

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ САНИТАРНОЙ ОБРАБОТКИ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

МАТВЕЕВ Владимир Юрьевич, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет

МАСЛОВ Максим Михайлович, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет

ЗАЙКИН Вильямс Павлович, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет

В статье предложена функционально-морфологическая модель системы санитарной обработки с автоматом промывки, в результате анализа которой были выявлены основные способы повышения качества очистки и энергоэффективности. В результате анализа морфологической матрицы решений были определены оптимальные параметры устройств интенсификации санитарной обработки – многократное применение механических очистителей в сочетании с воздушно-жидкостным потоком при их подаче по перепаду давления в начало молокопровода.

Введение. Молочное животноводство в России – одна из наиболее интенсивно развивающихся отраслей сельского хозяйства. Спрос населения на ее продукцию непрерывно растет. Согласно рекомендациям по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания, потребление молока и молокопродуктов необходимо довести до 325 кг в год на душу населения при текущем уровне, равном 249 кг [2, 7].

Обеспечение населения таким объемом молока невозможно без обеспечения надлежащего качества работы системы санитарной обработки доильных установок, в результате плохого выполнения которой снижается сортность молока. Основным показателем, оценивающим качество очистки является бактериальное обсеменение, количественно выраженное в КМАФАнМ [1].

Полностью снизить КМАФАнМ в сырье практически невозможно [9]. Однако минимизация количества позволяет продлить срок годности производимой продукции и повысить ее качество и безопасность. Кроме того, от уровня бактериальной обсеменности зависит цена реализуемой продукции.

В процессе изучения технологий промывки доильных установок было выявлено следующее:

санитарная обработка проводится сразу

же после окончания использования доильного оборудования;

промывка доильного оборудования возможна тремя способами – без разборки, с частичной разборкой и с полной разборкой;

управление процессом промывки может осуществляться оператором или автоматом промывки;

для очистки и дезинфекции доильного оборудования применяются щелочные и кислотные моюще-дезинфицирующие составы; перед дойкой оборудование нуждается в ополаскивании.

Дезинфекция и очистка молочного оборудования достигается за счет последовательного выполнения следующих операций:

1) ополаскивания проточной теплой (30 ± 5 °С) водой с целью удаления остатков молока;

2) удаления белково-жировой пленки за счет циркуляции горячего (60 ± 5 °С) раствора моющего средства;

3) уничтожения патогенной микрофлоры и снижения бактериальной загрязненности за счет применения дезинфицирующих средств и удаления «молочного камня» за счет применения растворов кислот;

4) окончательного ополаскивания водопроводной водой для удаления с поверхности доильного оборудования остатков моющего и дезинфицирующего растворов [8].

При применении моюще-дезинфициру-





ющего средства вторую и третью операции совмещают.

В большинстве случаев, а именно после дойки, санитарная обработка доильной установки проводится без разборки. Однако при проведении ТО-1 и ТО-2 (раз в месяц и год соответственно) молокопровод разбирается и очищается.

Анализ результатов производственных испытаний, проверок и опыта эксплуатации доильного оборудования, применяемых в настоящее время для санитарной обработки, показывает, что на сегодняшний момент в большинстве хозяйств сложилась следующая ситуация:

в половине товарных ферм Нижегородской области установлены доильные установки линейного типа с длиной молокопровода 100 м и более;

практически все доильные установки оснащены автоматом промывки;

с увеличением длины молокопровода эффективность существующей системы санитарной обработки снижается;

новая техника в основном иностранного производства и с минимальной длиной молокопровода;

персонал для обслуживания иностранного оборудования необходимо приглашать из специализированных центров;

проверка бактериальной обсеменности произведенного молока проводится в большинстве случаев только при сдаче на перерабатывающее предприятие;

недостаточное качество санитарной обработки ведет к снижению сортности молока или к переводу его в несортное, а следовательно, к значительным финансовым потерям [10].

Таким образом, основными недостатками существующей системы санитарной обработки доильного оборудования являются недостаточное качество, низкая производительность и отсутствие возможности контроля качества выполнения промывки.

Такой анализ будет способствовать выявлению наиболее простой и рациональной схемы совершенствования технологии промывки доильного оборудования, обладающей высокой производительностью, низкими затратами труда и требуемого качества продукции, что является актуальной задачей.

В задачи исследования входило проведение функционально-морфологического ана-

лиза технологии санитарной обработки доильного оборудования с целью определения наиболее простой и рациональной конструкции и технологии, обеспечивающей повышение эффективности и качества процесса промывки и снижение затрат материалов, труда и энергии.

Методика исследований. Анализ функций системы санитарной обработки доильной установки и связей между элементами конструкции, выполняющими эти функции, позволит выделить наиболее существенные, обеспечивающие повышение качества работы и снижение энергопотребления. Для достижения поставленной цели на первом этапе исследований была разработана функциональная модель системы санитарной обработки с автоматом промывки, представленная на рис. 1. Уровни модели с присвоением соответствующих индексов функций и их содержание приведены в табл. 1.

Функции, которые выполняет система, отличаются по уровням значимости. На первом уровне модели располагаются две главных для системы санитарной обработки функции (ГФ), а именно – защита молока от попадания в него инородных тел и веществ и санитарная обработка. Также на первом уровне располагается одна дополнительная функция (ДФ) – снижение энерго- и трудозатрат в процессе санитарной обработки доильного оборудования, которая не является основной, так как она возникает вследствие стабильного развития рыночных отношений.

На втором уровне функциональной модели располагаются основные функции (ОФ), которые характеризуют ряд требований, предъявляемых к рабочему процессу. Наиболее значимой на втором уровне является ОФ 1.4 Циркуляция моющего раствора, которая обеспечивает выполнение главной функции системы санитарной обработки доильной установки.



Рис. 1. Функциональная система санитарной обработки доильной установки с автоматом промывки

Состав функций системы санитарной обработки доильной установки с автоматом промывки

Уровень модели	Индекс функции	Содержание функции
I	ГФ1	Удаление с внутренней поверхности белково-жировых отложений и частиц грязи
	ГФ2	Удаление остатков моюще-дезинфицирующего раствора после промывки
	ДФ3	Снижение энерго- и трудозатрат в процессе санитарной обработки доильного оборудования
II	ОФ1.1	Удаление остатков молока из молокопровода
	ОФ1.2	Подготовка моюще-дезинфицирующего раствора
	ОФ1.3	Заполнение молокопровода моюще-дезинфицирующим раствором
	ОФ1.4	Циркуляция моюще-дезинфицирующего раствора
	ОФ2.1	Слив раствора с последующим ополаскиванием молокопровода
	ОФ3.1	Сокращение времени циркуляции с сохранением необходимого уровня чистоты
III	Ф1.1.1	Ополаскивание стенок молокопровода за счет циркуляции холодной воды
	Ф1.1.2	Вытеснение остатков молока и воды поролоновым пыжом
	Ф1.2.1	Строгое соблюдение концентрации моюще-дезинфицирующих средств
	Ф1.2.2	Строгое соблюдение температуры моюще-дезинфицирующих средств
	Ф1.3.1	Соблюдение уровня заполнения молокопровода
	Ф1.4.1	Соблюдение параметров движения моющего раствора
	Ф1.4.2	Обеспечение необходимого времени циркуляции
	Ф1.4.3	Обеспечение требуемого уровня бактериальной обсемененности
	Ф2.1.1	Полное удаление моюще-дезинфицирующих средств из молокопровода
	Ф2.1.2	Удаление воды и влаги из молокопровода
	Ф3.1.1	Снижение трудоемкости операций промывки
	Ф3.1.2	Сокращение количества моюще-дезинфицирующих средств
	Ф3.1.3	Сокращение затрат воды
	Ф3.1.4	Сокращение затрат электроэнергии

Функции (Ф) представляют собой покомпонентное рассмотрение основных функций. Они занимают третий уровень модели.

Функциональная модель санитарной обработки доильной установки позволяет четко обозначить ее функцию, выявить иерархию и противоречия между ними.

В результате анализа табл. 1 выявлено, что наиболее значимой является функция Ф 1.4.3 – Обеспечение требуемого уровня бактериальной обсемененности, характер которой определяет качество выполнения основных функций ОФ1.1, ОФ1.2, ОФ1.3, ОФ1.4 и ОФ2.1.

Из вышеизложенного следует вывод, что исследования в направлении оптимизации системы санитарной обработки являются перспективными с точки зрения повышения эксплуатационных показателей, влияющих на качество и эффективность работы.

Таким образом, с помощью построенной функциональной модели системы санитарной обработки (см. рис. 1) и описания ее состава (см. табл. 1), удалось показать перспективность работы в направлении выбора рациональной схемы интенсификации работы системы санитарной обработки.

Результаты исследований. На втором этапе исследований с целью выбора оптимального направления для улучшения качества очистки, были выбраны основные пара-

метры существующих устройств и составлена табл. 2. В ней представлены параметры устройств с присвоением каждому элементу соответствующего условного обозначения. В качестве параметров были выбраны: способ управления устройством, вид интенсификатора очистки, место установки устройства и частота применения за промывку [4, 6].

Используя условные обозначения, была составлена морфологическая матрица решений (табл. 3) в форме пространства альтернатив, представляющая из себя варианты сочетаний параметров устройств. Для оценки эффективности конструкторского решения была проведена оценка каждого сочетания. В выделенных рамкой ячейках представлены варианты перспективных схем устройств. В перечеркнутых ячейках находятся сочетания параметров, применение которых нецелесообразно с точки зрения эффективности эксплуатации.

Проанализировав опыт внедрения устройств, используемых для повышения интенсивности очистки, можно сделать следующие промежуточные выводы.

По способу управления наилучшие показатели показывает вариант исполнения с управлением автоматом промывки. Однако реализация данного технологического решения требует вмешательства в закрытый программный код автомата промывки, что



Альтернативные параметры устройств для интенсификации

Индекс	Способ управления	Индекс	Вид интенсификатора	Индекс	Место установки	Индекс	Частота применений за промывку
a1	Оператор	б1	Воздух	в1	Начало молокопровода	г1	Однократное
a2	По таймеру	б2	Жидкость	в2	В разрыв молокопровода	г2	Многократное
a3	По перепаду давления	б3	Механический	в3	Конец молокопровода	г3	-
a4	По команде автомата промывки	б4	Завихритель потока	в4	-	г4	-

Таблица 3

Морфологическая матрица решений

		в1		в2		в3	
		г1	г2	г1	г2	г1	г2
a1	б1	a1б1в1г1	a1б1в1г2	a1б1в2г1	a1б1в2г2	a1б1в3г1	a1б1в3г2
	б2	a1б2в1г1	a1б2в1г2	a1б2в2г1	a1б2в2г2	a1б2в3г1	a1б2в3г2
	б3	a1б3в1г1	a1б3в1г2	a1б3в2г1	a1б3в2г2	a1б3в3г1	a1б3в3г2
	б4	a1б4в1г1	a1б4в1г2	a1б4в2г1	a1б4в2г2	a1б4в3г1	a1б4в3г2
a2	б1	a2б1в1г1	a2б1в1г2	a2б1в2г1	a2б1в2г2	a2б1в3г1	a2б1в3г2
	б2	a2б2в1г1	a2б2в1г2	a2б2в2г1	a2б2в2г2	a2б2в3г1	a2б2в3г2
	б3	a2б3в1г1	a2б3в1г2	a2б3в2г1	a2б3в2г2	a2б3в3г1	a2б3в3г2
	б4	a2б4в1г1	a2б4в1г2	a2б4в2г1	a2б4в2г2	a2б4в3г1	a2б4в3г2
a3	б1	a3б1в1г1	a3б1в1г2	a3б1в2г1	a3б1в2г2	a3б1в3г1	a3б1в3г2
	б2	a3б2в1г1	a3б2в1г2	a3б2в2г1	a3б2в2г2	a3б2в3г1	a3б2в3г2
	б3	a3б3в1г1	a3б3в1г2	a3б3в2г1	a3б3в2г2	a3б3в3г1	a3б3в3г2
	б4	a3б4в1г1	a3б4в1г2	a3б4в2г1	a3б4в2г2	a3б4в3г1	a3б4в3г2
a4	б1	a4б1в1г1	a4б1в1г2	a4б1в2г1	a4б1в2г2	a4б1в3г1	a4б1в3г2
	б2	a4б2в1г1	a4б2в1г2	a4б2в2г1	a4б2в2г2	a4б2в3г1	a4б2в3г2
	б3	a4б3в1г1	a4б3в1г2	a4б3в2г1	a4б3в2г2	a4б3в3г1	a4б3в3г2
	б4	a4б4в1г1	a4б4в1г2	a4б4в2г1	a4б4в2г2	a4б4в3г1	a4б4в3г2

на практике практически не реализуемо. Кроме того, данный способ требует организации связи с автоматом промывки, что в производственных условиях также труднореализуемо. Управление по средствам оператора нецелесообразно в связи с большими затратами и большой вероятностью ошибки. Управление по таймеру требует постоянной корректировки при изменении параметров промывки. Оптимальным решением является способ управления по перепаду давления в молокопроводе. При этом способе синхронизация с автоматом промывки осуществляется в результате слежения за циклом за счет перепадов давления.

По виду интенсификатора наибольшую эффективность показывает сочетание нескольких видов. Наиболее распространенным сочетанием является пробковый режим движения моющего раствора, который представ-

ляет собой сочетание воздуха и жидкости. Данный способ применяется практически на всех доильных установках, но наибольшую эффективность показывает только на доильных установках типа «Тандем», «Елочка» и «Карусель» длиной молокопровода до 100 м. Для молокопроводов большей длины необходимо добавлять третий вид интенсификатора. В связи с тем что эффективность завихрителей потока на таких молокопроводах оказалась низкой, оптимальным сочетанием является воздушно-жидкостный поток с применением механических очистителей.

Выбор места установки устройств для интенсификации промывки молокопровода доильной установки основан на обеспечении максимальной площади воздействия, следовательно, оптимальным решением является начало молокопровода.

В связи тем что операция промывки длится в среднем 50 мин, однократного





применения любого вида интенсификатора недостаточно. Поэтому для повышения эффективности необходимо многократное их использование.

В результате анализа морфологической матрицы решений был определен наиболее целесообразный вариант а3б3в1г2 – многократное применение механических очистителей в сочетании с воздушно-жидкостным потоком при их подаче по перепаду давления в начало молокопровода.

Данная схема в современных условиях является наиболее рациональной с точки зрения эффективности конструкторских решений.

На третьем этапе исследований для выявления связей между элементами в выбранной схеме конструкции была составлена морфологическая модель системы (рис. 2) [3, 5].

Представленная модель позволяет выделить основные компоненты системы (блоки) и показать их внутренний состав (элементы блоков).

С целью выявления взаимосвязи между блоками и элементами системы при выполнении требуемых функций была получена функционально-морфологическая модель (рис. 3), объединяющая в себе конструктивные элементы системы и функции, которые они выполняют.

Полученная функциональная модель не является полной и предназначена для определения связей между элементами.

Для определения значимых (основных) и второстепенных функций была составлена совмещенная модель (см. рис. 3). Такие элементы являются концентраторами напряжений, их следует тщательно просчитывать для исключения негативных последствий. В построенной модели системы санитарной обработки подобными элементами являются устройства интенсификации. Из функционально-морфологической модели видно, что основные структурные элементы выполняют все основные функции.

В результате проведенного функционально-морфологического анализа определены функции системы санитарной обработки доильной установки и выявлены связи между элементами конструкции; определен наиболее рациональный вариант устройств для повышения производительности и качества санитарной обработки доильной установки – а3б3в1г2 – многократное применение механических очистителей в сочетании с воздушно-жидкостным потоком при их подаче по перепаду давления в начало молокопровода.

Заключение. Проведенный анализ существующих функций системы санитарной обработки доильной установки позволяет выявить потенциально возможные места усовершенствования технологии промывки, которыми являются Ф1.1.2 и Ф1.4.1 – удаление остатков молока и циркуляция моющего раствора.

Полученная матрица решений позволяет избежать ошибок на стадии разработки и проектирования конструкции устройств для интенсификации. Однако полученные результаты подразумевают разработку устройства с возможностью подачи нескольких механических очистителей в молокопровод с управлением по перепаду давления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52054–2003. Молоко коровье сырое. Технические условия (с изменениями № 2, утвержденное и введенное в действие приказом Федерального агентства по техническо-

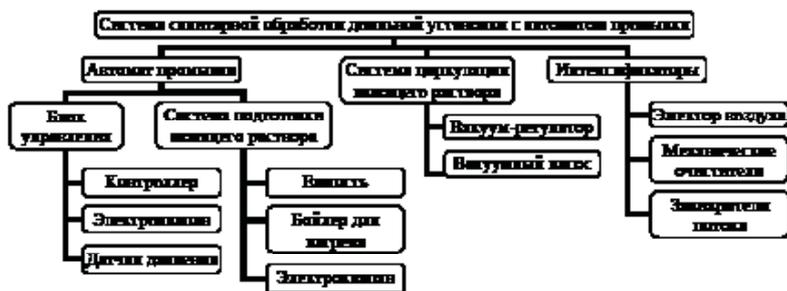


Рис. 2. Морфологическая модель системы санитарной обработки с автоматом промывки



Рис. 3. Функционально-морфологическая модель системы санитарной обработки доильной установки с автоматом промывки

му регулированию и метрологии от 11.08.2017 N 885-ст с 01.09.2017). – Введ. 2010 – 01 – 01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 12 с.

2. Груздева В.В., Калеев Н.В. Особая роль молочного скотоводства, как составной части сельскохозяйственной отрасли и агропромышленного комплекса в экономике страны // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 8 (75). – С. 80–89.

3. Королева Л.Г. Совершенствование ветеринарно-санитарного контроля молока на перерабатывающих предприятиях: дис. ... канд. вет. наук: 06.02.05. – М., 2018. – 149 с.

4. Машошина Е.В. Повышение качества молока при использовании различных моющих средств для очистки доильно-молочного оборудования в козоводстве: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10. – М., 2016. – 133 с.

5. Павкин Д.Ю. Обоснование параметров датчика-счетчика потока молока для общего и почетвертного доения: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03. – М., 2018. – 135 с.

6. Рейн А.Д., Черемухин А.Д., Козлов В.Д. Перспективные направления воспроизводства ресурсов с целью повышения эффективности производства молока // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 6 (73). – С. 101–108.

7. Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: приказ Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. / Минздрав России. – М., 2016. – С. 4.

8. Санитарные правила по уходу за доильными установками и молочной посудой, контролю их санитарного состояния и санитарного качест-

ва молока. Утверждены Госагропромом СССР по согласованию с Министерством здравоохранения СССР 29 сентября 1986 г. – М., 1986. – 10 с.

9. Тараканов Д.А., Михайлова О.В., Коробков А.Н. Разработка СВЧ-установки для пастеризации отбракованного молока // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 10 (89). – С. 44–55.

10. Matveev V.Yu., Maslov M.M., Cheskov A.E. The increase in quality of pipeline milking plant cleaning when using various mechanical purifiers with dynamic tools // Modern Science, 2018, No. 2, P. 157–161.

Матвеев Владимир Юрьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. Россия.

Заикин Вильямс Павлович, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Технический сервис», Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. Россия.

Маслов Максим Михайлович, аспирант, старший преподаватель кафедры «Технический сервис», Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. Россия.

606340, Нижегородская обл., Княгинино, ул. Октябрьская, 22 А.

Тел.: (831) 664-15-47.

Ключевые слова: промывка; механический очиститель; технология; доильная установка; производительность; конструкция; санитарная обработка; функциональная модель; морфологическая модель.

DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL-MORPHOLOGICAL MODEL OF THE SYSTEM FOR SANITIZING MILKING MACHINES

Matveev Vladimir Yuryevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Technical Service", Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University. Russia.

Maslov Maxim Mikhailovich, Post-graduate Student, Senior Teacher of the chair "Technical Service", Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University. Russia.

Zaikin Williams Pavlovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair "Technical Service", Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University. Russia.

Keywords: forest washing; machine cleaner; technology; milking equipment; productivity; construction; sanitation; functional model; morphological model.

The paper proposed a functional-morphological model of the sanitizing system with automatic rinsing. Its analysis identified the main ways of improving the quality and energy efficiency. The analysis of the morphological matrix of solutions helped to determine the optimal settings of the devices of intensification of sanitary processing – multiple use of mechanical cleaners, in combination with a liquid air stream while their supply to the start of milk pipe.

