

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ПРОМЫВКИ МОЛОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

## IMPROVING THE MEANS OF DAIRY EQUIPMENT CLEANING

**Ключевые слова:** молоко, трубопровод, промывка, технология, первичная обработка, давление.

Важнейшей отраслью сельскохозяйственного производства является животноводство в целом и в особенности его молочное направление. Благодаря ему осуществляется производство продуктов питания для человека, сырье для легкой и пищевой промышленности, органических удобрений. Кроме того, это является важнейшей средой трудовой деятельности как сельского населения, так и городского, если имеется в виду молоко- и мясоперерабатывающая направленность. Животноводство влияет на экономику товаропроизводителей, социальную направленность, демографическую ситуацию на селе. Развитие перерабатывающей отрасли является связующим звеном при производстве и совершенствовании средств механизации, электрификации и автоматизации процессов, совершенствовании технологий и поточно-технологических линий. Одновременно с этим получение качественного молока возможно только при выполнении первичной обработки и соблюдении санитарно-гигиенических требований, а также правил личной гигиены персонала на всех этапах движения сырья. Известно, что основными задачами первичной обработки молока является его очистка от механических примесей и охлаждение, а при подготовке к употреблению человеком – очистка от патогенной микрофлоры. Задача усложняется тем, что по пути движения молока происходит его бактериальное обсеменение, требующее разработки и использования эф-

фективных средств удаления загрязнений, особенно в трудных местах, какими являются молокопроводы.

**Keywords:** milk, pipeline, cleaning, technology, primary treatment, pressure.

The most important branch of farm production is animal husbandry in general and, in particular, its dairy sector. Owing to animal husbandry, the production of food for humans, raw materials for light and food industries, and organic fertilizers is carried out. In addition, it is the most important employer for both the rural and urban population, if we mean milk and meat processing. Animal husbandry affects the economy of commodity producers, social orientation, and demographic situation in rural areas. The development of the processing industry is a link in the production and improvement of mechanization, electrification and automation of processes, improvement of technologies and production lines. At the same time, obtaining high-quality milk is possible only when primary treatment is performed and sanitary and hygienic requirements are met, as well as personal hygiene rules for personnel at all stages of raw material movement. It is known that the main tasks of primary treatment of milk is its cleaning from mechanical impurities and cooling, and in preparation for human consumption – cleaning from pathogenic microflora. The task is complicated by the fact that along the way of milk movement its bacterial contamination occurs which requires the development and use of effective means of removing contaminants, especially in difficult places, such as milk pipelines.

**Шилин Владимир Александрович**, к.т.н., проф., каф. «Механизация животноводства и применение электрической энергии в сельском хозяйстве», Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. Тел.: (81153) 7-22-16. E-mail: olga-gerasimova@rambler.ru.

**Герасимова Ольга Александровна**, д.т.н., доцент каф. «Механизация животноводства и применение электрической энергии в сельском хозяйстве», Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: olga-gerasimova@rambler.ru.

**Соловьев Сергей Викторович**, к.т.н., доцент каф. «Механизация животноводства и применение электрической энергии в сельском хозяйстве», Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: mavrsol@yandex.ru.

**Shilin Vladimir Aleksandrovich**, Cand. Tech. Sci., Prof., Chair of Animal Farming Mechanization and Electrical Power Use in Farming, Velikiye Luki State Agricultural Academy. Ph.: (81153) 7-22-16. E-mail: olga-gerasimova@rambler.ru.

**Gerasimova Olga Aleksandrovna**, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Animal Farming Mechanization and Electrical Power Use in Farming, Velikiye Luki State Agricultural Academy. E-mail: olga-gerasimova@rambler.ru.

**Solovyev Sergey Viktorovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Farming Mechanization and Electrical Power Use in Farming, Velikiye Luki State Agricultural Academy. E-mail: mavrsol@yandex.ru.

### Введение

Новейшие технологии, связанные с разработкой повышенных мер предотвращения бактериальной обсеменённости молока, позволяют увеличить продолжительность его хранения до 10 суток и более при высоком качестве продукции. В этих вопросах мероприятия по подавлению деятельности бактерий являются решающими.

Если проанализировать современные способы бактерицидного воздействия, можно выделить обработку ультрафиолетовым излучением и обработку ультразвуком (УФ-излучение, УЗ-обработка), однако пока не существует технологий и технических средств использования их в условиях интенсивных перерабатывающих производств. На сегодня для крупных производств альтернативы тепловой обработке (пастеризации, стерилизации) пока не существует, но и тепловая обработка, особенно пастеризация, не обеспечивает полного бактерицидного эффекта при наличии термофильных бактерий, а стерилизация ухудшает физико-химические и вкусовые свойства молока, кроме того, споровые бактерии, хотя и в незначительных количествах, могут сохранять свою жизнеспособность даже при стерилизации.

Всё вышесказанное в основном касается подготовки молока к переработке, в то же время необходимо учитывать возможность обсеменения и в процессе его переработки при технологических перемещениях продукта.

Установлено, что развитие бактерий в этот период может происходить из-за недостаточной эффективности дезинфицирующей обработки оборудования и его промывки. Для решения этого вопроса в последние годы используются новейшие дезинфицирующие средства. При этом разрабатываются и технические средства промывки и дезинфекции в виде распыляющих вращающихся головок, размещённых в полостях молочного оборудования. Но данные технические средства невозможно использовать для промывки молокопроводов. Технология их промывки остаётся без изменения и позволяет со-

храняться колониям бактерий в труднодоступных местах, в частности, в местах соединений, в результате при движении продукта по молокопроводу происходит его обсеменение.

Производители молока-сырья заинтересованы в повышении его качества, так как закупочная цена на молоко высшего сорта в среднем на 25% превышает цену молока первого сорта. В то же время статистика Министерства сельского хозяйства показывает, что многие хозяйства не могут работать в соответствии с Федеральным законом № 88-ФЗ, который утвердил «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» 12 июня 2008 г. Причиной низкого качества молока в таких хозяйствах, как правило, является высокая бактериальная обсеменённость.

**Цель** исследования – повышение качества молока-сырья, производимого на пастбищных комплексах, за счёт снижения бактериальной обсеменённости путём совершенствования средств промывки молочного оборудования.

**Задачи** исследования – выполнить анализ и обосновать необходимость применения разработанного устройства для промывки молокопроводов линии первичной обработки молока на пастбищных комплексах.

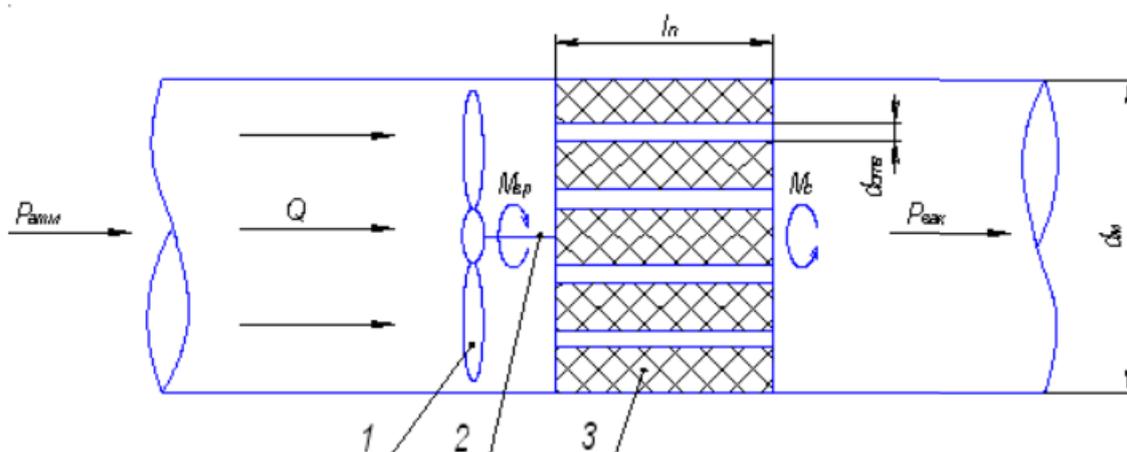
### Объекты и методы

Объектом исследования является технология пастбищного содержания коров и рабочий процесс технических средств для повышения качества молока-сырья [1].

Поисковые исследования проводились на основе анализа технологий и технологических процессов доения и первичной обработки молока, включая промывку.

**Очистка молочных линий.** Важнейшими факторами процесса мойки являются: гидромеханический фактор, температурный режим, использование пыжей-очистителей от остатков молока и моющего раствора.

Перспективный метод очистки – применение устройства с вращающимися рабочими органами, предложенный В.В. Кирсановым и В.Ю. Матвеевым [2].



**Рис. 1. Схема устройства очистки молокопровода:**  
1 – приводной элемент; 2 – соединительное звено; 3 – устройство очистки

Устройство представляет собой пыж с продольными каналами и приводной элемент в виде винта, который создает крутящий момент при прохождении через него воздушного потока (рис. 1). Таким образом, помимо поступательного движения устройство осуществляет еще и вращательное, повышая тем самым качество очистки внутренней поверхности молокопровода с одновременным уменьшением расхода мощных средств.

Недостатком этой конструкции является то, что сила, приводящая в движение устройство, ограничена разностью давлений перед пыжом и за ним. Если силы адгезии загрязнений на поверхности молокопровода окажутся слишком велики, то устройство очистки застрянет.

Для повышения качества промывки применяют упругие пробки (рис. 2). Эти устройства осуществляют движение за счет перепада давления в молокопроводе.

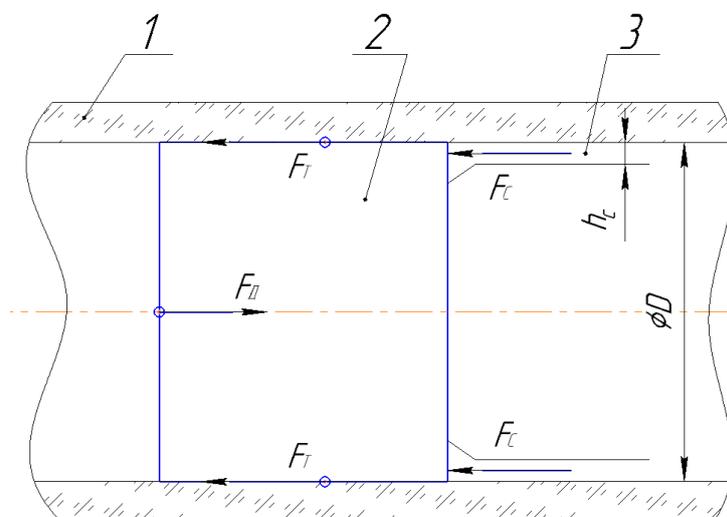
Для осуществления движения упругой пробки по молокопроводу необходимо выполнение условия:

$$F_d > F_T + F_c, \quad (1)$$

где  $F_d$  – сила, образуемая разностью давлений  $\Delta P$  между передней и задней частью пробки с площадью сечения  $S$ ,  $F_d = \Delta P \cdot S$ , Н;

$F_T$  – сила трения, Н;

$F_c$  – сила, препятствующая отделению белковых отложений со стенок трубопровода, Н.



**Рис. 2. Схема сил, действующих на упругую пробку в процессе удаления загрязнений:**  
1 – очищаемый молокопровод; 2 – упругая пробка; 3 – слой загрязнений

Сила трения между поверхностью молокопровода и упругой пробкой определяется из выражения:

$$F_T = kSE \frac{\Delta r}{r}, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент трения материала пробки с поверхностью трубопровода;

$S$  – площадь поверхности соприкосновения пробки с поверхностью трубопровода,  $m^2$ ;

$E$  – модуль Юнга для материала пробки, Па;

$\Delta r$  – величина деформации пробки, м;

$r$  – радиус пробки, м.

При удалении жидкости с твердой поверхности происходит адгезионный отрыв по границе жидкость-твердое тело. В случае контакта большого количества жидкости с твердой поверхностью работа адгезии  $W_a$  измеряется в расчете на единицу площади контакта  $S$  жидкость-твердое тело [3]:

$$W = W_a S; \quad (3)$$

$$W_a = \sigma_{жг}(1 - \cos \Theta); \quad (4)$$

$$\cos \Theta = (\sigma_{тг} - \gamma_{тж}) / \sigma_{жг}, \quad (5)$$

где  $S$  – площадь контакта молочной пленки с поверхностью,  $m^2$ ;

$\cos \Theta$  – краевой угол смачивания;

$\sigma_{тг}$ ,  $\sigma_{жг}$ ,  $\gamma_{тж}$  – поверхностные натяжения для границ раздела твердое тело – газ, жидкость – газ, твердое тело – жидкость соответственно.

Сила, необходимая для отделения белковых отложений со стенок трубопровода, определится из выражения:

$$F_C = \frac{W \pi D}{S}, \quad (6)$$

где  $D$  – диаметр молокопровода, м.

К недостаткам упругих пробок относят быстрый износ и недостаточную эффективность очистки (удаление отложений со стенок молокопровода происходит за 5-6 проходов).

Для эффективной работы устройства очистки с активным рабочим органом и развития данной технологии В.В. Кирсанов предлагает создание двухконтурной технологической системы промывки [4, 5]. Первый контур состоит из автомата промывки, стенда доильных аппаратов, молоко-

приемника и молочного насоса. Мощная жидкость, циркулирующая по этому контуру, интенсивно промывает доильное оборудование, снижаются расход тепла и моющих средств.

Применение двухконтурной системы совместно с устройством механической очистки молокопровода позволяет уменьшить время промывки, снизить затраты моющих средств и воды на 50%, а энергии – на 25-30%. Такое техническое решение дает возможность снизить общие затраты на получение молока и в то же время повысить его качество.

Учитывая это, нами предлагается усовершенствованное устройство для периодической промывки молокопроводов, конструкция которого базируется на разработке немецкой фирмы «Хаммелманн» для промывки промышленных трубопроводов от загрязнений. Устройство включает насос высокого давления и промывочный аппарат.

Промывочный аппарат имеет передний 1 и задний 9 пояса с отверстиями. При максимальном давлении подаваемой жидкости запорное кольцо 2 перемещается внутри корпуса 6 вправо, одновременно перемещая втулку 3, преодолевая при этом сопротивление пружины 5. Втулка перемещается по направляющей 8 до упора в запорный шток 7, благодаря чему перекрывается доступ жидкости к переднему разбрызгивателю 9. При выбросе жидкости из отверстий заднего разбрызгивателя создаётся тяговое усилие под действием реактивной силы струй, передвигающее вперёд сопловый аппарат внутри молокопровода, одновременно промывая его стенки и соединения направленными струями (рис. 3а).

Если аппарат нужно вернуть назад, в особенности при наличии поворотов, то путём снижения давления в системе обеспечивается перемещение запорного клапана до упора в заднее кольцо под действием пружины, преодолевающей давления напора воды и перемещающей втулку с запорным кольцом влево, в результате чего перекрываются отверстия заднего пояса и одновременно с этим обеспечивается преобладающее направление движения жидко-

сти к соплам переднего пояса через отверстия втулки промежуточной вставки 10 (рис. 3б). Струи переднего кольца направлены в противоположную сторону и под действием реактивной силы способствуют перемещению аппарата назад (аппарат возвращается назад вытягиванием самого шланга), дополнительно промывая

стенки молокопровода. Промывка осуществляется на всю длину молокопровода. Сток отработанной жидкости осуществляется по трубопроводу как в одну, так и в другую сторону. С учётом необходимости промывки труб разных диаметров плотность обеспечивается сменными упругими вставками 4.

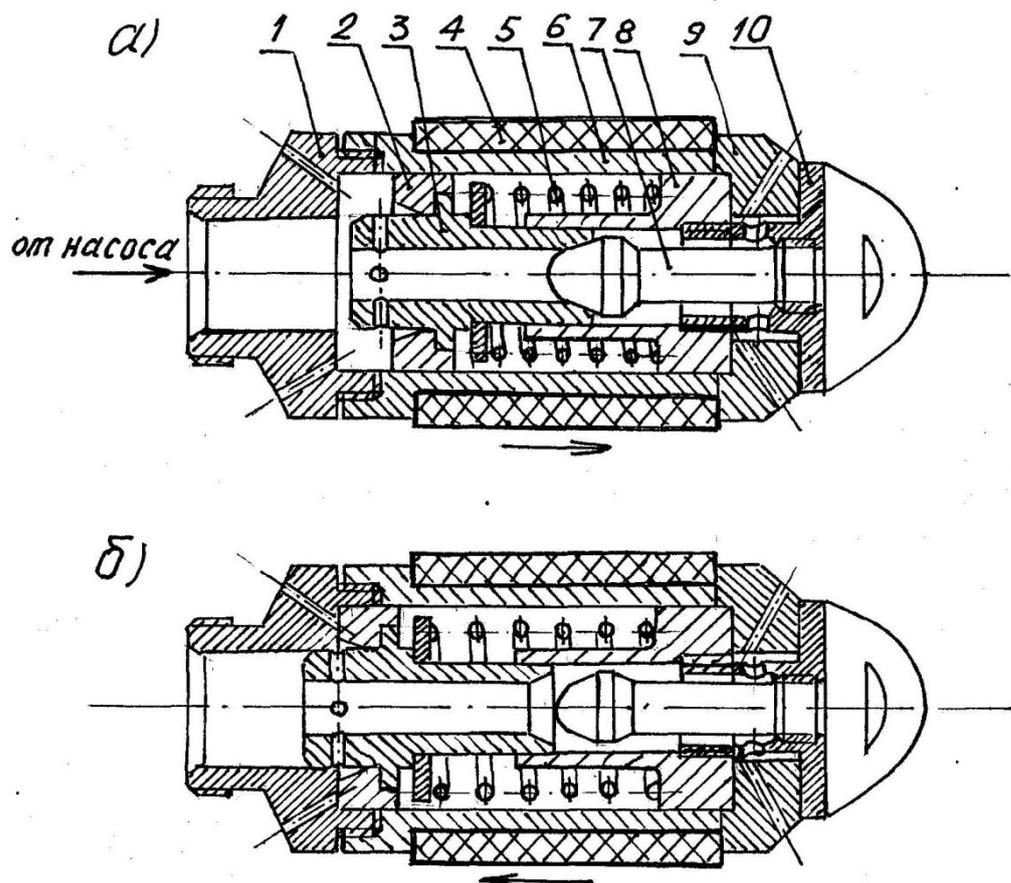


Рис. 3. Аппарат для периодической промывки молокопровода

### Выводы

Мы считаем, что в настоящее время повысить качество получаемого молока можно за счет совершенствования средств промывки молокопроводов и молочного оборудования. Для снижения расхода воды и моющих средств при выполнении промывки молочного оборудования необходимо применять устройства механической очистки.

Упругие пробки, применяемые в настоящее время, обладают рядом недостатков: для удаления белково-жировых отложений со стенок необходимо 5-6 проходов; быстрый износ мате-

риала пробки; возможность застревания в молокопроводе.

Предлагаемое нами устройство для промывки молокопроводов доильных установок лишено этих недостатков и позволяет снизить бактериальную загрязненность молока.

### Библиографический список

1. Герасимова, О. А. Первичная обработка молока на пастбищных комплексах // О. А. Герасимова. – Текст: непосредственный // Вестник Бурятской ГСХА. – 2015. – № 3.

2. Кирсанов, В. В. Обоснование параметров гидромеханического устройства промывки молокопровода / В. В. Кирсанов, В. Ю. Матвеев. – Текст: непосредственный // Вестник НГИЭИ, 2011 – С. 102-104.

3. Зимон, А. Д. Адгезия жидкости и смачивание / А. Д. Зимон. – Москва: Химия, 1974. – 416 с. – Текст: непосредственный.

4. Кирсанов В. В. Энергоэффективная очистка молочных линий / В. В. Кирсанов, В. Ю. Матвеев. – Текст: непосредственный // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. – 2016 – № 2. – С. 102-104.

5. Кирсанов, В. В. Теоретические основы промывки молокопроводов доильных установок / В. В. Кирсанов, В. Ю. Матвеев. – Текст: непосредственный // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012 – № 6. – С. 48-49.

6. Тихомиров, И. А. Рекомендации по повышению качества молока / И. А. Тихомиров, Г. С. Тихомирова. – Орел: Изд-во ОГАУ, 2009. – 15 с. – Текст: непосредственный.

7. Кук, Г. А. Процессы и аппараты молочной промышленности / Г. А. Кук. – Москва: Пи-

щепромиздат, 1955. – 472 с. – Текст: непосредственный.

#### References

1. Gerasimova O.A. Pervichnaya obrabotka moloka na pastbishchnykh kompleksakh / O.A. Gerasimova. – Vestnik Buryatskoy GSKhA. – 2015. – No. 3.

2. Kirsanov V.V. Obosnovanie parametrov gidromekhanicheskogo ustroystva promyvki molokoprovoda / V.V. Kirsanov, V.Yu. Matveev // Vestnik NGIEI. – 2011. – S. 102-104.

3. Zimon A.D. Adgeziya zhidkosti i smachivanie / A.D. Zimon. – Moskva: Khimiya, 1974. – 416 s.

4. Kirsanov V.V. Energoeffektivnaya ochestka molochnykh liniy / V.V. Kirsanov, V.Yu. Matveev // Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova. – 2016. – No. 2. – S. 102-104.

5. Kirsanov V.V. Teoreticheskie osnovy promyvki molokoprovodov doilnykh ustanovok / V.V. Kirsanov, V.Yu. Matveev // Selskokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. – 2012. – No. 6. – S. 48-49.

6. Tikhomirov I.A. Rekomendatsii po povysheniyu kachestva moloka / I.A. Tikhomirov, G.S. Tikhomirova. – Orel: Izdatelstvo OGAU, 2009. – 15 s.

7. Kuk G.A. Protsessy i apparaty molochnoy promyshlennosti / G.A. Kuk. – Moskva: Pishchepromizdat, 1955. – 472 s.

