

УДК 631.171:636

**В.И. Передня,
Э.П. Сорокин, С.В. Лосик**

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМ-ПРОВОДА ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Введение

Повышение продуктивности животных, качества молока и получение конкурентоспособной продукции в значительной степени зависят от качества эксплуатации и технического состояния доильного оборудования.

Основная часть

Любая доильная установка, как известно, состоит из вакуум-провода, молокопровода и другого оборудования.

Стабильность работы доильной установки зависит от производительности вакуумной установки, параметров вакуум-провода, молокопровода, вакуум-регулятора.

Нарушение стабильности работы любого из указанных элементов приводит к нестабильной работе доильного аппарата, а в итоге – к снижению продуктивности животных и ухудшению качества молока. Возникает необходимость в проведении исследований работы пульсаторов и обосновании оптимальных параметров вакуум-провода.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» проведены исследования работы типовых пульсаторов, применяемых в доильных аппаратах, используемых на МТФ республики, при меняющемся вакуумметрическом давлении в вакуум-проводе. Были исследованы пульсаторы 3-х типов: гидравлический ПГ-2, воздушные АДУ-1 и L-80.

Исследования проведены прибором для диагностики доильного оборудования VPR-100, предназначенным для проведения механических испытаний доильных установок на соответствие требованиям стандарта ИСО-5707.

Они показали, что при изменяющемся вакуумметрическом давлении в вакуум-проводе доильной установки все пульсаторы работают с переменной частотой пульсаций.

Данные проводимых исследований отображены линейными графиками на рисунке 96. Как видно из рисунка, частота пульсаций имеет линейную зависимость, но разную у каждого типа пульсатора.

Пульсаторы АДУ-1 при снижении вакуума в системе увеличивают частоту пульсаций, одновременно увеличивая потребление воздуха, а пульсаторы ПГ-2 и L-80 уменьшают частоту пульсаций, снижая потребление воздуха. Изменение объема потребления воздуха пульсаторами требует обязательного запаса производительности вакуумной установки и правильного расчета диа-

метров вакуумных систем для сохранения в них стабильного вакуумметрического давления в процессе доения.

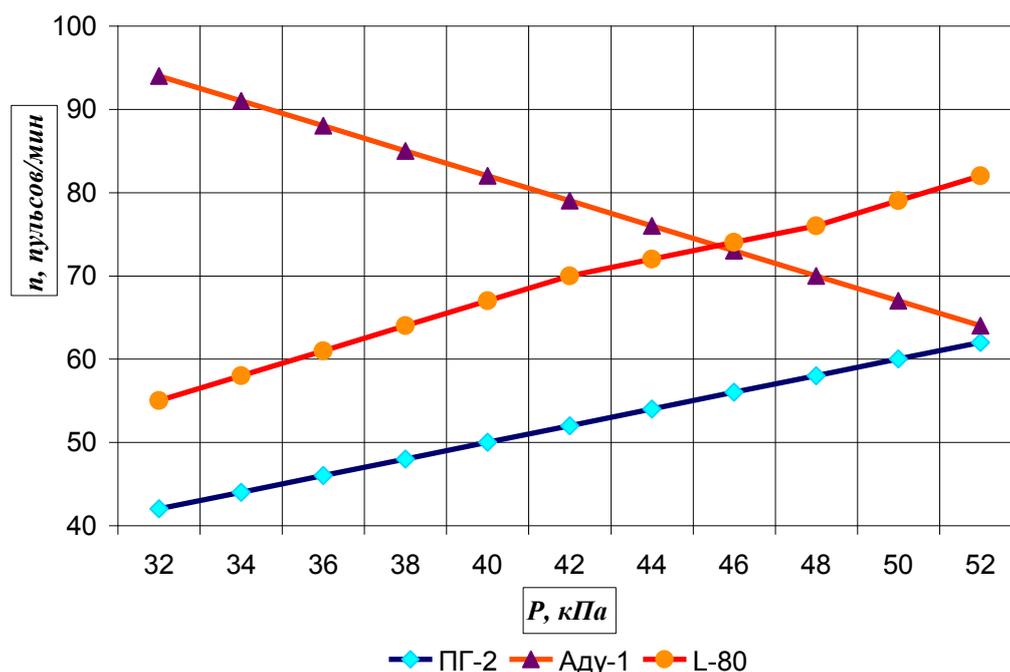
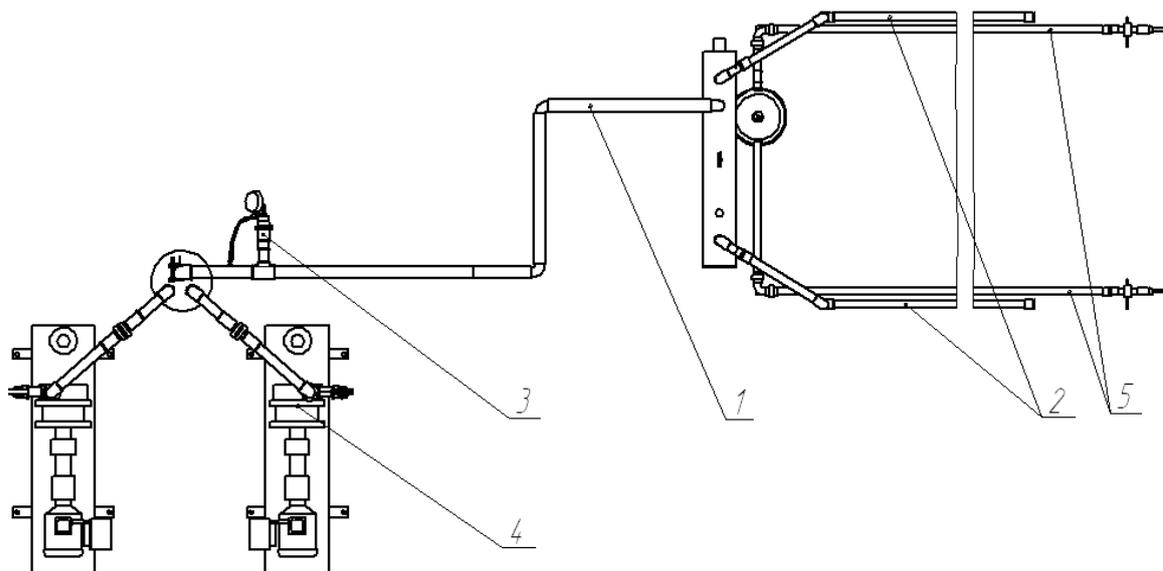


Рисунок 96 – Зависимость частоты пульсаций различных пульсаторов от вакуумметрического давления

Молочновакуумная система доильных установок с доением на специальной площадке (рисунок 97) состоит из двух участков вакуум-провода: от вакуумных насосов до траншеи – участок 1, непосредственно по длине траншеи – участок 2, вакуумного регулятора 3, вакуумной установки 4 и молокопровода 5.



1 – вакуум-провод от вакуумных насосов до траншеи; 2 – вакуум-провод по длине траншеи; 3 – вакуумный регулятор; 4 – вакуумная установка; 5 – молокопровод

Рисунок 97 – Схема молочно-вакуумной системы доильной установки

Расчет минимальных диаметров вакуум-провода доильной установки на участках 1 и 2 был проведен, исходя из необходимого потребления воздуха всеми устройствами доильной установки, длины его участков, максимально допустимого перепада вакуумметрического давления между вакуумным регулятором и вакуумной установкой, а также вакуумным регулятором и любой точкой в вакуум-проводе, давления в вакуум-проводе ($P = 48 \text{ кПа}$).

Потери вакуума, равные перепаду вакуумметрического давления ΔP между вакуумным регулятором и вакуумной установкой, а также вакуумным регулятором и любой точкой в вакуум-проводе, не должны превышать $2,5 \text{ кПа}$ по ГОСТ 28545-90 [1].

Потери вакуума ΔP на участках 1 и 2 вакуум-провода доильной установки складываются из потерь по длине ΔP_{mp} и местных потерь ΔP_m [2]:

$$\Delta P = \Delta P_{mp} + \Delta P_m; \quad (1)$$

$$\Delta P_{mp} = \Delta P_{mp1} + \Delta P_{mp2}, \quad (2)$$

где ΔP_{mp1} – потери по длине на участке 1, кПа ;

ΔP_{mp2} – потери по длине на участке 2, кПа .

$$\Delta P_{mp1} = \lambda_1 \times \frac{l_1}{d_1} \times \frac{c_1^2}{2} \times \rho; \quad (3)$$

$$\Delta P_{mp2} = \lambda_2 \times \frac{l_2}{d_2} \times \frac{c_2^2}{2} \times \rho, \quad (4)$$

где d_1, d_2 – диаметр вакуум-провода на участках 1 и 2 соответственно, м ;

ρ – плотность воздуха, кг/м^3 ;

λ_1, λ_2 – коэффициент гидравлического сопротивления по длине на участке 1 и 2 соответственно.

$$\lambda_1 = 0,11 \times \left(\frac{K_s}{d_1} + \frac{68}{Re_1} \right)^{0,25}; \quad (5)$$

$$\lambda_2 = 0,11 \times \left(\frac{K_s}{d_2} + \frac{68}{Re_2} \right)^{0,25}, \quad (6)$$

где K_s – эквивалентная шероховатость внутренней поверхности труб. Для стальных вакуум-проводов доильных машин, бывших в эксплуатации, $K_s = 0,5$ [2];

Re_1, Re_2 – число Рейнольдса.

$$Re_1 = \frac{c_1 \times d_1}{\nu}; \quad (7)$$

$$Re_2 = \frac{c_2 \times d_2}{\nu}, \quad (8)$$

где ν – кинематическая вязкость;

$$\nu = 2,655 \times 10^{-5}, \text{ м}^2/\text{с} [2];$$

c_1, c_2 – средняя скорость воздуха в трубе на участках 1 и 2 соответственно, $м/с$.

$$c_1 = \frac{q_1}{\pi d_1^2/4}; \quad (9)$$

$$c_2 = \frac{q_2}{\pi d_2^2/4}, \quad (10)$$

где q_1, q_2 – пропускная способность вакуум-провода на участках 1 и 2 соответственно, $м^3/с$.

Пропускная способность вакуум-провода на участке 1 равна необходимой производительности вакуумной установки и рассчитывается по формуле [1]:

$$q_1 = 750 + (45 \times (n - 10)) + q_{во}, \quad (11)$$

где n – число доильных аппаратов в составе доильной установки, *шт.*;

$q_{во}$ – принятое значение для вспомогательного оборудования (например, для приводимого в действие вакуумного автомата снятия доильных аппаратов и др.), которое не приводится в действие отдельной вакуумной системой (для доильных установок, имеющих более десяти доильных аппаратов $q_{во} = 200$ л/мин. [1]).

Пропускная способность вакуум-провода на участке 2 равна разности между пропускной способностью вакуум-провода на участке 1 и пропускной способностью молокопровода q_3 :

$$q_2 = q_1 - q_3; \quad (12)$$

$$q_3 = n \times (q_k + q_m), \quad (13)$$

где q_k – потребление воздуха коллектором, $м^3/с$.

$$q_k = \frac{q_{к_1} \times n}{60 \times 1000}, \quad (14)$$

где $q_{к_1}$ – потребление воздуха через отверстие для впуска воздуха в коллекторе, по [1] $q_{к_1} = 10$ л/мин;

q_m – потребление воздуха молокопроводом за счет поступающего при доении в него молока и работы других вспомогательных элементов, $м^3/с$.

$$q_m = q_{м_ср} \times n, \quad (15)$$

где $q_{м_ср}$ – средняя скорость молокоотдачи коровы, $м^3/с$.

$$q_{м_ср} = \frac{q_{м_макс}}{c \times \rho_m}, \quad (16)$$

где $q_{м_макс}$ – максимальная средняя интенсивность потока молока на доильный аппарат [1] ($q_{м_макс} = 2,25$), $кг/мин$;

c – коэффициент;

ρ_m – плотность молока, $кг/м^3$;

l_1 и l_2 – длина вакуум-провода на участках 1 и 2 соответственно ($l_1=30$ м – технические данные).

$$l_2 = l_0 + l_m \times \frac{n}{2}, \quad (17)$$

где l_0 – длина участка вакуум-провода между участком 1 вакуум-провода и первым доильным местом ($l_0 = 3$ м – технические данные);

l_m – длина одного доильного места ($l_m = 1,2$ м – технические данные).

$$\Delta P_m = \Delta P_{m_1} + \Delta P_{m_2}, \quad (18)$$

где ΔP_{m_1} – местные потери на участке 1, кПа;

ΔP_{m_2} – местные потери на участке 2, кПа.

$$\Delta P_{m_1} = m_1 \times \xi \times \frac{c_1^2}{2} \times \rho; \quad (19)$$

$$\Delta P_{m_2} = m_2 \times \xi \times \frac{c_2^2}{2} \times \rho, \quad (20)$$

где ξ – коэффициент местных гидравлических сопротивлений;

m_1, m_2 – число местных гидравлических сопротивлений на участках 1 и 2 соответственно, шт.

Преобразуя уравнение (1) с помощью формул (2-20), можно получить следующую закономерность:

$$\Delta P = \frac{\rho}{32 \times \pi^2} \times \left(\left(\frac{q_1}{d_1^2} \right)^2 \times \left(\frac{\lambda_1 \times l_1}{d_1} + m_1 \times \xi \right) + \left(\frac{q_2}{d_2^2} \right)^2 \times \left(\frac{\lambda_2 \times l_2}{d_2} + m_2 \times \xi \right) \right). \quad (21)$$

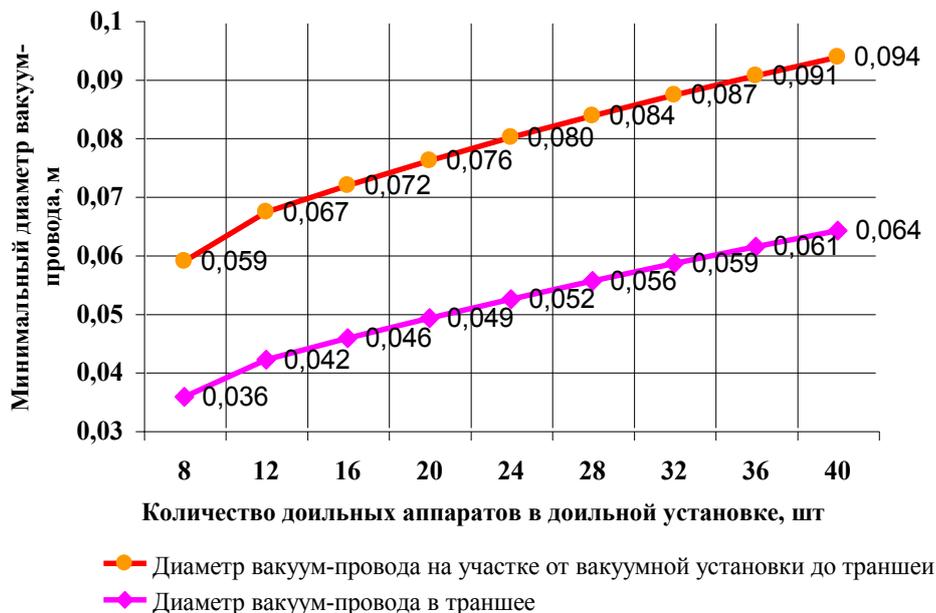


Рисунок 98 – График для определения минимального диаметра участков вакуум-провода доильных установок с доением на специальной площадке (при максимальном падении вакуумметрического давления 2,5 кПа и уровне вакуумметрического давления 48 кПа)

Принимая в качестве параметра оптимизации минимальную металлоемкость вакуум-провода (сумму квадратов минимальных диаметров), т.е. $(d_1^2 + d_2^2) \rightarrow \min$ и решая уравнение (21) с помощью программы офисного приложения Microsoft Excel, можно получить расчетные данные минимальных диаметров состоящего из двух участков 1 и 2 вакуум-провода, необходимые для проектирования доильной установки с доением на специальной площадке.

Данные расчета минимальных диаметров участков вакуум-провода в зависимости от количества доильных аппаратов доильной установки отображены графиком на рисунке 98.

Выводы

Приведенный оптимизированный расчет позволяет определить необходимые минимальные конструктивные параметры вакуум-провода с целью снижения металлоемкости и экономии его стоимости при обеспечении стабильной работы всех устройств доильной установки, расходующих воздух.

Библиография

1. ГОСТ 28545. 90. Установки доильные. Конструкция и техническая характеристика [Текст]. – М. 1990. – С.1-24.
2. Методические рекомендации по расчету и конструированию вакуум-проводов доильных машин и техническому уходу за ними [Текст] – М., 1970. – С.1-11.

УДК 637.116.4

В.О. Китиков

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь);*

И.Н. Таркановский

*(УО «Витебский ветеринарный университет»,
г. Витебск, Республика Беларусь)*

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ
ДОИЛЬНЫХ МАШИН
С РАБОЧИМ ВАКУУМОМ
43 И 48 КПА**

Введение

Совершенствование сложного и разностороннего процесса машинного доения коров позволит приблизить сам процесс к физиологическим требованиям и обеспечить безопасное и полное выдаивание животных.

Следует выделить техническую составляющую поставленной задачи. Отметим несколько направлений в современных исследованиях. Первое и наиболее сложное в решении проблемы – совершенствование доильных аппаратов и отдельных узлов с целью максимально приблизить их режимы работы и конструктивное исполнение к физиологическим потребностям коров. Второе – обеспечение стабильных и прогнозируемых режимов работы доильных установок. Следует учитывать неоспоримую важность этих показателей на выработку у животных рефлексов, сопровождающих доение, при переходе к