

ИССЛЕДОВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТА ПРОМЫВКИ ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АП-100

В настоящее время чрезвычайно актуальной для Республики Беларусь является проблема переоснащения молочно-товарных ферм и комплексов современным доильным оборудованием. Износ доильных установок советского производства составляет более 50 %. Это во многом определяет качество получаемой молочной продукции. Одна из ключевых составляющих доильной установки, влияющих на качество молока – система промывки, обеспечивающая полноценную промывку доильных аппаратов, молокопроводных путей и оборудования для первичной обработки молока.

В институте разработан автомат промывки доильного оборудования адаптированный к условиям эксплуатации в составе доильных установок как с доением в молокопровод, так и на доильных площадках типа "Тандем", "Елочка", "Параллель". Его конструкции представлена на рис. 1, а технологическая схема на рис. 2.

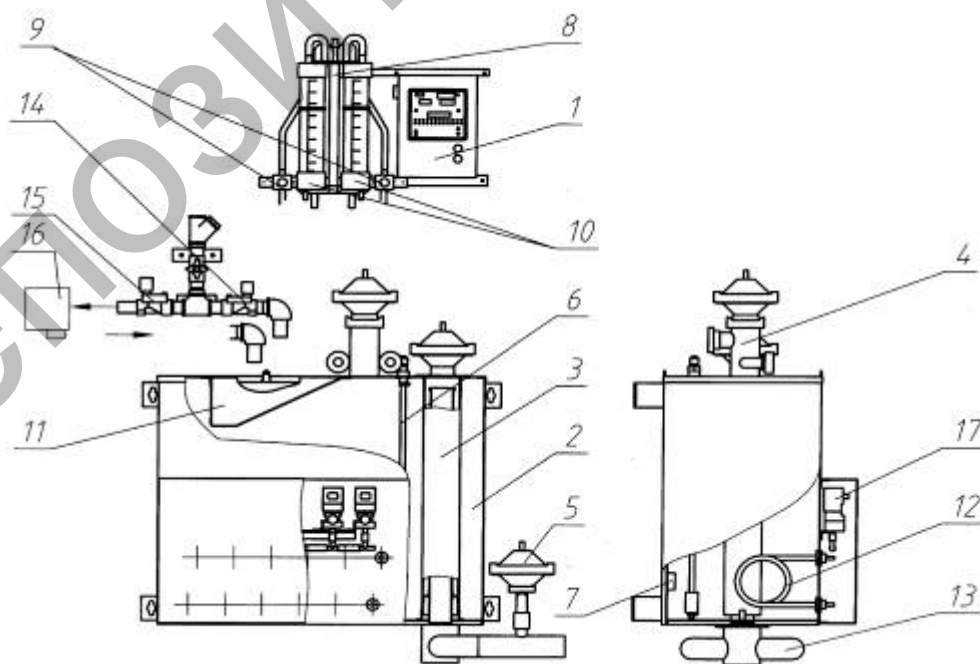


Рисунок 1. Конструкция автомата промывки:

1 – пульт управления; 2 – ванна промывки; 3 – клапан циркуляционный; 4 – клапан промывки; 5 – клапан впуска воздуха (аэрирования); 6 – датчик уровня; 7 – датчики температуры моющих растворов; 8 – емкости дозаторов моющих (дезинфицирующих) средств; 9 – дозаторы; 10 – лоток; 11 - вакуумный распределитель; 12 – нагревательные элементы (ТЭНы); 13 – коллектор; 14, 15 – электромагнитные клапаны пуска холодной и горячей воды; 16 – стационарный электроводонагреватель

В ванне промывки I расположены: лоток для порошкообразных моющих средств (поз. 1 рис 2); датчик уровня воды (поз. 2); электронагревательные элементы (ТЭНы) (поз. 3); датчик температуры (поз. 4); клапан промывки (поз. 5); клапан циркуляционный (поз. 7). Снаружи на коллекторе установлен клапан дополнительного впуска воздуха (поз. 6).

Узел подачи воды II включает в себя электромагнитный клапан подачи холодной воды (поз. 8) Х.В. в ванну промывки; клапан подачи горячей воды Г.В. (поз.9) и стационарный электроводонагреватель с датчиком температуры, (поз. 10), в который через клапан Г.В. поступает холодная вода; на выходе уже горячая вода, направляется в ванну промывки. Чтобы добиться более высокого уровня гигиены при проведении тех программных операций, для которых предусмотрена подача горячей воды, в емкости промывки установлены электронагревательные элементы (поз. 3) для дополнительного подогрева моющих растворов.

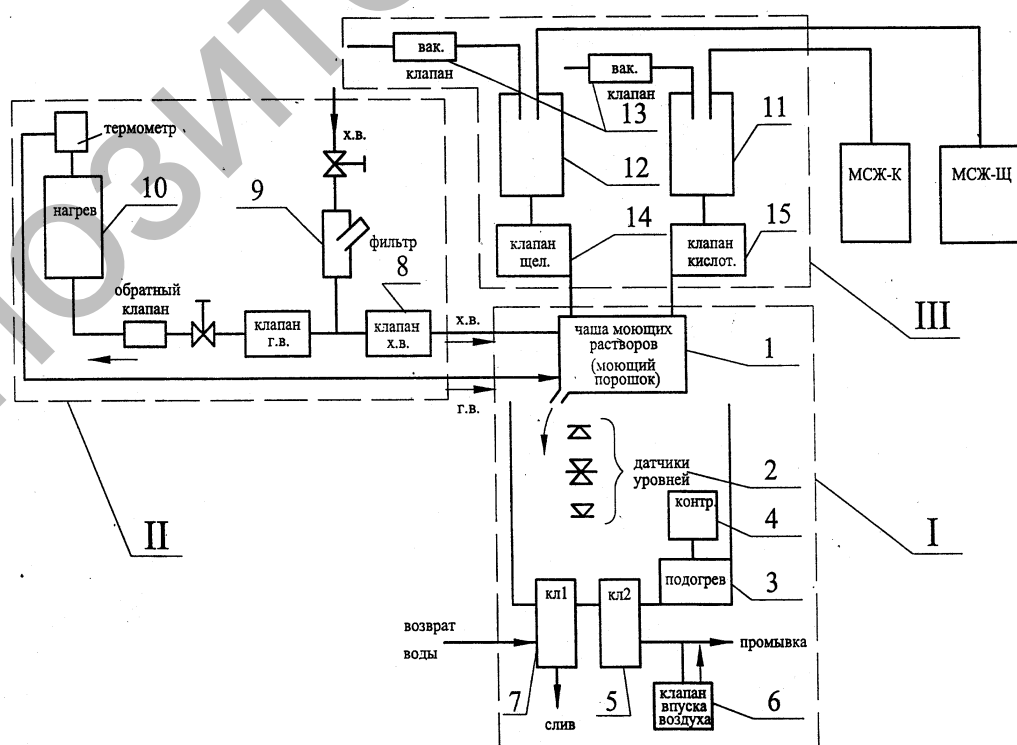


Рисунок 2. Технологическая схема автомата промывки АП-100

Узел подачи концентрата моющих растворов II состоит из двух дозирующих емкостей - для кислотных (поз. 11) и щелочных (поз. 12) средств, в которые вакуумными клапанами (поз. 13) подаются соответствующие концентраты моющих средств. Дозаторы (поз. 14, поз. 15) обеспечивают слив требуемого количества жидкости в ванну промывки.

Автоматом промывки предусмотрено выполнение 5 программ:

1. Преддоильное ополаскивание системы молочных коммуникаций (Программа 1).
- 2, 3. Последовательная промывка с жидким кислотным (щелочным) моющим средством (Программы 2 и 3).
4. Последовательная промывка с дезинфекцией (Программа 4).
5. Последовательная промывка с порошкообразным кислотным (щелочным) моющим средством (Программа 5).

Один из ключевых параметров работы автомата промывки - расход воды и соответственно моющих средств. Для оптимизации этого фактора

При ополаскивании или циркуляционной промывке за продолжительность операции примем суммарную продолжительность прохождения через любое сечение молокопроводящей коммуникации жидкости. Такой подход особенно важен для коммуникации с большой длиной, когда время ее заполнения или опорожнения моющим раствором или водой соизмеримо с общей продолжительностью операции. Продолжительность операции для любого 1-сечения будет состоять, как следует из графика (рис. 3), из трех составляющих:

- t_{3i} - суммарная продолжительность прохождения жидкости через I сечение при заполнении коммуникации;
- t_{ci} - суммарная продолжительность прохождения жидкости через i -сечение при сливе жидкости из коммуникации;
- t_n - суммарная продолжительность прохождения жидкости при полностью заполненной трубе.

Очевидно, что суммарная продолжительность прохождения жидкости в 1-сечении за всю операцию будет равна:

$$t_{ion} = t_{3i} + t_{ci} + t_n$$

На графике по оси абсцисс отложено время, т.е. продолжительность, а по оси ординат - длина коммуникации от 0 до l_k . Очевидно, что время заполнения или опорожне-

ния коммуникаций может быть определено исходя из средней скорости потока моющей жидкости вдоль коммуникации и длины последней, т.е.:

$$t_{ion} = \frac{l_k}{V} + \frac{l_k}{V_c} + t_n,$$

где V_3 и V_c - соответственно среднее значение потока при заполнении и опорожнении.

Известно, что в общем случае численные значения V_3 и V_c зависят от многих факторов, в частности, от объемного газосодержания и структуры газожидкостной смеси, величины вакуума в системе, угла наклона молокопровода, температуры, сечения трубы и т.д. По этой причине численные значения $\frac{l_k}{V}$ и $\frac{l_k}{V_c}$ могут существенно меняться.

Обеспечить заданную общую продолжительность операции t_{ion} , можно путем управления величиной t_n . Отсюда следует, что для адекватной адаптации автомата промывки к какому-либо объекту целесообразно иметь возможность корректировки времени экспозиции выполнения операции.

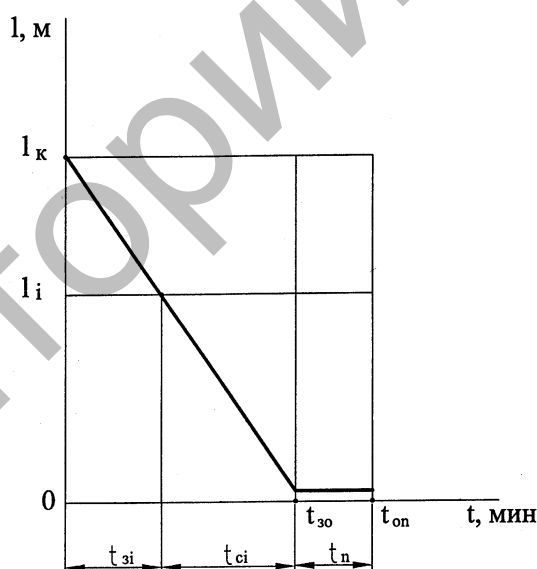


Рисунок 3. Определение продолжительности операции промывки

Если принять $V_3 = V_c$ м/с, то для молокопроводов типа УМД-200 суммарная продолжительность заполнения или опорожнения составит 1,5 мин. Тогда если принять во внимание операцию ополаскивания $t_n = 3$ мин., общая продолжительность составит $t_{on} = 4,5$ мин. Для определения расхода холодной и горячей воды примем следующие исходные данные: общая длина молокопровода $L = 280$ м; объем молокопровода $V_m = 560$ л; $V_{cp} = 1,5$ м/с; коэффициент объемного газосодержания $\beta = 0,6$, тогда общий расход воды определим из:

$$Q_b = Q_m (1 - \beta) + t_n 60V_{cp} (1 - \beta)$$

$$Q_b = 560 (1 - 0,6) + t_n \times 60 \times 1,5 (1 - \beta) = 224 + 0,6 t_n 60 = (224 + 36 t_n),$$

при $t_n = 3$ мин. $Q_b = 224 + 108 = 332$ л.

Определим количество горячей и холодной воды, потребной для ополаскивания, исходя из того, что на ферме имеется горячая вода с температурой $t_r = 65^\circ\text{C}$ и холодная с температурой $t_x = 10^\circ\text{C}$. Температуру теплой воды принимаем равной $t_T = 35^\circ\text{C}$. Тогда, принимая во внимание, что $Q_b = Q_r + Q_x = 332$ л, из уравнения теплового баланса найдем $Q_r = 150$ л; $Q_x = 182$ л.

Для циркуляционной промывки потребность в горячей воде составит

$$Q_r = Q_m (1 - \beta) = 560 (1 - 0,6) = 224 \text{ л}$$

Выполненные расчеты носят ориентировочный характер и требуют экспериментальной проверки. В частности, при определении коэффициента объемного газосодержания учитывался лишь воздух, который поступает в систему через калиброванное отверстие в коллекторе. Между тем зачастую предусматривается дополнительное инжентирование воздуха в систему, что позволяет снизить расход воды и энергии и интенсифицировать процесс промывки за счет увеличения скорости движения газожидкостной смеси и усиления механического воздействия на внутреннюю поверхность молочных коммуникаций. С целью уточнения расчетных данных, экспериментальной проверки отдельных решений был изготовлен и смонтирован специальный стенд (рис. 4).

Эксперименты, поставленные на экспериментальном стенде промывки позволили определить:

- значение коэффициента объемного газосодержания, при котором достигается скорость моющей смеси $V_{cm} \geq 1,5$ м/с, $\beta = 0,6 \dots 0,7$;
- оптимальное сечение отверстия для впуска воздуха при пропуске через молокопровод эластичного очистителя (пыжа);
- параметры устройства для промывки верхней части молокоприемной стеклянной колбы.

Эксперименты показали, что количество воздуха, впускаемого в молокопровод через калиброванные отверстия в коллекторе при промывке, недостаточно для устойчивого получения $V_{cm} \geq 1,5$ м/с. Необходимо дополнительное инжентирование воздуха в 1,2-1,3 раза.

При использовании эластичного очистителя («пыжа») для удаления остатков молока или воды после ополаскивания необходимо, чтобы его скорость была минимальна, так как при этом жидкость удаляется более полно, но при этом возникает опасность того, что «пыж» может застрять на поворотах. Для практической реализации было принято $d_{др} = 15$ мм.

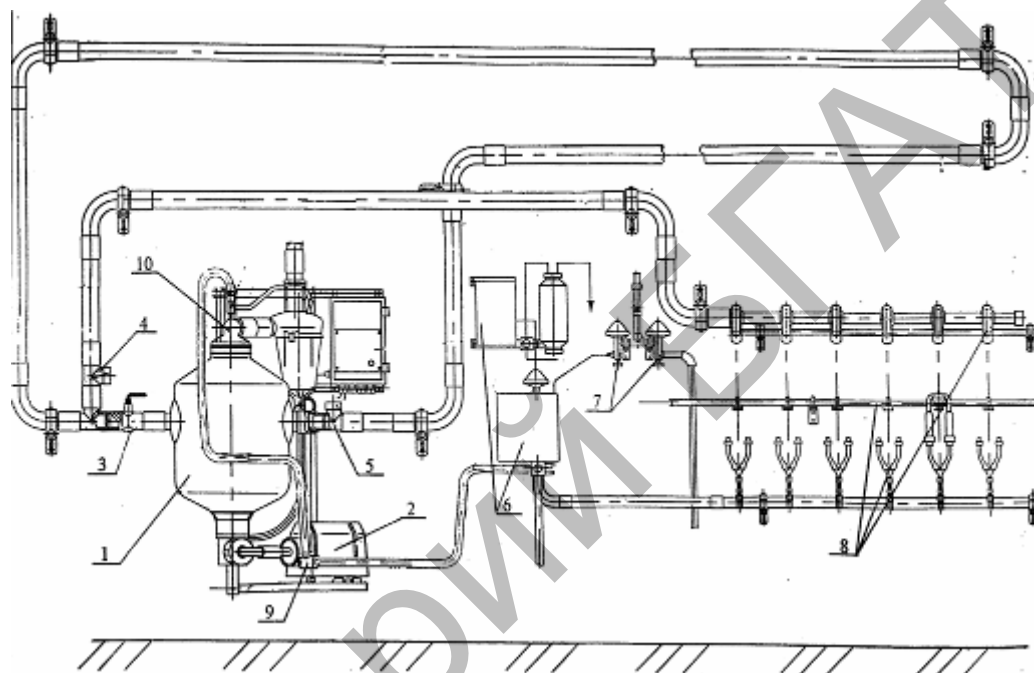


Рисунок 4. Экспериментальный стенд промывки

1 – молокоприемник; 2 - молочный насос; 3 – переключатель; 4 - тройник с сеткой для запуска пыжа; 5 - тройник с сеткой для приема пыжа (пыжеуловитель); 6 - автомат промывки; 7 - блок вентилей для управления холодной и горячей водой; 8 - стенд промывки доильных аппаратов; 9 - тройник-распределитель; 10 - разбрызгиватель

Одним из труднопромываемых участков молочной линии является верхняя часть молокоприемной колбы. В существующем серийном молокоприемном узле промывка верхней части колбы осуществляется путем подачи туда моющего раствора из промывочной трубы и последующего разбрызгивания. Подача жидкости осуществляется за счет разности вакуумметрического давления в промывочной трубе и молокоприемной колбе. Однако интенсивность обмыва в этом случае, как показал опыт, недостаточна. В связи с этим было предложено интенсифицировать обмыв за счет направления в верхнюю зону молокоприемника части потока моющей жидкости из молочного насоса путем установки в напорном шланге молочного насоса тройника-распределителя (рис. 5).

При включении молочного насоса поток направляли в мерный сосуд. При отсутствии отбора жидкости на выходе из насоса продолжительность заполнения мерного со-

суда составила 44 с. При отборе жидкости после насоса продолжительность заполнения мерного сосуда увеличивалось. Результаты экспериментов приведены в таблице.

Диаметр, мм	Время истекания, сек	Примечания
4,5	82	Обмыв хороший
3,5	70	Обмыв хороший
3	53	Обмыв хороший
2,5	53	Обмыв недостаточный

Из таблицы видно, что минимальный диаметр дросселя, при котором достигается удовлетворительный обмыв равен 3 мм и который был принят при изготовлении тройников-распределителей.

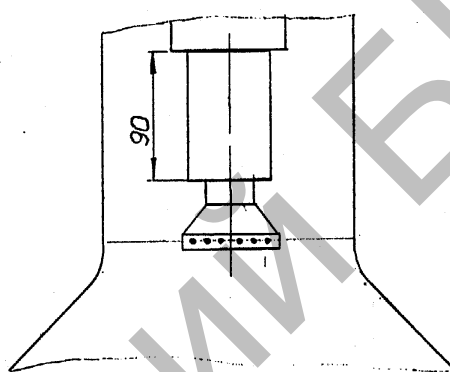


Рисунок 5. Тройник - распределитель потока

Результаты испытаний автомата промывки в производственных условиях показали, что разработанная программа работы автомата промывки позволяет обеспечить выполнение всех необходимых этапов мойки и дезинфекции молочного оборудования в автоматическом режиме и требуемое качество промывки доильного оборудования. В ходе испытаний применялись новейшие разработки ученых БелНИИЖ – моющие средства "Милю" (щелочное) и "ВАМ" (кислотное), предназначенные для мойки доильно-молочного оборудования. Их использование обосновано как с точки зрения технико-экономической эффективности применения, так и зооветеринарной оценки качества этих средств и результатов их воздействия на технологическое оборудование и получаемое молочное сырье. Их применение не изменяет состав материала и свойства деталей доильного оборудования, а качество промывки оборудования отвечает современным санитарным требованиям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Системы управления современного автомата промывки молочного оборудования должна основываться на применении микропроцессоров, что позволяет существенно повысить надежность работы и расширить функциональные возможности оборудования – настраивать программу работы (циклограмму) в зависимости от вида применяемых моющих и дезинфицирующих средств и условий эксплуатации, осуществлять индикацию текущих этапов программы, сигнализировать об неисправностях и сбоях.

2. Проведенные исследования позволили определить значение коэффициента объемного газосодержания $\beta = 0,6...0,7$, при котором достигается скорость моющей смеси $V_{см} \geq 1,5$ м/с; оптимальное сечение отверстия для впуска воздуха при пропуске через молокопровод эластичного очистителя (пыжа); параметры устройства для промывки верхней части молокоприемной стеклянной колбы.

3. На основе анализа результатов проведенных исследований разработана конструктивная схема и технологические алгоритмы работы, которые обеспечивают эффективную промывку доильного оборудования. Это позволило создать производительный и экономичный автомат промывки на уровне зарубежных образцов и существенно повысить качество производимого молока.