разователя содержания жира в молоке в электрический сигнал следует проводить на частотах входного сигнала от 2 до 3 МГц.

## Литература

1.Забродина, О.Б. О способе измерения содержания жира в молоке/ О.Б. Забродина, Е.Н.Таран, А.А.Таран, С.А. Моренко // Вестник аграрной науки Дона.- 2010.- №2.- С .41-43.

2. Забродина О.Б. Использование несинусоидальных высокочастотных гармонических колебаний для определения содержания жира в молоке / О.Б. Забродина, Е.Н. Таран // Вестник МичГАУ. Юбилейный выпуск, Мичуринск, 2001. - С. 86-87.

3. Таран, Е.Н. Результаты исследования емкостного датчика контроля содержания жира в молоке / Е.Н. Таран, О.Б. Забродина // Физикотехнические проблемы создания новых экологически чистых технологий в агропромышленном комплексе: сб. науч. тр. – Ставрополь: АГРУС, 2009. – С.199-201.

4. Таран, Е. Н. О способе измерений содержания жира в молоке / Е.Н. Таран, О.Б. Забродина, С.А. Моренко, А.А. Таран // Вестник аграрной науки Дона. – Зерноград, 2010. – №2. – С.34-35.

5. Новицкий, П.В. Оценка погрешностей результатов измерений / П.В. Новицкий, И.А. Зограф. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.

Доктор технических наук Винников И.К. (СтГАУ), инженер Бахчевников О.Н. (ФГБНУ СКНИИМЭСХ)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВАКУУМНОГО УПРАВЛЯЕМОГО ПУЛЬСАТОРА

В ходе проведенных ранее исследований по повышению эффективности машинного доения коров путем совершенствования доильного аппарата была обоснована конструктивная схема вакуумного управляемого пульсатора с дополнительной мембраной [1], изменяющего параметры по сигналам датчика молочного потока в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения в физиологически обоснованных пределах, проведены его теоретические исследования и разработана мА

$$P_{cp} = \frac{S - S_3}{S_1}$$

$$P_{cont} = \frac{S - S_2}{S_1}$$

$$\lambda = P_{\lambda} = \frac{2S - S_2 - S_3}{2S_1}$$

$$\times P + \mathcal{P} \times \left(1 - \frac{S}{S_1}\right)$$

тематическая модель [2]:

при условии, что  $S_1 > S_2 > S_3 > S$ ,

где *P*, *P*<sub>ср</sub>, *P*<sub>отп</sub>, *P*<sub>λ</sub>, – величины вакуума питания, срабатывания, отпускания, средняя действующая в управляющей камере, соответственно, о.е.;

 $\lambda$  – фаза сосания, о.е.;

Р – аналоговый управляющий сигнал, о.е.;

 $S_1, S_2, S_3, S$  – эффективные площади мембран и клапанов пульсатора, м<sup>2</sup>.

Целью экспериментальных исследований являлось определение соответствия расчетных и экспериментальных величин основных параметров и рабочих характеристик вакуумного управляемого пульсатора в процессе работы доильного аппарата.

Экспериментальные исследования управляемого пульсатора в составе двухрежимного доильного аппарата проводились на лабораторной установке, позволяющей имитировать условия машинного доения коров. Доильный аппарат включал управляющее устройство и магнитоструйный датчик молочного потока, формирующий аналоговый сигнал (вакуум подпора), изменяющийся в соответствии с интенсивностью молоковыведения. Были изготовлены лабораторные образцы управляемых пульсаторов с камерой подпора, образованной дополнительной мембраной, путем переделки серийного пульсатора АДУ. 02.000-03.

Исследуемые параметры пульсатора измерялись в относительных единицах (o.e.), т.е. максимальное значение определяемого параметра равно «1», а минимальное «0».

Были получены графики изменения во времени уровня вакуума в управляющей камере управляемого пульсатора при различных значениях поступающего от датчика аналогового управляющего сигнала, наглядно демонстрирующие изменение соотношения тактов и частоты пульсаций, продолжительности рабочего цикла, величин вакуума срабатывания и отпускания под его действием, что практически подтверждает управляемый режим работы пульсатора, изменяющего рабочие параметры в зависимости от уровня управляющего сигнала.

Изменение рабочих параметров управляемого пульсатора при различных уровнях управляющего сигнала P происходит в соответствии с его математической моделью. При P = 0 параметры принимают значения, соответствующие параметрам неуправляемого пульсатора, а при P = 1 соотношение тактов и фаза сосания максимальны.

На рисунке 1 наглядно показан процесс изменения параметров управляемого пульсатора при скачкообразном изменении уровня аналогового управляющего сигнала с P = 0,3 о.е. до P = 0,8 о.е. В полном соответствии с математической моделью, соотношение тактов v изменяется с 1,4:1 до 2,85:1, фаза сосания  $\lambda$  с 0,59 до 0,74 о.е., время рабочего цикла  $T_{\mu}$  с 0,65 с до

0,9 с, величина вакуума срабатывания  $P_{\rm cp}$  с 0,74 о.е. (37 кПа) до 0,89 о.е. (44,5 кПа), величина вакуума отпускания  $P_{\rm отп}$  с 0,44 о.е. (22 кПа) до 0,59 о.е. (29,5 кПа). При этом рабочий перепад вакуума  $\Delta P = 0,3$  о.е. = 15 кПа = *const*.





Полученные графики подтверждают правильность выдвинутой научной гипотезы, предполагающей, рабочий процесс пульсатора осуществляется не произвольно, а по гистерезисной петле как по алгоритму, включающему конечный набор правил со строго определенными оптимальными параметрами, которыми можно управлять по сигналам датчика интенсивности молоковыведения.

На рисунке 2 представлены теоретические и экспериментальные зависимости изменения параметров управляемого пульсатора (соотношения тактов v, фазы сосания  $\lambda$  и частоты пульсаций *f*), в зависимости от величины аналогового управляющего сигнала P, подаваемого в камеру подпора переменного вакуума, при P = 50 кПа.

При этом в конструкции управляемого пульсатора использовалось следующее соотношение эффективных площадей мембран и клапанов  $S_1 = 2,86S_3, S_2 = 1,86S_3, S_3 = 1, S = 0,8S_3.$ 

Установлено, что при отсутствии управляющего сигнала (вакуума подпора) P = 0 значения параметров соответствуют значениям для обычного неуправляемого пульсатора  $v = v_{min}$ ,  $f = f_{max}$ .

При увеличении значения управляющего сигнала P происходит снижение частоты пульсаций f и одновременное увеличение соотношения тактов v за счет увеличения продолжительности такта сосания  $t_1$ . При достижении максимального значения управляющего сигнала P = 1 = P частота пульсаций поддерживается на минимальном  $f = f_{\min}$ , а соотношение тактов и фаза сосания на максимальном уровне  $v = v_{\max}$ ,  $\lambda = \lambda_{\max}$ , при котором продолжительность такта сосания максимальна. При снижении уровня управляющего сигнала, соответствующего молокоотдаче, происходит обратный процесс. При этом каждому значению управляющего сигнала соответствует свое значение частоты пульсаций и соотношения тактов (фазы сосания). Таким образом в процессе работы управляемого пульсатора данной конструкции соотношение тактов изменяется от 1:1 до 4:1, фаза сосания от 0,5 до 0,8 о.е., частота пульсаций от 1,6 до 0,8 Гц.



– экспериментальные значения; – – – – теоретические значения Рисунок 2 – Зависимость фазы сосания, соотношения тактов и частоты пульсаций управляемого пульсатора от величины управляющего сигнала

В ходе экспериментальных исследований установлено, что величина фазы сосания прямо пропорциональна величине аналогового управляющего сигнала, а зависимости частоты пульсаций и соотношения тактов от этого сигнала представляют собой ветви параболы.

На рисунке 3 приведены теоретические и экспериментальные зависимости вакуума срабатывания и отпускания, средней действующей величины вакуума в управляющей камере пульсатора и фазы сосания от величины аналогового управляющего сигнала.

Установлено, что величины вакуума срабатывания и отпускания, средняя действующая величина вакуума в управляющей камере пульсатора изменяются прямо пропорционально величине аналогового управляющего сигнала. При этом перепад вакуума в управляющей камере всегда остается постоянной величиной  $\Delta P = P_{cp} - P_{otn} = const$ . Значения средней действующей величины вакуума в управляющей камере в относительных единицах совпадают со значениями величины фазы сосания, т.е. практи-

чески подтверждается ранее установленная теоретическая зависимость [2]. Аналогичная зависимость существует и для средней действующей величины вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов в трехтактном режиме. Установлено, что при работе доильного аппарата в трехтактном режиме при изменении управляющего сигнала от P = 0 до P = P средняя действующая величина вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов нов плавно изменяется от 0,5 до 0,8 о.е. (от 25 до 40 кПа при P = 50 кПа).



 экспериментальные значения; - - - - теоретические значения
 Рисунок 3 – Зависимость вакуума срабатывания и отпускания, средней действующей величины вакуума в управляющей камере пульсатора от величины аналогового управляющего сигнала

Расхождения между экспериментальными и теоретическими значениями величин не превышают 3%, т.е. находятся в пределах ошибок измерительных приборов, что указывает на правильность ранее полученных теоретических зависимостей.

Таким образом, в ходе экспериментальных исследований установлено, что в зависимости от величины управляющего сигнала управляемые пульсаторы изменяют параметры в заданных физиологически обоснованных пределах: соотношение тактов от 1:1 до 4:1; фаза сосания от 0,5 до 0,8 о.е.; частота пульсаций от 1,6 до 0,8 Гц и величина вакуума под соском плавно от 25 до 40 кПа при величине вакуума питания 50 кПа и выше скачком до P питания.

Анализ результатов проведенных экспериментов подтверждает возможность создания доильного аппарата, включающего вакуумный управляемый пульсатор, с изменяемыми в процессе доения в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения в физиологически обоснованных пределах параметрами.

## Литература

1. Винников, И.К. Обоснование выбора рациональных схем вакуумных пульсаторов для управляемых доильных аппаратов. / И.К.Винников, О.Н.Бахчевников, Ю.В.Пахомов. – Разработка инновационных технологий и техничес-ких средств для АПК. – Ч.П.: Сборник научных трудов 8-й международной на-учн.-практ. конференции «Инновационные разработки для АПК». – Зерноград: СКНИИМЭСХ, 2013. – С. 86-94.

2. Винников, И.К. Управляемый вакуумный пульсатор стойлового доильного аппарата. / И.К.Винников, О.Н.Бахчевников. – Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. – №6. – С. 7-9.

Кандидат технических наук Чапский П.А. инженеры Кириченко В.А., Киселева Н.П., Кочегура Е.С. (ФГБНУ СКНИИМЭСХ)

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОЙ МАССЫ В КАМЕРЕ КОНИЧЕСКО-ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ<sup>\*</sup>

Анализ результатов имеющихся исследований показывает, что скорость сушки растительных материалов определяется температурой сушильного агента, его скоростью в сушильной камере и величиной удельной нагрузки высушиваемого материала на поверхность распределительной решетки. При этом одним из наиболее реальных способов интенсификации процесса влагоотдачи высушиваемым материалом является увеличение поверхности контакта газовой и твердой фаз за счет использования активного гидродинамического режима, реализуемого, к примеру, в аппаратах коническо-цилиндрической формы со взвешенным слоем. Однако, ранее выполненными исследованиями установлено, что реализовать в чистом виде устойчивый «кипящий» слой измельченной растительной массы в конической камере практически не представляется возможным. Вследствие неоднородности гранулометрического состава высушиваемого материала (листовая и стеблевая фракции, разная длина резки) и неравномерного распределения его по сечению камеры в местах наименьшего сопротивления слоя материала потоку теплоносителя образуются воронки (кратеры), из которых узкой струей выбрасывается теплоноситель с час-

<sup>\*</sup> Лучший научно-практический доклад по итогам работы научно-практической конференции