и выходной патрубок в молокопровод. За счет верхнего отвода молока из коллектора повышается его отсасывающая способность и стабилизируется вакуумный режим под сосками вымени при доении коровы [6].

Задача теоретических исследований это выявление аналитических зависимостей по обоснованию конструктивно-технических параметров доильного аппарата с верхним отводом молока из коллектора, при которых в реализуется его работоспособность. Теоретические исследования предусматривали применение уравнения Бернулли и закона сохранения количества движения изолированной массы жидкости, при гидравлическом расчете доильного аппарата.

Анализ априорной информации и предварительные однофакторные эксперименты по изучению процесса доения показали, что основные количественные показатели, влияющие на эффективность работы двухтактного доильного аппарата попарного доения с верхним отводом молока из коллектора, это расход воздуха и пропускная способность коллектора. Наиболее значимыми конструктивно-техническими параметрами, оказывающими влияние на работоспособность доильного аппарата, являются значение вакуумметрического давления, диаметр отверстия в корпусе коллектора для впуска воздуха и диаметр отверстия отсасывающей трубки, обеспечивающей отвод молока из коллектора.

Коллектор – основное звено в цепи гидравлического контура доильного аппарата, где происходит формирование молоковоздушной смеси. Ввод воздуха в коллектор должен осуществляться через специальное отверстие, чтобы исключить пульсацию движения молока. От подачи воздуха в коллектор зависит качество молока, характер доения и структура потока

молоковоздушной смеси. При верхней эвакуации молока из коллектора в молокопровод необходима диспергированная структура молоко-воздушного потока, плотность которого должна быть меньше плотности молока. В этом случае появляется дополнительная подъёмная сила от неоднородности плотностей, повышающая стабильность вакуума и снижающая рабочее разрежение процессе доения коров.

Очевидно, подача $Q_в$ воздуха в коллектор будет зависеть от диаметра отверстия $d_о$ для впуска воздуха (рис. 2).

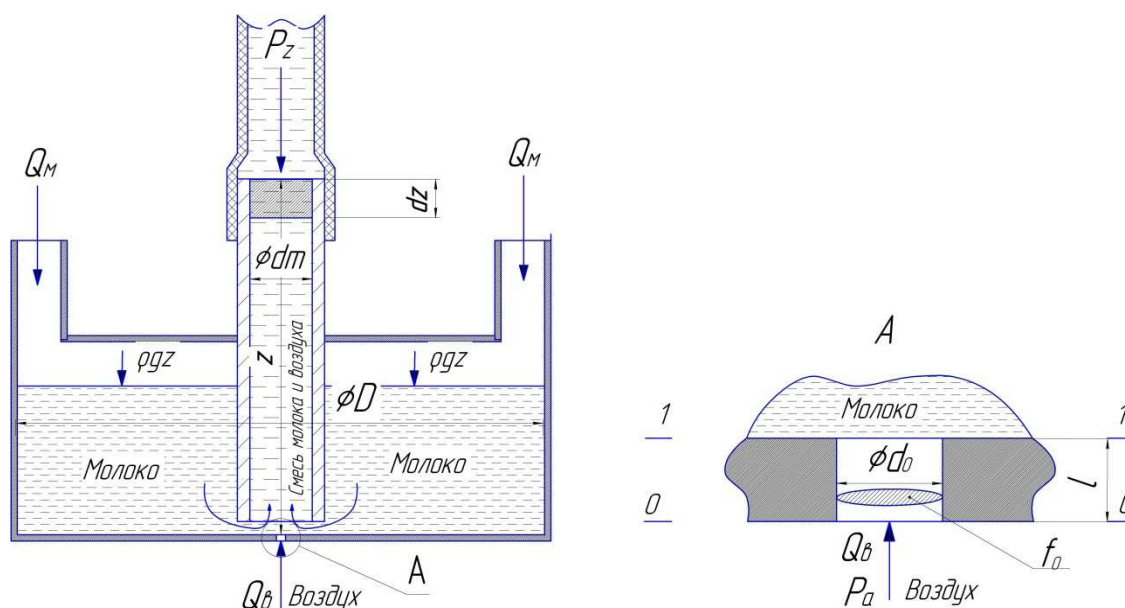


Рисунок 2 – Расчетная схема коллектора

Воздух из атмосферы поступает в коллектор и совместно с молоком, образуя смесь, отводится через отсасывающую трубку. Рассмотрим установившееся движение. Давление над отверстием, через которое происходит впуск воздуха в коллектор, будет:

$$p_m = p + \rho_{см} g z \tag{1}$$

где p – абсолютное давление среды в коллекторе, Па; z – высота столба смеси (воздух и молоко) над отверстием, м; $\rho_{см}$ – плотность молоковоздушной смеси, кг/м³; g – ускорение свободного падения м/с².

Применим закон изменения количества для изолированной массы воздуха между сечениями 0-0 и 1-1 (рис. 2). В сечении 0-0 действует сила

от атмосферного давления p_a , направленная внутрь изолированной массы воздуха ($P_1 = p_a f_0$), а в сечении 1-1 действует сила $P_2 = p_m f_0$, направленная навстречу. На изолированную массу воздуха действует сила тяжести F_g :

$$F_g = f_0 \cdot l \cdot \rho_e \cdot g \quad (2)$$

где f_0 – площадь сечения отверстия для впуска воздуха в коллектор, м²; l – расстояние между сечениями, равное толщине стенки корпуса коллектора, м; ρ_e – плотность воздуха, кг/м³.

На стенках отверстия действует сила трения F_{mp} , которую представим на основании уравнения Дарси-Вейсбаха:

$$F_{mp} = \lambda \cdot \frac{l}{d_0} \cdot v_1^2 \cdot \rho_e \cdot f_0 \quad (3)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения; d_0 – диаметр отверстия для впуска воздуха в коллектор, м; v_1 – скорость движения воздуха, м/с.

Запишем уравнение количества движения:

$$\rho_e \cdot Q_e \cdot v_1 - \rho_e \cdot Q_e \cdot v_0 = p_a \cdot f_0 - f_0 \cdot l \cdot \rho_e \cdot g - \lambda \cdot \frac{l}{d_0} \cdot v_1^2 \cdot \rho_e \cdot f_0 - (p + \rho_{cm} \cdot g \cdot z) f_0 \quad (4)$$

Учитывая, что воздух поступает из атмосферы, то его скорость в сечении 0-0 можно принять $v_0 = 0$. Толщина стенки коллектора, в которой выполнено отверстие и его диаметр соизмеримы, то в первом приближении будет $l/d_0 \approx 0$. Весом воздуха можно пренебречь из-за малой величины, тогда выражение (4) примет вид:

$$\rho_e \cdot Q \cdot v_1 = p_a \cdot f_0 - \lambda \cdot \frac{v_1^2}{2} \cdot \rho_e \cdot f_0 - (p + \rho_{cm} \cdot g \cdot z) f_0 \quad (5)$$

Так как $Q_e = v_1 \cdot f_0$, тогда, после преобразований имеем:

$$\rho_e \cdot v_1^2 + \lambda \cdot \frac{v_1^2}{2} \cdot \rho_e = p_e - \rho_{cm} \cdot g \cdot z \quad (6)$$

Откуда выражаем скорость движения воздуха v_1 :

$$v_1 = \sqrt{\frac{(p_e - \rho_{cm} g z)}{\rho_e (1 + 0,5\lambda)}} \quad (7)$$

где $p_в$ – величина вакуумметрического давления, кПа

По выражению (7) можно определить скорость поступления воздуха в коллектор. В числителе подкоренного выражения второй член представляет давление молоковоздушного столба смеси. При отсутствии молока в коллекторе данное слагаемое будет равно нулю.

Умножив обе части уравнения (7) на площадь поперечного сечения отверстия f_0 , получим подачу воздуха в коллектор в единицу времени

$$Имеем Q_в = \sqrt{\frac{(p_в - \rho_{см} g \cdot z)}{\rho_в (1 + 0,5\lambda)}} \cdot f_0 \text{ или } Q_в = \sqrt{\frac{(p_в - \rho_{см} g \cdot z)}{\rho_в (1 + 0,5\lambda)}} \cdot \frac{\pi d_0^2}{4} \quad (8)$$

Для проверки сходимости результатов была проведена серия экспериментов на разработанной установке, описанной в литературе [7,8]. На рисунке 3 представлены графические зависимости, полученные по формуле (8) при величине вакуума 48 кПа и по результатам эксперимента.

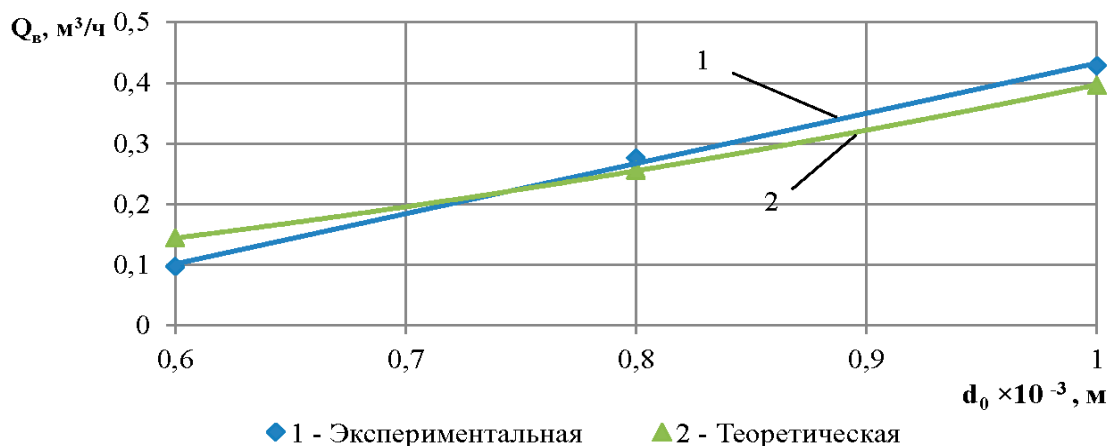


Рисунок 3 – Зависимости количества всасываемого воздуха от диаметра впускного отверстия: 1 – экспериментальная, 2 – теоретическая.

Как видно из рисунка 3 зависимости 1 и 2 пересекаются. Однако если принимать во внимание, что у серийно выпускаемых коллекторов доильных аппаратов отверстие для подсоса воздуха находится в пределах 0,7...0,8 мм, то можно говорить о хорошей сходимости результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Для стабильной работы коллектора при доении требуется определенное соотношение между молоком и поступающим воздухом. Различное сочетание подач воздуха Q_a и молока Q_m в процессе даже одной дойки приводит к образованию кольцевого, диспергированного и пробкового режимов движения потока смеси. Режимы движения характеризуются величиной коэффициента абсолютного воздушного фактора k [9], который равен:

$$k = \frac{Q_a}{Q_m} \quad (9)$$

Подставляя в формулу (9) значение Q_a из выражения (8), получим:

$$k = \frac{\pi d_0^2 \sqrt{\frac{p_a - \rho_{cm} g z}{\rho_a (1 + 0,5\lambda)}}}{4Q_m} \quad (10)$$

Решая выражение (10) относительно диаметра отверстия для подсоса воздуха в коллектор, получаем

$$d_0 = \sqrt{\frac{4k \cdot Q_m}{\pi \cdot \sqrt{\frac{(p_a - \rho_{cm} g z)}{\rho_a (1 + 0,5\lambda)}}}} \quad (11)$$

По выражению (11) следует определять диаметр отверстия для впуска воздуха в коллектор при требуемых значениях k и Q_m . Значение коэффициента λ определяют из эксперимента.

Образование молоковоздушной смеси происходит на входе отсасывающей трубки, по которой затем происходит отвод её из коллектора. Оптимальным условием транспортировки молока соответствует диспергированный режим движения молоковоздушной смеси. Который зависит не только от равномерной в течении цикла доения подачи воздуха и молока, но и необходимого диаметра отсасывающей трубки коллектора.

Для определения диаметра отсасывающей трубки прибегнем к уравнению Бернулли для непрерывного потока реальной жидкости. Расчетная схема коллектора представлена на рисунке 2.

Уравнение Бернулли в дифференциальной форме для участка dz в отсасывающей трубке:

$$dz + \frac{dp}{\rho_{см} g} + \frac{dv_{см}^2}{2g} + dh_n = 0 \quad (12)$$

где p – давление в элементарном участке; $v_{см}$ – скорость смеси; h_n – потери напора при перемещении смеси по отсасывающей трубке.

При замене скорости потока производительностью, получим:

$$dz + \frac{dp}{\rho_{см} g} + \frac{dQ_{см}^2}{2gf^2} + dh_n = 0 \quad (13)$$

Допустим, что движение смеси в отсасывающей трубке при её равном диаметре по длине установившееся, тогда объемный расход в любом сечении неизменный $Q_{см} = const$, поэтому $dQ_{см} = 0$ и уравнение (13) будет:

$$dz + \frac{dp}{\rho_{см} \cdot g} + dh_n = 0 \quad (14)$$

Для определения потерь напора при движении смеси в отсасывающей трубке воспользуемся уравнением Дарси-Вейсбаха, дифференцируя его, учитывая при этом то, что $\lambda, v_{см} = const$, а $Q_{см} = v_{см} f_m$:

$$dh_n = d\left(\lambda \cdot \frac{z}{d_m} \cdot \frac{v_{см}^2}{2g}\right) = \frac{\lambda}{d_m} \cdot \frac{v_{см}^2}{2g} \cdot dz = \frac{\lambda \cdot Q_{см}^2}{2d_m \cdot f_m^2 \cdot g} \cdot dz \quad (15)$$

где d_m – диаметр отсасывающей трубки, м.

Принимая во внимание, что отсасывающая способность коллектора по смеси равна сумме подач в единицу времени по молоку и воздуху, тогда

$$Q_{см} = Q_m + Q_g = Q_m \left(1 + \frac{Q_g}{Q_m}\right) = Q_m (1 + k) \quad (16)$$

где k определяется по выражению (9).

Заменяя, в выражении (15) $Q_{см}$ его значением из (16), получаем

$$dh_n = \frac{\lambda \cdot v_{см} \cdot Q_m \cdot (1+k)}{2d_m \cdot f_m \cdot g} dz \quad (17)$$

Тогда в уравнение (14) с учетом формулы (17) примет вид

$$dz + \frac{dp}{\rho_{cm}g} + \frac{\lambda \cdot v_{cm} \cdot Q_m (1+k)}{2d_m \cdot f_m \cdot g} \cdot dz = 0 \quad (18)$$

Определим объемный расход по молоку. Молокосборная камера и отсасывающая трубка коллектора являются сообщающимися сосудами (рис. 2). Согласно закону сообщающихся сосудов давление на уровне ввода воздуха в трубку может быть записано как по молоку, так и по молоковоздушной смеси. Без учета гидравлических потерь при движении молоковоздушной смеси, запишем

$$p_h + \rho_m gh = p_z + \rho_{cm}gz \quad (19)$$

где h – высота уровня молока в молокосборной камере коллектора, м; p_h, p_z – давления, действующие соответственно на зеркало молока в молокосборной камере на уровне h и молоковоздушную смесь в отсасывающей трубке на уровне z , Па.

Если принять в первом приближении, что давление p_h и p_z равны, то выражение (19) будет

$$\rho_m gh = \rho_{cm}gz \quad (20)$$

Продифференцируем выражение (20) по времени:

$$\rho_m \cdot g \cdot \frac{dh}{dt} = \rho_{cm} \cdot g \cdot \frac{dz}{dt} \quad (21)$$

Или с учетом того, что $\frac{dh}{dt} = v_m, \frac{dz}{dt} = v_{cm}$ имеем:

$$\rho_m \cdot g \cdot v_m = \rho_{cm} \cdot g \cdot v_{cm} \quad (22)$$

где v_m – скорость движения молока в молокосборной камере коллектора, м/с.

Расход по молоку в молокосборной камере можно записать:

$$Q_m = F \cdot v_m \quad (23)$$

где F – площадь поперечного сечения молока в молокосборной камере коллектора, м²;

При совместном решении выражений (22) и (23), получаем

$$v_{cm} = \frac{Q_m \cdot \rho_m}{F \cdot \rho_{cm}} \quad (24)$$

При установившемся движении молоковоздушной смеси в отсасывающей трубке расход, как по молоку, так и по смеси постоянный. Проинтегрируем выражение (18) в пределах интегрирования от 0 до z и от p_2 до p_1 , получим

$$\frac{(p_1 - p_2)}{\rho_{см} \cdot g} - z = \frac{\lambda}{d_m} \cdot \frac{v_{см} \cdot Q_m (1+k)}{2f_m \cdot g} \cdot z \quad (25)$$

Подставляем значение скорости смеси из формулы (24) в выражение (25), после преобразований получаем:

$$(p_1 - p_2) - \rho_{см} g z = \frac{\lambda}{d_m} \cdot \frac{\rho_m \cdot Q_m^2 (1+k)}{2F \cdot f_m} \cdot z \quad (26)$$

Решая формулу (26) относительно диаметра отсасывающей трубки d_T , принимая во внимание то, что $f_m = \frac{\pi d_m^2}{4}$ и $F = \frac{\pi D^2}{4}$, после преобразований:

$$d_m = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot \lambda \cdot \rho_m \cdot Q_m^2 \cdot (1+k) \cdot z}{\pi^2 \cdot D^2 \cdot [(p_1 - p_2) - \rho_{см} \cdot g \cdot z]}} \quad (27)$$

Формула (27) включает в себя основные конструктивно-технические параметры коллектора с верхним отводом молока и может быть использована для определения диаметра отсасывающей трубки при требуемых значениях коэффициента абсолютного воздушного фактора k и объемного расхода по молоку Q_m . Как было сказано, на транспортирующую способность потока смеси решающее влияние оказывает равномерная в течении цикла подача воздуха, обеспечивающая диспергированный режим в отсасывающей трубке. В связи с этим является важным техническим решением разработанный коллектор, обеспечивающий подачу воздуха непосредственно в отсасывающую трубку, что приводит к уменьшению плотности смеси и её диспергированному режиму движению. Это явление ведет к максимальному использованию силы от плотностной неравномерности,

снижает падение разрежения при транспортировке молока и повышает отсасывающую способность доильного аппарата.

Представленные аналитические зависимости могут быть использованы для расчетов коллектора с верхней эвакуацией молока и дальнейших теоретических исследований по совершенствованию конструкции доильных аппаратов.

Список литературы

1. Совершенствование доения коров при привязном содержании/Ульянов В.М.//Техника в сельском хозяйстве, 2008, №3 . С.12-14.
2. Физиологически адаптированный доильный аппарат/Ульянов В.М., Хрипин В.А. Сельский механизатор, 2007, №2. С. 34.
3. Устройство для автоматического снятия подвесной части доильного аппарата/Ульянов В.М., Хрипин В.А., Коледов Р.В./В сборнике: Актуальные проблемы агроинженерии и их инновационные решения. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной юбилею специальных кафедр инженерного факультета (60 лет кафедрам "Эксплуатация машинно-тракторного парка", "Технология металлов и ремонт машин", "Сельскохозяйственные, дорожные и специальные машины, 50 лет кафедре "Механизация животноводства"). Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, инженерный факультет. 2013. С. 104-106.
4. Двухтактный доильный аппарат с верхним отводом молока из коллектора/Ульянов В.М., Панферов Н.С., Набатчиков А.В. В сборнике: Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий. Материалы XIX Международной научно-производственной конференции. ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. 2015. С. 81.
5. Ульянов В. М., Хрипин В. А., Набатчиков А. В. Панферов Н. С. Коледов Р. В. Двухтактный доильный аппарат попарного доения // Патент России № 2565276, заявл. 02.06.14, опубл. 20.10.15, Бюл. № 29.
6. Лабораторные исследования коллектора доильного аппарата/ Набатчиков А.В., Панферов Н.С., Ульянов В.М.//В сборнике: ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА. Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". 2016. С. 86-89
7. Экспериментальные исследования устройства для автоматического снятия доильного аппарата в лабораторных условиях / Хрипин В.А., Ульянов В.М., Кирьянов А.Ю., Коледов Р.В., Панферов Н.С. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2016. - № 1. - С. 91-97.
8. Стенд для испытания доильных аппаратов [Текст] / В. А. Хрипин, В. М. Ульянов, Р. В. Коледов, Н. С. Панферов // Сельский механизатор. - 2015. - № 7. – С. 22-25.
9. Кузьмин А. Е. Гидравлическая характеристика доильных установок. – Иркутск: Изд-во Иркут. Ун-та, 1997. – 176с.

References

<http://ej.kubagro.ru/2017/02/pdf/14.pdf>

1. Sovershenstvovanie doenija korov pri privjaznom sodержanii/ Ul'janov V.M.//Tehnika v sel'skom hozjajstve, 2008, №3 . S.12-14.

2. Fiziologičeski adaptirovannyj doil'nyj apparat/ Ul'janov V.M., Hripin V.A. Sel'skij mehanizator, 2007, №2. S. 34.

3. Ustrojstvo dlja avtomatičeskogo snjatija podvesnoj časti doil'nogo apparata/ Ul'janov V.M., Hripin V.A., Koledov R.V./V sbornike: Aktual'nye problemy agroinženerii i ih innovacionnye rešenija. Sbornik nauchnyh trudov po materialam mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, posvjashhennoj jubileju special'nyh kafedr inženernogo fakul'teta (60 let kafedram "Jekspluatacija mashinno-traktornogo parka", "Tehnologija metallov i remont mashin", "Sel'skohozjajstvennye, dorozhnye i special'nye mashiny, 50 let kafedre "Mehanizacija zhivotnovodstva"). Ministerstvo sel'skogo hozjajstva Rossijskoj Federacii; Rjazanskij gosudarstvennyj agrotehnologičeskij universitet imeni P.A. Kostyčeva, Inženernyj fakul'tet. 2013. S. 104-106.

4. Dvuhtaktnyj doil'nyj apparat s verhnim otvodom moloka iz kollektora/ Ul'janov V.M., Panferov N.S., Nabatchikov A.V. V sbornike: Problemy i perspektivy innovacionnogo razvitija agrotehnologij. Materialy XIX Mezhdunarodnoj nauchno-proizvodstvennoj konferencii. FGBOU VO Belgorodskij GAU. 2015. S. 81.

5. Ul'janov V. M., Hripin V. A., Nabatchikov A. V. Panferov N. S. Koledov R. V. Dvuhtaktnyj doil'nyj apparat poparnogo doenija // Patent Rossii № 2565276, zajavl. 02.06.14, opubl. 20.10.15, Bjul. № 29.

6. Laboratornye issledovanija kollektora doil'nogo apparata/ Nabatchikov A.V., Panferov N.S., Ul'janov V.M./V sbornike: INNOVACIONNYE PODHODY K RAZVITIJU AGROPROMYShLENNOGO KOMPLEKSA REGIONA. Materialy 67-oj Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii. Ministerstvo sel'skogo hozjajstva Rossijskoj Federacii; Federal'noe gosudarstvennoe bjudžetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovanija "Rjazanskij gosudarstvennyj agrotehnologičeskij universitet imeni P.A. Kostyčeva". 2016. S. 86-89

7. Jeksperimental'nye issledovanija ustrojstva dlja avtomatičeskogo snjatija doil'nogo aparata v laboratornyh uslovijah / Hripin V.A., Ul'janov V.M., Kir'janov A.Ju., Koledov R.V., Panferov N.S. // Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologičeskogo universiteta imeni P.A. Kostyčeva. – 2016. - № 1. - S. 91-97.

8. Stend dlja ispytvanija doil'nyh apparatov [Tekst] / V. A. Hripin, V. M. Ul'janov, R. V. Koledov, N. S. Panferov // Sel'skij mehanizator. - 2015. - № 7. – S. 22-25.

9. Kuz'min A. E. Gidravličeskaja harakteristika doil'nyh ustanovok. – Irkutsk: Izd-vo Irkut. Un-ta, 1997. – 176s.