

## УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ДОИЛЬНЫЙ АППАРАТ

**Ужик В.Ф. д.т.н., Прокофьев В.В. к.т.н., Бушманов Н.С. к.т.н.,**

**Белокобыльский А.А. к.т.н.**

*(ФГОУ ВПО «Белгородская ГСХА»)*

*В статье рассматривается конструкция нового доильного аппарата с биметаллическими датчиками потока молока. Приведен теоретический расчет основных параметров предлагаемого доильного аппарата с управляемым режимом доения. Даны результаты сравнительных исследований серийных и экспериментальных доильных аппаратов.*

Развитие конструкции доильного оборудования в последние годы, как в нашей стране, так и за рубежом характеризуется тенденцией к повышению полноты выдаиваемости вымени коров, снижению заболеваемости коров маститом и разработкой большой гаммы машин различных типоразмеров и модификаций.

Полнота выдаиваемости и снижение заболевания коров маститом в определенной степени зависит от работы доильного оборудования. Показатели качества выполняемого технологического процесса серийно выпускаемого доильного оборудования не всегда в полной степени отвечают предъявляемым зоотехническим требованиям. При их работе в начале и в конце доения животные подвержены «холостому» доению при высоком вакуумметрическом давлении, что приводит к заболеванию животных маститом и дальнейшей выбраковке.

Поэтому вопрос разработки доильного оборудования, исключаяющего при работе указанные негативные явления остается актуальным и требует своего решения.

Для устранения вышеизложенных недостатков нами предложена новая конструктивная схема доильного аппарата с управляемым режимом доения (рисунок 1) защищенная патентом РФ № 2284100, включающая в себя: двухкамерные доильные стаканы с регуляторами вакуума, коллектор с камерами, разделенными гибкими мембранами с выступом и патрубками, каждая камера снабжена молоколовушкой, которая содержит поплавок, взаимодействующий с коаксиально расположенным подвижным патрубком, в нижней части которого выполнен калиброванный вырез для отвода молока, и два биметаллических датчика, закрепленных на дне молоколовушки в зоне накопления молока и на крышке камеры управления, а свободными концами соединены с иглой клапана камеры управления, и установлены таким образом, что их стрелы прогиба направлены навстречу друг другу и находятся на одной



Рисунок 1 – Доильный аппарат: 1 – двухкамерные доильные стаканы с регуляторами вакуумметрического давления; 2 – коллектор; 3 – доильное ведро; 4 – пульсатор; 5 - соединительные патрубки

линии; клапаном камеры управления, который в нейтральном положении образует калиброванные щели, которые сообщают камеру управления,

дополнительную камеру, молоколовушку и молокоборную камеру с атмосферой, обеспечивая тем самым доение низким вакуумом.

Проведенные теоретические исследования позволили определить основные параметры предлагаемого доильного аппарата с управляемым режимом доения:

1) диаметры калиброванных отверстий клапана камеры управления для поступления воздуха в камеру управления  $d_3$  и откачки воздуха из камеры управления  $d_5$

$$d_3 = d_4 + \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_a \cdot \mu \cdot l_2 \cdot (P_c \cdot f - P_g)}{\pi \cdot t \cdot P_a \cdot (P_a - P_n)} \cdot \ln \frac{P_a - P_c \cdot f}{P_1 - P_a}}, \quad (1)$$

$$d_5 = d_1 - \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_a \cdot \mu \cdot l_1 \cdot (P_a - P_n)}{\pi \cdot t \cdot P_a \cdot (P_a - P_n)} \cdot \ln \frac{P_c \cdot f - P_n}{P_2 - P_n}}, \quad (2)$$

где  $d_1, d_4$  – соответственно диаметр калиброванного отверстия и штока, м;  $V_a$  – объем управляющей камеры, м<sup>3</sup>;  $\mu$  – динамическая вязкость воздуха, Па·с;  $l_1$  – длина проходного сечения, м;  $l_2$  – длина проходного сечения клапана из камеры управления в молочную камеру, м;  $P_c$  – вакуум стимулирующего воздействия, Па;  $f$  – коэффициент учитывающий жесткость мембраны;  $P_n$  – номинальное давление доения, Па;  $t$  – время процесса, с.

2) высоту открытия клапана камеры управления  $h_{отк}$  обеспечивающее заданное значение стимулирующего вакуумметрического давления

$$h_{отк} = \frac{2 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_a \cdot \mu \cdot l_2 \cdot (P_c \cdot f - P_g)}{\pi \cdot t \cdot P_a \cdot (P_a - P_g)} \cdot \ln \frac{P_a - P_c \cdot f}{P_1 - P_a}}}{4 \cdot \pi \cdot d_3 - \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_a \cdot \mu \cdot l_2 \cdot (P_c \cdot f - P_g)}{\pi \cdot t \cdot P_a \cdot (P_a - P_g)} \cdot \ln \frac{P_a - P_c \cdot f}{P_1 - P_a}}}, \quad (3)$$

3) силу необходимую для переключения стимулирующего режима доения на номинальный режим

$$F_3 > m_k \cdot g + \frac{\pi \cdot l_k \cdot (d_k + d_4) \cdot (P_a - P_g) \cdot \cos \alpha}{2} + \frac{12 \cdot h_{отк} \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot I}{(\sqrt{E_1} + \sqrt{E_2})^2 \cdot L^3}. \quad (4)$$

где  $m_k$  – масса управляющего клапана, кг;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $S_k$  – площадь рабочей поверхности клапана, м<sup>2</sup>;  $\alpha$  – угол наклона рабочей поверхности клапана, град;  $l_k$  – длина рабочей поверхности клапана, м;

$d_k$  – диаметр клапана, м;  $F_{к.б.}$  – сила сопротивления деформации компенсирующего биметаллического датчика, Н;  $L$  – длина компенсирующего биметаллического датчика, м;  $h_{омк}$  – высота открытия клапана, м;  $I$  – момент инерции, м<sup>4</sup>;  $E_1$  – модуль упругости активного слоя, Па;  $E_2$  – модуль упругости пассивного слоя, Па.

4) геометрические размеры биметаллического элемента датчика потока молока, а также его время срабатывания

$$l = \frac{16 \cdot h \cdot \pi \cdot d_3 \cdot \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_a \cdot \mu \cdot l_2 \cdot (P_c \cdot f - P_g)}{\pi \cdot t \cdot P_a \cdot (P_a - P_g)} \cdot \ln \frac{P_a - P_c \cdot f}{P_1 - P_a}}}{3 \cdot (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot \Delta t \cdot \left( 4 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_a \cdot \mu \cdot l_2 \cdot (P_c \cdot f - P_g)}{\pi \cdot t \cdot P_a \cdot (P_a - P_g)} \cdot \ln \frac{P_a - P_c \cdot f}{P_1 - P_a}} \right)} \quad (5)$$

где  $l$  – длина биметаллического элемента датчика потока молока, м;  $h$  – толщина биметаллического элемента, м;  $\alpha_1, \alpha_2$  – температурный коэффициент линейного расширения активного и инертного слоев соответственно;  $\Delta t$  – изменение температуры биметаллического датчика, °С.

$$b = \frac{16 \cdot \left( m_k \cdot g + \frac{\pi \cdot l_k \cdot (d_k + d_4) \cdot (P_a + P_g) \cdot \cos \alpha}{2} + \frac{12 \cdot h_{омк} \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot I}{(\sqrt{E_1} + \sqrt{E_2})^2 \cdot L^3} \right)}{3(\alpha_1 - \alpha_2) \cdot E \cdot h^2 \cdot \Delta t} \times \frac{\sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_a \cdot \mu \cdot l_2 \cdot (P_c \cdot f - P_g)}{\pi \cdot t \cdot P_a \cdot (P_a - P_g)} \cdot \ln \frac{P_a - P_c \cdot f}{P_1 - P_a}}}{3 \cdot (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot \Delta t \cdot \left( 4 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_a \cdot \mu \cdot l_2 \cdot (P_c \cdot f - P_g)}{\pi \cdot t \cdot P_a \cdot (P_a - P_g)} \cdot \ln \frac{P_a - P_c \cdot f}{P_1 - P_a}} \right)} \quad (6)$$

где  $b$  – ширина биметаллического элемента, м.

$$t_n = - \frac{C_{nl} \cdot X}{\left[ 0,43 + C \cdot \left( \frac{\rho \cdot v \cdot X}{\mu} \right)^m \cdot \left( \frac{\mu \cdot C_p}{\lambda} \right)^{0,31} \right]} \cdot \ln \left( 1 - \frac{\theta}{\theta_y} \right) \quad (8)$$

где  $C_{nl}$  – теплоемкость пластины, Дж/м<sup>2</sup>·°С;  $X$  – характерный размер системы, м;  $C, m$  – константы характеризующие тип потока и геометрии системы;  $\rho$  – плотность молока, кг/м<sup>3</sup>;  $v$  – скорость движения жидкости, м/с;  $C_p$  – удельная теплоемкость при постоянном давлении, Дж/кг·°С;  $\lambda$  –

коэффициент теплопроводности, Дж/м<sup>2</sup>·°С;  $F$  – площадь поверхности биметаллического элемента, м<sup>2</sup>;  $t_{cm}$  – температура поверхности биметаллического элемента, °С;  $t_{ж}$  – температура смешения молока, °С;  $\theta$  – конечная температура нагрева биметаллического элемента, °С;  $\theta_y$  – установившееся значение изменение температуры пластины, °С.

Теоретические и экспериментальные исследования рабочего процесса доильного аппарата позволили систематизировать методику инженерного расчета его конструктивных параметров, в основу которой положены результаты теоретических и экспериментальных исследований. С целью упрощения расчетов этих параметров результаты теоретических исследований представлены нами в виде номограмм (рисунок 2, 3). По оси абсцисс отложена величина времени срабатывания биметаллического элемента. По оси ординат длина биметаллического элемента. Для определения конструктивных параметров доильного аппарата по оси абсцисс выбираем требуемое время срабатывания, руководствуясь схемой, определяем длину биметаллического элемента его деформацию и развиваемую силу. Методика инженерного расчета доильного аппарата с управляемым режимом доения позволила определить оптимальные параметры биметаллического элемента при диаметре калиброванного отверстия клапана камеры управления  $d_3=1,6$  мм, перепаде давления на нем  $P=67$  кПа и материале биметаллического элемента – сплав ТБ2013: длина биметаллического элемента 100 мм; ширина биметаллического элемента 5,0 мм; толщина биметаллического элемента 1,5 мм.

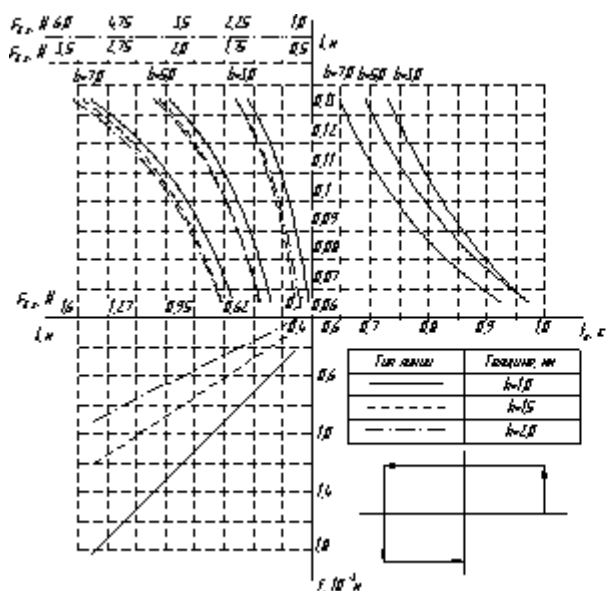


Рисунок 2 – Номограмма для определения конструктивных параметров датчика потока молока с биметаллическим элементом  $\Delta t=10^{\circ}\text{C}$

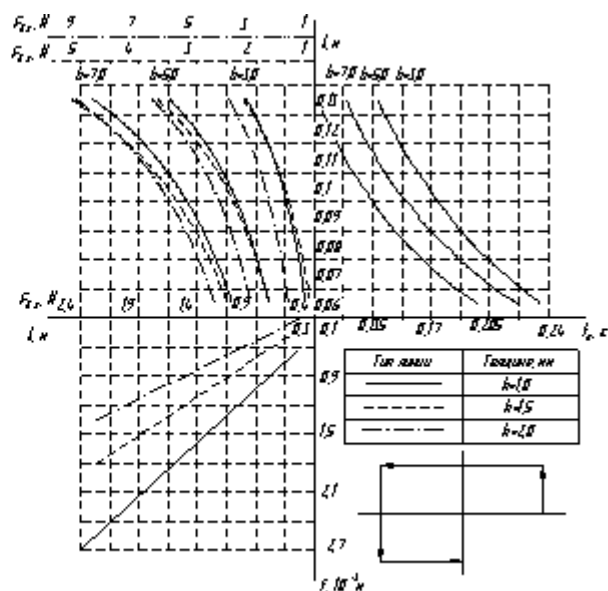


Рисунок 3 – Номограмма для определения конструктивных параметров датчика потока молока с биметаллическим элементом  $\Delta t=15^{\circ}\text{C}$

Производственная проверка аппарата производилась в ЗАО «РусАгро-Победа» Вейделевского района и ЗАО «РусАгро-Айдар» Ровенского района Белгородской области. Ее целью являлась оценка работоспособности аппарата в реальных условиях эксплуатации, и получение исходных данных для расчета экономической эффективности применения экспериментального доильного аппарата.

Сравнительные исследования серийных и экспериментальных доильных аппаратов показали преимущества последнего. При работе серийного доильного аппарата отмечена более низкая пиковая интенсивность молоковыделения 2,30кг/мин, в то время как у экспериментального доильного аппарата 2,94 кг/мин, что объясняется использованием процесса стимуляции молоковыделения по каждой доле вымени в отдельности при интенсивности молоковыделения ниже 50г/мин. Более короткое, 36,12 с против 44,03 с время имеет экспериментальный аппарат до пиковой интенсивности. Так же в

экспериментальном доильном аппарате выше полнота выдаивания 97,52% и 96,23% соответственно. Испытания доильного аппарата на молочных комплексах ЗАО «РусАгро-Победа» и ЗАО «РусАгро-Айдар» в течении трех месяцев показали, что за период испытаний заболевания коров маститом снизилось на 18-20 % в следствии стимуляции молоковыделения при снижении интенсивности молоковыделения ниже 50 г/мин. Проведенный расчет экономической эффективности применения доильного аппарата показал, что при использовании экспериментального доильного аппарата, годовой экономический эффект на 200 голов составит 1084,03 тыс. руб., а экономия за счет роста молочной продуктивности на одну голову – 5,42 тыс. руб. на одну машину.

## **Анотація**

### **Удосконалений доїльний апарат**

Ужик В.Ф., Прокофьев В.В., Бушманов Н.С., Белокобыльский А.А.

*У статті розглядається конструкція нового доїльного апарата з біметалічними датчиками потоку молока. Наведений теоретичний розрахунки основних параметрів пропонованого доїльного апарата з керованим режимом доїння. Дані результати порівняльних досліджень серійних і експериментальних доїльних апаратів.*

## **Abstract**

### **Advanced milking machine**

V. Uzhik, V. Prokofiev, N. Bushmanov, A. Belokobylskij

*In article the design of a new milking machine with bimetallic gauges of a stream of milk is considered. Theoretical calculation of critical parametres of an offered milking machine with a steered mode of milking is resulted. Results of comparative probes of serial and experimental milking machines are yielded.*