

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ МАССАЖНИКА ВЫМЕНИ НЕТЕЛЕЙ

ДЕМИРЧИЕВ Муса Рашид оглы, Азербайджанский государственный аграрный университет
МАМЕДОВ Габил Балакиши оглы, Азербайджанский государственный аграрный университет

Пользуясь теорией колебания теоретической механики, разработана методика расчета параметров выбранной конструкции массажника. Полученные уравнения позволяют выбрать основные рабочие параметры массажника, вычислить их эффективные значения.

Введение. Важнейшим условием увеличения производства молока является рациональная подготовка нетелей к предстоящей лактации, в чем немаловажную роль играет массаж вымени [2, 5, 8, 11, 12]. Массаж вымени у нетелей – одно из основных мероприятий, позволяющих формировать развитое вымя, соответствующее требованиям машинного доения. Необходимо уже на 6–8-месячной стельности осуществить массаж вымени нетелей и приучить их к машинному доению [1, 3, 9, 13]. Однако массаж нетелей выполняется вручную ввиду отсутствия эффективных и практических массажников. Эффективность применяемых устройств для массажа вымени во многом зависит от правильного выбора конструктивной схемы передачи вибрационного действия [6, 7, 14] на вымя, их теоретического обоснования. Ввиду этого продолжение работ в направлении изыскания не использованных улучшающих ресурсов конструктивно-технологического характера является актуальным.

Методика исследований. В качестве объекта исследования рассматриваем конструктивную схему (ри С. 1), включающую кожух 1, снабженный сверху уплотнительной прокладкой 2, закрепленной на дне кожуха 1 и состоящая из пружины 3 и резиновой гофрированной трубы 4 пневмокамеры 5, источников переменного 6 и постоянного 7 вакуума. Кожух 1 охватывает не всю, а только присосковую зону вымени, трубками 8 и 10 связан с источником постоянного вакуума 7. Пружина вставлена внутрь пневмокамеры 5, которая через трубку 9 связана с источником переменного вакуума 6.

Устройство работает следующим образом. Оно подключается к источнику постоянного вакуума. Из источника постоянного вакуума 7 через трубы 10 и 8 подается вакуумметрическое давление. Одновременно из источника переменного вакуума (пульсатора) 6 через трубку 9 подается пульсирующий вакуум в пневмокамеру 5. При этом кожух 1 со своей прокладкой 2 при-

сасывается к вымени и обеспечивает надежную подвеску устройства на вымени. В период воздействия внутри пневмокамеры 5 атмосферного давления из-за разности давлений внутри кожуха и пневмокамеры гофр 4, пневмокамера 5 раскрывается и одновременно раскрывает пружину 3. Вслед за этим при замене внутри пневмокамеры 5 атмосферного давления вакуумом ввиду равного вакуумметрического давления внутри и снаружи гофра 4 давлений пружина 3 и гофр 4 возвращаются в свое начальное положение. Таким образом гофр 4 оказывает вибрирующее массажирующее действие на вымя на ее более чувствительной зоне (межсосковой зоне).

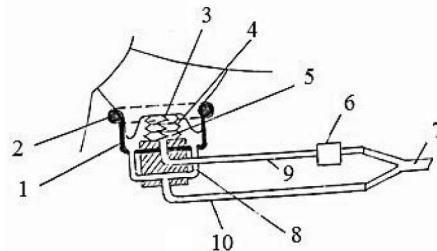


Рис. 1. Массажник вымени нетелей:
 1 – кожух; 2 – прокладка; 3 – пружина;
 4 – гофр; 5 – пневмокамера; 6 – источник
 переменного вакуума (пульсатор);
 7 – источник постоянного вакуума;
 8, 9, 10 – трубы

Методической основой для исследования выбранной схемы послужил закон классической механики.

Результаты исследований. Важные свойства вибрационных упругих элементов связаны с диссипацией энергии. Диссипация происходит за счет потерь энергии внутри материала деформируемого тела (внутреннее трение) и на участках контактов деформируемого тела сопрягаемыми частями (вымя). От упругих элементов (пружины и гофр), принимающих участие в условии или стабилизации колебаний, требуется достаточно низкое значение поглощения. Это объясняется тем, что чем меньше диссипация энергии в уп-



ругих элементах, тем успешней осуществляется усиление и стабилизация колебаний на заданной частоте. Так, в простейшем случае резонансных колебаний линейной системы с одной степенью свободы амплитуда перемещения x_Q приблизительно обратно пропорциональна коэффициенту поглощения ψ .

$$x_Q = \frac{2\pi x_{ct}}{\psi}, \quad (1)$$

где x_{ct} – деформация упругого элемента под действием статической силы, равной гармонической вынуждающей силы.

Применяемая в представленной конструкции (см. рис. 1) пружина сжимается или растягивается вдоль оси винтовой линии пружины, то есть в них развивается преимущественно деформация кручения. Для расчета указанных упругих элементов необходимо отчетливое понимание энергетических соотношений при колебаниях.

Определяем силу, сжимающую или растягивающую пружины:

$$P = \frac{\pi d^3 \tau}{8kD}, \quad (2)$$

где d – диаметр прутка, м; τ – наибольшее тангенциальное напряжение в сечении витка, Н/м²; k – коэффициент, учитывающий конструктивной формы пружины; D – средний диаметр навивки пружины, м.

$$k = \frac{D + 0,5d}{D - 0,8d}, \quad (3)$$

$$\tau = \frac{8kPD}{\pi d^3} = \frac{8kc_{jk}zD}{\pi d^3}, \quad (4)$$

где z – деформация пружины, м; c_{jk} – коэффициент жесткости пружины; Н/м.

$$z = \frac{8PD^3n}{Gd^4} = \frac{\pi D^2 n \tau}{kGd}, \quad (5)$$

$$c_{jk} = \frac{Gd^4}{8D^3n}. \quad (6)$$

В формулах (5) и (6) n – число витков пружины; G – модуль сдвига материала пружины, Н/м².

Потенциальная энергия, запасенная в пружине:

$$\Pi = \frac{\tau^2 V}{4k^2 G}, \quad (7)$$

где V – объем деформируемых витков пружины, м³.

Известно, что частота колебаний ω упрощенной одномассовой системы (рис. 2), состоящий из одной массы m и одной упругости c_{jk} описывается формулой

$$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}, \text{ рад/с.} \quad (8)$$

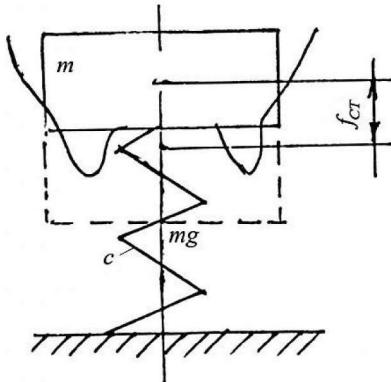


Рис. 2. Упрощенная одномассовая система

Колебания вымени на подвеске можно измерять числом n_{kol} колебаний в минуту:

$$n_{kol} = \frac{60\omega}{2\pi} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{c_{jk}}{m}}, \text{ кол/мин.} \quad (9)$$

Выразим жесткость c_{jk} через вес mg массы m и прогиб пружины упругостью c_{jk} под действием этого веса и статический прогиб f_{ct} :

$$c_{jk} = \frac{mg}{f_{ct}}, \quad (10)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с².

Тогда

$$n_{kol} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{f_{ct}}}. \quad (11)$$

В этом случае массажирующий орган (гофр с пружиной) осуществляет поступательные прямолинейные движения.

Пользуемся дифференциальным уравнением:

$$m\ddot{x} + cx = 0. \quad (12)$$

На основании тождества $\frac{\dot{x}dx}{dx}$ уравнение (12) может быть приведено к виду

$$m\dot{x}dx + cxdx = 0. \quad (13)$$

Проинтегрировав, получаем

$$\frac{m\dot{x}^2}{2} + \frac{cx^2}{2} = E, \quad (14)$$

где E – производная постоянная, которая может быть определена из начальных условий.

В соответствии с тем, что тело является носителем кинетической энергии системы [4, 10, 15]:

$$T = \frac{m\dot{x}^2}{2}. \quad (15)$$

Пружина является носителем потенциальной энергии системы:

$$\Pi = \frac{cx^2}{2}, \quad (16)$$

Полученный интеграл может быть записан в форме

$$T + \Pi = E, \quad (17)$$

которая выражает закон сохранения энергии в консервативной системе, а E – полную энергию системы.

Общий интеграл уравнения (13) может быть записан в следующей форме:

$$x = c_1 \cos \omega_0 t + c_2 \sin \omega_0 t, \quad (18)$$

где $\omega_0 = \sqrt{\frac{c_{\text{ж}}}{m}}$; c_1, c_2 – постоянные интегрирования, которые можно определить, поставив в интеграл (18) и его производную

$$\dot{x} = -c_1 \omega_0 \sin \omega_0 t + c_2 \omega_0 \cos \omega_0 t,$$

начальные условия $x = x_0$; $\dot{x} = \dot{x}_0$ при $t = 0$.

В результате получим $c_1 = x_0$; $c_2 = \frac{\dot{x}_0}{\omega_0}$, откуда

$$x = x_0 \cos \omega_0 t + \frac{\dot{x}_0}{\omega_0} \sin \omega_0 t. \quad (19)$$

Полученное решение можно записать в виде одночлена

$$x = x_a \cos(\omega_0 t - \varphi_0), \quad (20)$$

$$x_a = \sqrt{x_0^2 + \frac{\dot{x}_0^2}{\omega_0^2}}; \quad \varphi_0 = \arctg \frac{\dot{x}_0}{x_0 \omega_0}. \quad (21)$$

Дифференциальное уравнение (13) с учетом диссипативности пишется в следующем виде:

$$\ddot{x} - 2h\dot{x} + \omega_0^2 x = 0, \quad (22)$$

где h – коэффициент демпфирования со стороны гофра:

$$h = \frac{b}{2m}, \quad (23)$$

где b – толщина гофра, м.

На основании формул (20) и (22) уравнение колебаний в этом случае имеет вид

$$x = \frac{\dot{x}_0}{\omega_0} \sin \omega_0 t = x_a \sin \omega_0 t. \quad (24)$$

Поставив в выражение полной энергии значение $\dot{x}_a = x_a \omega_0$ и на основании формулы (14), будем иметь

$$E = \frac{cx_a^2}{2} = \Pi_{\text{max}}. \quad (25)$$

Нетрудно увидеть, что в любой момент времени потенциальная энергия

$$\Pi = E \sin^2 \omega_0 t = \frac{1}{2} E(1 - \cos 2\omega_0 t), \quad (26)$$

кинетическая энергия

$$T = E \cos^2 \omega_0 t = \frac{1}{2} E(1 + \cos 2\omega_0 t). \quad (27)$$

Следовательно, режим вибрационного воздействия на вымя, потенциальная энергия и кинетическая колеблются в противофазе с частотой, равной удвоенной собственной частоте системы. За один период свободных колебаний системы происходят два цикла полного превращения кинетической энергии в потенциальную и потенциальной в кинетическую.

Мощность, развиваемая пульсатором и передаваемая через систему упругих элементов к вымени, равна произведению значения вынуждающей силы F и скорости колебаний \dot{x}

$$N = F\dot{x}. \quad (28)$$

Энергия, необходимая для поддержаний в течение одного периода:

$$A = \int_0^{2\pi/\omega} F\dot{x} dt. \quad (29)$$

Зная, что [10]

$$F = F_a \cos \omega t, \quad (30)$$

где F_a – сила, вынужденная амплитудой, Н; ω – угловая частота, с^{-1} , запишем

$$N_{\text{cp}} = \frac{\omega A}{2\pi} = \frac{1}{2} F_a x_a \omega \sin \varphi = \\ = \frac{F_a^2 \omega^2 h}{m[(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4h^2 \omega^2]}. \quad (31)$$

Максимальное (положительное) значение мощности:

$$N_{\text{max}} = \frac{1}{2} F_a x_a \omega (1 + \sin \varphi). \quad (32)$$

Минимальное (отрицательное) ее значение

$$N_{\text{min}} = -\frac{1}{2} [F_a x_a \omega (1 - \sin \varphi)]. \quad (33)$$

Ясно, что при $0 < \varphi < \pi$ (что соответствует $h > 0$) $|N_{\text{max}}| > |N_{\text{min}}|$.

В случае $\varphi = \pi/2$ (чему соответствует $\omega = \omega_0$) $N_{\text{min}} = 0$; $N_{\text{max}} = F_a x_a \omega_0$, то есть мгновенная мощность в этом случае всегда больше или равно нулю.

Выражение мгновенной мощности можно представить в виде суммы двух слагаемых:

$$N = \frac{1}{2} F_a x_a \omega \sin \varphi [1 - \cos(2\omega t - 2\varphi)] - \\ - \frac{1}{2} F_a x_a \omega \cos \varphi \cdot \sin(2\omega t - 2\varphi). \quad (34)$$



Здесь первое слагаемое все время остается неотрицательным и колеблется около N_{cp} с амплитудой, а второе слагаемое с переменным знаком и колеблется около нуля.

Для более реальной оценки необходимой мощности, которая должна быть приложена к объекту, лучше пользоваться максимумом средней мощностью.

Заключение. Максимальная средняя мощность достигается, поэтому такой критерий оценки является достаточным. Изыскивается положение, при какой величине коэффициента сопротивления воздушный вибратор должен иметь максимальную мощность, имея в виду, что остальные параметры системы остаются неизменными.

Полученные уравнения позволяют выбрать основные рабочие параметры экспериментального массажника вымени нетелей, вычислить их значения теоретически и уточнить методику экспериментальной проверки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев Н.Г., Басовский Н.З., Александров Б.В. Племенная работа: справочник. – М.: Агропромиздат, 1988. – 559 с.
2. Ефимов И.А., Усова Т.П., Клопов М.И. Изучение влияния массажа вымени нетелей на эндокринную систему и молочную продуктивность первотелок // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – №1(34). – С. 106–108.
3. Зеленков П.И., Баранников А.И., Зеленков А.П. Скотоводство. – Ростов н/Д.: Феникс, 2005. – 572 с.
4. Копылов Ю.Р. Динамика процессов вибрационного упрочнения. – Воронеж, 2011. – 568 с.
5. Куликова Н.И., Туликов С.Е. Эффективность подготовки нетелей к лактации // Зоотехния. – 2002. – №10. – С. 19–21.
6. Куликова Н., Штепа Г., Куликова О. Массажеры вымени повышают надои // Животноводство России. – 2005. – № 4. – С. 25.
7. Курочкин А.А. Анализ конструктивно – технологических схем устройств для массажа вымени

нетелей // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 1–6. – С. 29–35.

8. Матюшенко П. Роль молочной железы в производительности коров // Животноводство России. – 2005 – №6. – С. 36–37.

9. Наумов М.К. Подготовка нетелей к отелю // Животноводство и кормопроизводство. – 2015. – № 3(91). – С. 82–86.

10. Пановко Г.Я. Динамика вибрационных технологических процессов. – М.; Ижевск, 2006. – 176 с.

11. Сафуллин Н.А., Шарипов Р.М. Совершенствование устройства для массажа вымени нетелей // Зоотехния. – 2003. – № 11. – С. 13–14.

12. Сударев Н. Эффективность массажа и электростимуляции вымени нетелей и первотелок // Молочное и мясное скотоводство. – 2008. – № 2. – С. 7–8.

13. Стейкин С.В., Старикова О.В., Емельянов С.П. Руководство по молочному скотоводству. Рекомендации. – Красноярск, 2014. – 82 с.

14. Ужик О.В. Механическое колебательное устройство для массажа вымени нетелей // Вестник Алтайского Государственного Аграрного Университета. – 2013. – № 5(103). – С. 125–128.

15. Хоменко А.П., Елисеев С.В., Елисеев А.В. Динамика вибрационных взаимодействий элементов технологических систем с учетом неудерживающих связей // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2015. – № 3(47). – С. 8–17.

Демирчиев Муса Рашид оглы, докторант, Азербайджанский государственный аграрный университет. Республика Азербайджан.

Мамедов Габил Балакиши оглы, д-р техн. наук, Азербайджанский государственный аграрный университет. Республика Азербайджан.

Az 2000, Гянджа, Республика Азербайджан.
Tel.: +994502005082.

Ключевые слова: массаж вымени; массажник; вибрация; пневмокамера; пружина; потенциальная энергия; кинетическая энергия; диссипация; вакуумметрическое давление; колебания.

A METHOD FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF A MASSAGER OF HEIFER UDDER

Demirichev Musa Rashid oglu, doctoral candidate, Azerbaijan State Agrarian University. Republic of Azerbaijan.

Mamedov Gabil Balakishi oglu, Doctor of Technical Sciences, Azerbaijan State Agrarian University. Republic of Azerbaijan.

Keywords: udder massage; massager; vibration; pneumatic chamber; spring; potential energy; kinetic energy; dissipation; vacuum pressure; oscillations.

Using the theory of oscillations of theoretical mechanics, a method has been developed for calculating the parameters of a selected massager cage. The resulting equations allow one to select the main operating parameters of the massager, to calculate their effective values.

