



# МИР робототехники и мехатроники

Цифровые технологии  
и роботы в молочном  
животноводстве

Под общей редакцией  
академика РАН А.С. Дорохова

ТЕХНОСФЕРА  
Москва  
2023

УДК 681.5+637.1

ББК 45+32.816.1

Ц75

*Рецензенты:*

*Ерохин М.Н. – академик РАН, д.т.н., профессор (РГАУ-МСХА)*

*Глазунов В.А. – д.т.н., д.фил.н., профессор, директор (ИМАШ РАН)*

**Ц75 Цифровые технологии и роботы в молочном животноводстве**

**Под редакцией А.С. Дорохова**

**М.: ТЕХНОСФЕРА, 2023. – 132 с. ISBN 978-5-94836-684-5**

Книга содержит новые результаты научных и прикладных исследований и разработок, обеспечивающих создание и внедрение автоматизированного и роботизированного комплекса машин и оборудования с интеллектуальными цифровыми технологиями, повышающими эффективность молочного животноводства. Рассмотренные вопросы основаны на междисциплинарном подходе и синтезе различных областей знания.

Коллектив авторов представляет различные организации: ФНАЦ ВИМ, Казанский ГАУ, НПП Агротекс, ИЭВСиДВ СФНЦА РАН, РГУ им. А.Н. Косыгина, Институт МПСУ, НИУ МИЭТ.

Книга рассчитана на широкий круг читателей – студентов, аспирантов, инженеров и научных работников, занимающихся вопросами модульного проектирования автоматизированных и роботизированных молочных ферм нового поколения, создания модели объектов животноводства и цифрового животноводческого предприятия.

**УДК 681.5+637.1**

**ББК 45+32.816.1**

© Дорохов А.С., Кирсанов В.В., Морозов Н.М., Павкин Д.Ю.,  
Попов В.Д., Цой Ю.А., Донченко А.С., Зиганшин Б.Г., Фокин А.И., Хейло С.В.,  
Беляков М.В., Рузин С.С., Никитин Е.А., Юрочка С.С., Хакимов А.Р.,  
Довлатов И.М., Жмылев В.А., Владимиров Ф.Е., 2023

© АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление, 2023

**ISBN 978-5-94836-684-5**

## Содержание

|  |     |
|--|-----|
| <b>Введение</b> .....  | 4   |
| <b>Глава 1.</b> Состояние, проблемы и перспективы развития отрасли<br>молочного животноводства .....   | 8   |
| 1.1. Анализ состояния материально-технической базы животноводства.....   | 8   |
| 1.2. Ретроспективный анализ влияния технологических факторов<br>на эффективность функционирования молочных ферм .....  | 11  |
| <b>Глава 2.</b> Научные основы и методология модульного построения<br>современных автоматизированных и роботизированных молочных ферм<br>нового поколения.....                             | 18  |
| 2.1. Анализ цикличности развития техники и технологий в различных<br>технологических укладах на примере молочного животноводства .....   | 18  |
| 2.2. Функциональный анализ и синтез интеллектуальной<br>биотехнической системы «человек – машина – животное».....  | 26  |
| 2.3. Структурно-функциональные модели построения<br>автоматизированных и роботизированных молочных ферм .....  | 33  |
| 2.4. Структурно-функциональные модели построения цифровых<br>технологических модулей современных молочных ферм.....  | 38  |
| 2.5. Основные направления и задачи по цифровой трансформации<br>отрасли и объектов ведения молочного животноводства .....  | 46  |
| <b>Глава 3.</b> Интеллектуальные цифровые технологии, оборудование<br>и датчики контроля физиологического состояния животных,<br>качества кормов, контроля потоков и качества молока ..... | 55  |
| 3.1. Технология комплексного мониторинга физиологического<br>состояния КРС с помощью датчиков-болюсов, шагомеров,<br>пульсометров.....   | 55  |
| 3.2. Технологии и комплекс оборудования для определения<br>упитанности и цифровой бонитировки крупного рогатого скота.....   | 67  |
| 3.3. Технология и оборудование для оценки питательности<br>и компонентного состава кормов на основе спектральных<br>технологий .....   | 83  |
| 3.4. Технология и оборудование для контроля потоков и компонентного<br>состава молока при автоматизированном и роботизированном<br>доении коров.....                                       | 92  |
| <b>Глава 4.</b> Элементы автоматизированного и роботизированного<br>комплекса машин для молочного животноводства .....   | 100 |
| 4.1. Доильный робот .....  | 100 |
| 4.2. Роботизированное устройство для обслуживания кормового стола.....   | 112 |
| 4.3. Элементы комплекса машин для ферм привязного<br>и беспривязного содержания 100...800 голов.....   | 120 |

## Введение

На современном этапе развития сельское хозяйство России становится все более наукоемкой отраслью и одним из драйверов развития всей экономики. По развитию и применению программного обеспечения и IT-технологий, созданию «умных» датчиков, следящих за развитием растений и животных, локальных метеостанций, передающих сигналы о меняющихся климатических условиях, средств робототехники видно, что сельскохозяйственное производство, в целом, начинает активно осваивать пятый и использовать отдельные элементы шестого технологического уклада, связанные с применением нанобиотехнологий, получением растений и животных с заданными свойствами и др. Дальнейшее развитие сельского хозяйства и молочного животноводства, в частности, будет базироваться на принципах конвергенции нано-био-инфо-ко-технологий, интернета вещей, внедрении систем искусственного интеллекта для создания интеллектуальных цифровых экологически безопасных предприятий с молекулярной экспресс-диагностикой биологических объектов и патогенов в сельскохозяйственном сырье и продуктах питания, геномной оценкой животных, внедрением робототехнических систем и использованием информационных технологий и систем биосенсорики.

В последнее время в ряде регионов страны построены крупные животноводческие молочные комплексы на 1200...3000 и более коров, на которых установлены высокопроизводительные доильные установки «Карусель» различных зарубежных фирм. Операторы машинного доения, обслуживая роторно-конвейерные доильные установки, зачастую испытывают повышенные психологические и физические нагрузки, работая по 8–10 часов в сутки при двух-трехсменной работе. В связи с этим актуальным является вопрос изучения эргономичности работы операторов, работающих на высокопроизводительных доильных установках «Карусель» и выполняющих часто повторяемые монотонные ручные операции по подготовке животных к машинному доению: обтирание сосков влажной салфеткой, сдаивание первых струек в отдельную посуду, подключение доильных стаканов к соскам вымени, их последовательная обработка, для улучшения организации их труда и дальнейшей модернизации доильных установок данного типа.

Создание роботизированных молочных ферм в России требует анализа эффективности использования роботизированных технических средств обслуживания животных, прежде всего это касается процессов доения и кормления для последующего импортозамещения и освоения в производстве аналогичных отечественных разработок. Для частичной автоматизации процесса кормления животных актуально использование роботизированного устройства для обслуживания кормового стола, подобные машины производятся в европейских странах, а также в России. Кроме этого, необходимо обеспечить извлечение кормового сырья (компонентов кормовой смеси) из хранилищ (силосные траншеи, бурты, бункеры), провести весовое дозирование компонентов кормовой смеси, смешивание, транспортировку, раздачу и очистку кормового стола от остатков после каждого цикла скармливания.

Для реализации вышеперечисленных операций необходимо разработать автоматизированный и роботизированный комплекс машин и оборудования, функци-

онирующий в составе единой поточно-технологической линии и обеспечивающий механизацию и автоматизацию всех процессов — от погрузки кормов в хранилищах до их раздачи в виде кормосмеси животным с соответствующим программным обеспечением расхода и потребления кормов животными и оценкой их качества при составлении рационов кормления КРС.

Автоматизация — это прежде всего проблема разработки алгоритмов управления.

Для повышения эффективности функционирования сложной биотехнической системы «человек — машина — животное» необходима также разработка соответствующего программного обеспечения для контроля и выполнения основных и вспомогательных технологических процессов обслуживания животных, качества функционирования операторов, эффективности и надежности функционирования машин и оборудования, оценки физиологического состояния животных и качества получаемой продукции.

Будущее животноводства, несомненно, видится в анализе и развитии интеллектуальных цифровых систем управления, гармонизации взаимодействия всех элементов и связей в сложной биотехнической системе «человек — машина — животное» современной молочной фермы на основе развивающейся «машиноцентрической модели», полнее и точнее обслуживающей биологические объекты (животных). А в перспективе это автономно работающие роботизированные предприятия. На основе теории функциональных систем и разрабатываемой в Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ теории «Биомашсистем» проводятся работы по изучению и отработке взаимодействия элементов, функциональных связей и подсистем в сложной функциональной системе животноводческой фермы.

Функционирование современной молочной фермы связано с перемещением и преобразованием различных материальных и информационных потоков (корм, вода, молоко, навоз, животное и т.д.). Измерение и управление этими потоками, процессом их преобразования должно проводиться как в реперных точках, так и на протяжении всего цикла обслуживания животных, изучение кривых развития (роста) биологических объектов и их производственных процессов, точная алгоритмизация взаимодействия рабочих органов с отдельными биологическими органами (конечности, вымя животного и др.) и животным в целом. Особое значение следует уделить изучению и управлению финишными технологическими операциями и процессами при получении продукции (молока) от животных, бесстрессовому и физиологически безопасному их обслуживанию, созданию условий для комфортного содержания и добровольного самообслуживания животных в индивидуальных и групповых пунктах кормления, поения, доения и др.

При этом ключевой задачей цифровой трансформации сельского хозяйства является разработка соответствующего программно-аппаратного комплекса, осуществляющего сбор, передачу и обработку большого массива данных о материальных потоках сельскохозяйственных материалов (зерно, корма, молоко, мясо, вода, навоз, отходы и др.), участвующих в агротехнологиях и физиологическом состоянии животных. Экономически целесообразно данную работу развивать по двум направлениям: путем модернизации и оснащения существующей системы машин

цифровыми информационными блоками и разработки новых автоматизированных и роботизированных технических средств.

При внедрении в отдаленных сельских территориях на предприятиях цифровых технологий могут возникать трудности, связанные с неразвитостью цифровой инфраструктуры, относительно высокой стоимостью систем автоматизации, необходимостью разработки специального программно-аппаратного комплекса и его сервисного обслуживания, подготовкой специалистов по IT-технологиям и др. Для повышения эффективности функционирования сложных биомашинных и технических систем необходимо развитие системных исследований в направлении повышения уровня их информатизации, интеллектуализации и лучшей адаптации к биологическим объектам, возможности осуществления мультиагентного управления в частично или полностью автономном режиме.

Создание типоразмерного ряда цифровых автоматизированных и роботизированных молочных ферм нового поколения различной конфигурации (Г-Т-Н-Ш-формы) и вместимости (25–50–100...1200...2400 голов) предполагает их структурную типизацию и модульное построение на основе методологии конечно-элементного и структурно-функционального анализа. Необходимо проанализировать и получить формализованные модели построения цифровых модульных единиц: автоматизированных и роботизированных доильных залов, систем автоматизированного и роботизированного кормления животных, автоматизированных систем для дифференцированного обеспечения микроклимата, энергосберегающих аэробных и анаэробных модулей переработки навоза как законченных функциональных подструктур, включающих объемно-планировочные накопительно-регулирующие технологические модули пассивного и машинно-технологические модули активного типа, осуществляющие перемещение и трансформацию материальных технологических потоков, экспресс-диагностику их качества, приемо-передачу, обработку и хранение информационных потоков. Реализация этих разработок позволит создавать новые проекты цифровых автоматизированных и роботизированных молочных ферм нового поколения с повышенными функциональными возможностями и адаптивными функциями по отношению к биологическим объектам (животным).

Большие проблемы в молочном животноводстве возникают в регионах из-за несовершенства системы технического сервиса машин и оборудования. Основные недостатки связаны с многочисленностью и разобщенностью отдельных поставщиков оборудования, отсутствием входного контроля изделий и материалов, контактирующих с молоком, несоответствием в ряде случаев предлагаемых технико-технологических решений и режимов эксплуатации оборудования требованиям международных стандартов и других нормативных документов, невозможностью оказать квалифицированную консультационную, техническую, финансово-юридическую и экономическую поддержку сельхозтоваропроизводителям. Предлагается создание региональных многофункциональных сервисных центров по животноводству, оказывающих комплексные услуги технологического, технического и эксплуатационного характера с функциями консультирования, обучения, выбора наиболее доступных наилучших технологий и соответствующих комплектов машин, что позволит объединить разрозненные усилия региональных сервисных структур

и дилеров, повысить качество оказываемых услуг товаропроизводителям, поднять уровень производства на малых и средних фермах, стабилизировать ситуацию в молочной отрасли и на селе в целом.

В монографии обобщены современные подходы, методы и практические рекомендации эффективного построения и функционирования интеллектуальных цифровых биотехнических систем в животноводстве, составляющих основу современных поточно-технологических линий животноводческих ферм и комплексов. Проведен анализ цикличности отдельных фаз развития техники и технологий в различных технологических укладах на примере сельскохозяйственного производства и молочного животноводства, в частности. Разработаны методы и модели построения и функционирования процессных интеллектуальных цифровых биотехнических систем и их структурных составляющих.

Монография будет полезна научным работникам, специалистам, занимающимся проектированием животноводческих ферм и разработкой технологического оборудования, главным специалистам хозяйств, а также студентам, магистрам и аспирантам профильных НИИ и вузов.

Авторы выражают искреннюю признательность академикам РАН – А.Ю. Измайлову, Я.П. Лобачевскому, Ю.Ф. Лачуге, В.И. Черноиванову, чьи ценные советы и всесторонняя поддержка позволили точнее сформулировать и решить обозначенные в монографии проблемы и задачи для машинно-технологического обеспечения и комплексного развития отрасли молочного животноводства.

# ГЛАВА I

## СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ МОЛОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

### 1.1. Анализ состояния материально-технической базы животноводства

Проведенный анализ показывает необходимость коренной модернизации материально-технической базы животноводства на основе создания и использования инновационных ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий и техники нового поколения. Большинство животноводческих ферм оснащено морально и физически устаревшими технологиями и техникой для привязного содержания животных, что приводит к снижению производительности труда и росту издержек производства. Предприятия не могут эффективно развиваться без соответствующей государственной поддержки, а инвестиции в молочную отрасль растут относительно медленно ввиду ее малодоходности и малой доли экспортной составляющей. Свыше 90% поступающей на рынок животноводческой техники для крупных ферм (1000 и более голов) произведено западными фирмами или собирается на предприятиях России с малой долей локализации (табл. 1.1). В России и Беларуси не полностью сформирован кластер специализированных отечественных предприятий по выпуску современной высокопроизводительной техники и оборудования для животноводства (доильные залы типа «Карусель», доильные роботы, электронные компоненты и датчики для контроля молочной продуктивности и физиологического состояния животных, программное обеспечение и компьютеризированные системы управления производством и др.). Отсутствует эффективная система технического сервиса и подготовки кадров для массовых профессий.

В соответствии со Стратегией развития животноводства до 2030 года, повышение эффективности производства молока в России должно осуществляться за счет следующих факторов: увеличения удельного веса беспривязного содержания коров до 25% в 2020 году и 60% к 2030 году; повышения доли (до 80%) хозяйств, применяющих доение в доильных залах; модернизации действующих ферм с применением ресурсосберегающих экологически безопасных технологий и техники нового поколения; внедрения систем автоматизации технологических процессов; применения многофункциональных мобильных видов техники; кормления животных полнорационными кормовыми смесями, создания прочной кормовой базы в каждом хозяйстве.

Производство молока в России в 2021 году незначительно увеличилось и составило 32,3 млн тонн по сравнению с 2020 годом (32,2 млн тонн). Сельхозорганизации произвели 18,1 млн тонн, хозяйства населения – 11,2 млн тонн, крестьянские (фермерские) хозяйства – 2,9 млн тонн (рис. 1.1).

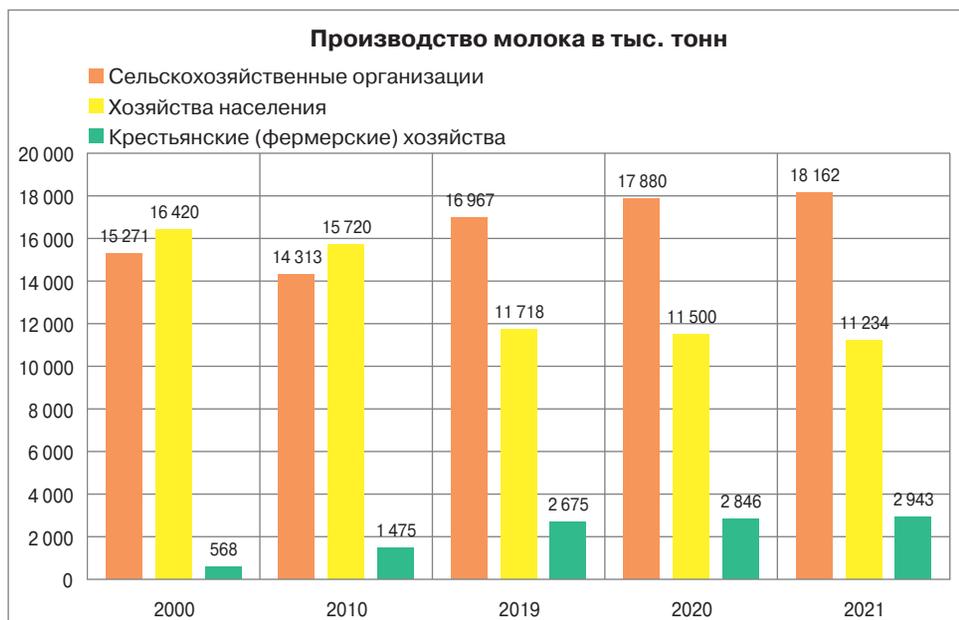


Рис. 1.1. Производство молока по категориям хозяйств



Рис. 1.2. Надой молока на одну корову в год

Надой молока на одну корову составил около 5 тонн в год при общем поголовье коров в 2021 году – 7,8 млн голов (рис. 1.2).

Производство доильных установок выросло с 2,5 тыс. штук в 2019 году до 4 тыс. штук в 2020-м и 4,7 тыс. штук в 2021 году, но при этом уменьшился парк доильных установок и агрегатов из-за устаревания – с 21,9 тыс. штук в 2019 году до 21,3 тыс. штук в 2020 году и 20 тыс. штук в 2021 году (рис. 1.3). Увеличивается введение новых животноводческих помещений – 226,9 тыс. мест в 2021 году против 146,1 тыс. мест в 2020-м и 136,5 тыс. мест в 2019 году.



Рис. 1.3. Парк и производство доильных установок

Таблица 1.1. Доля закупаемой импортной техники через АО «Росагролизинг»

| Наименование   | Доля закупаемой импортной техники через АО «Росагролизинг», % |
|--|---|
| Стойловое оборудование   | 45  |
| Доильное оборудование  | 75  |
| Оборудование для охлаждения и хранения молока                  | 85  |
| Оборудование для содержания, ухода, кормления и навозоудаления | 70  |
| Компьютеризованные системы управления                          | 90  |

Высокой остается импортозависимость отрасли для крупных мегаферм 1000 и более голов, достигающая по отдельным позициям 90% (табл. 1.1).

По основным видам машин и оборудования для животноводства и кормопроизводства по-прежнему происходит количественное снижение парка техники, опережающее ее списание над приобретением. При этом строительство новых ферм в «чистом поле» осуществляется, как правило, с применением импортных капиталоемких автоматизированных и роботизированных технологий (затраты на одно скотоместо превышают 1 млн рублей), закупки импортного скота и кормовых компонентов, что при наложении на низкую доходность приводит к высокой закредитованности агропредприятий и невозможности их быстрого и эффективного развития. Поэтому основной стимул для повышения доходности производства молока – это снижение издержек за счет наращивания технической и цифровой оснащенности производства, согласованного развития отечественных сегментов машиностроения для животноводства и кормопроизводства, расширения и мо-



дернизации действующих объектов производства с применением инновационных машинных технологий. Это позволит в молочных отраслях ускоренно развивать, наряду с индустриальной составляющей (тракторы, кормоуборочная техника, доильные установки и т.д.), инфокоммуникационные технологии пятого и системы биосенсорики и нанобиотехнологии шестого технологического уклада, повышающие эффективность контроля и управления биологическими объектами (животные, молоко) и технологическими процессами. Учитывая наметившуюся положительную экспортную динамику по твердым сырам, спрос на высококачественное молоко-сырье будет только возрастать, для чего необходимо провести коренную модернизацию целого ряда животноводческих предприятий на основе разработки, освоения и внедрения отечественных высокоэффективных автоматизированных и роботизированных цифровых технологий и технических средств нового поколения.

Благодаря цифровизации и интеллектуализации производства фермеры смогут объединить данные о животных, полученные с датчиков, со знаниями специалистов. Поэтому разработка цифровых технологий и комплекса автоматизированных машин и оборудования для молочного животноводства предоставит владельцам современных молочных ферм инструмент поддержки для принятия решений и технологии автоматизации, позволяющие органично объединить оборудование, услуги и интеллектуальную составляющую (знания) для повышения качества молока, управления стадом, повышения продуктивности и рентабельности производства.

Необходимыми условиями для эффективной цифровизации молочной фермы должно быть следующее:

- информатизация всех процессов, производимых на ферме с использованием элементов BigData;
- минимизация неопределенностей, в том числе за счет влияния «человеческого фактора»;
- максимальный учет природно-климатических и социально-экономических особенностей региона;
- наличие подготовленных кадров.

Наиболее реальным и эффективным решением на сегодняшний день является радикальное снижение первоначальных инвестиционных затрат за счет разработки и освоения отечественных цифровых технологий и импортозамещающих комплектов оборудования. Анализ основных тенденций в молочном скотоводстве свидетельствует о необходимости развития как крупных молочно-товарных ферм с поголовьем дойного стада более 1000 коров, так и небольших молочно-товарных ферм размером 50, 100, 200 коров.

## **1.2. Ретроспективный анализ влияния технологических факторов на эффективность функционирования молочных ферм**

Нынешний этап технологической модернизации молочных ферм с переходом на беспривязное содержание третий в развитии молочного скотоводства России, включая советский период. Сегодня в странах с развитым молочным скотоводством

доля беспривязного содержания составляет 80%, а в России, по различным источникам, примерно 15%. Ретроспективный анализ причин неудач во внедрении этой технологии в России показал, что главным фактором причин неудач во внедрении этой технологии является сильное влияние «человеческого фактора».

Для оценки применяемых технологий рассматривали три основных технологических процесса: первый – кормление коров, второй – процесс доения, третий – воспроизводство стада.

В период 1954–1965 гг. повсеместно было распространено раздельное кормление грубыми и сочными кормами, концентратами, корнеплодами. Предусматривалась механизированная или ручная погрузка корма в тракторные прицепы или гужевого транспорт, ручная раскладка корма в кормушки кормачами-скотниками. При беспривязном содержании осуществлялся визуальный контроль со стороны бригадира. При привязном содержании контроль осуществляли бригадир и доярки, за которыми закрепляли группу животных. Поскольку в закрепленной группе были животные с различным физиологическим состоянием и продуктивностью, доярки учитывали это при раскладке корма, т.е., по существу, проводили дифференцированное кормление. Это способствовало повышению удоев и рациональному использованию кормов.

Отличительной особенностью при беспривязном содержании была механизированная раздача концентратов в доильных установках.

Процесс доения при привязном содержании осуществлялся в доильные ведра, а при беспривязном – на доильных установках с ручным выполнением подготовительно-заключительных операций.

Процесс воспроизводства стада включал в себя следующие операции: контроль за физиологическим состоянием животного, определение охоты, осеменение, ректальный осмотр, запуск животных, отел. Для характеристики операций были использованы три показателя: способ выполнения (ручной, механизированный, автоматизированный), влияние персонала («человеческого фактора») на качество выполнения операции (сильное, слабое), наличие персонала, контролирующего выполнение операций (одинарный, двойной или отсутствие контроля). Необходимость введения двух последних показателей связана с тем, что молочная ферма представляет собой эргатическую человеко-машинную систему, дополненную животным, т.е. систему «человек – машина – животное». Эффективность функционирования подобных систем в значительной степени определяется человеком как звеном в технологической цепочке выполнения какой-либо операции, так и лицом, принимающим управленческие решения. Исследования надежности человеко-машинных систем показали такие недостатки человека как несвоевременное выполнение, невыполнение из-за забывчивости, неполное выполнение операции с отклонениями от регламента [1, 2]. Например, некачественное выполнение подготовительных операций при машинном доении может привести к снижению качества молока в части увеличения его бактериальной обсемененности. Применительно к заключительным операциям доения это может привести к «холостому» доению и маститам или неполному выдаиванию [3].

Технологической особенностью высокопроизводительных доильных установок для залов являются более жесткие требования к своевременности и качеству выполнения подготовительно-заключительных операций. Эти требования необходимо выполнять в условиях достаточно высокого уровня загрузки дояра, равного 0,9–0,95.

Между тем при исследовании эргатических систем установлена зависимость надежности выполнения работы оператором от его загрузки. Самый высокий уровень надежности выполнения операции оператором достигается при его загрузке 0,3–0,4 [4]. Увеличение загрузки выше этих значений увеличивает вероятность ошибочных действий оператором, что и происходило на практике при выполнении подготовительно-заключительных операций доения. Результатом явилось следующее: на многих фермах, перешедших на беспривязное содержание, значительно увеличилось количество коров, заболевших маститом, и, соответственно, наблюдали снижение их продуктивности. В то же время на ряде ферм с высоким уровнем исполнительской дисциплины достигали хороших результатов. Отказ от закрепления групп животных за дояркой, характерный для привязного содержания, ухудшил условия для проведения работ по воспроизводству стада. При привязном содержании оплата труда доярки зависела от валового надоя от закрепленной группы коров и количества полученных от них телят. При переходе на беспривязное содержание контроль за определением охоты у животных и их осеменением, как правило, возлагался на техника-осеменатора или ветеринарного врача.

По результатам сравнительного анализа надежности двух технологий как эргатических систем по первой попытке внедрения можно сделать следующие выводы:

- вероятность своевременного качественного выполнения операций выше при привязном содержании за счет сильного мотивационного стимула, связанного с оплатой труда доярок за надоенное молоко и телят, полученных от закрепленной группы;
- интенсификация труда дояра при работе на станочных доильных установках и повышение коэффициента его загрузки до 0,9–0,95 ведет к снижению надежности и качества выполнения подготовительно-заключительных операций доения и, соответственно, к заболеванию коров маститом и др. болезнями вымени.

Несмотря на положительный опыт, в целом на большинстве ферм не удалось обеспечить надежное выполнение технологического регламента из-за недостаточного учета, как следует из анализа «человеческого» фактора. В этот же период в стране началось серийное производство доильных установок с молокопроводом, кормораздатчиков ТВК-80, КТУ-10, РММ-5, транспортеров для удаления навоза ТСНК-2, ТСН-3. В стране начался этап массовой перепланировки ферм под привязное содержание с использованием перечисленных машин.

Вторая попытка внедрения беспривязной технологии относится к периоду 1975–1985 гг. Отличительной особенностью этой попытки явилось принятие ряда мер государством: разработка типовых проектов молочных ферм с беспривязно-

боксовым содержанием на 800, 1200 коров, создание специального министерства по разработке и производству машин для животноводства и кормопроизводства, в 80-х годах начали строительство кормоцехов для производства полнорационных кормосмесей, строительство специализированных предприятий по выращиванию нетелей и др. Освоено производство доильных установок «Елочка 2×8», «Тандем 2×3, 2×4» в двух исполнениях, в том числе с манипуляторами доения (1985 г.), обеспечивших автоматическое выполнение машинного додаивания, отключение и снятие доильных стаканов. Всего за тот период только по типовым проектам было построено ферм примерно на 1 млн голов. Однако, как и в первый раз, несмотря на положительный опыт ряда хозяйств, попытка в целом по отрасли оказалась неудачной, и коров вновь стали привязывать. Не удалось по ряду причин осуществить масштабный переход на кормление полнорационными кормосмесями, внедрение автоматических манипуляторов доения.

За предшествующее десятилетие продуктивность коров постоянно увеличивалась и составила в 2013 году – 9404 кг, в 2014 году – 10 515 кг, 2015 году – 11 133 кг, в 2016 году – 12 090 кг, и в 2017 году – 12 216 кг молока на корову.

Интенсификация работ по технологической модернизации молочных ферм началась после 1998 года. Активное участие в этом процессе как инвесторы приняли молокоперерабатывающие предприятия, АО «Росагролизинг» и банки с широким привлечением как отечественных, так и зарубежных фирм. За прошедший период подавляющая часть ферм была оснащена раздатчиками – смесителями кормов, все доильные установки оснащаются автоматами отключения и снятия доильных стаканов. Многие фермы оснащены системами идентификации номера животных, определения охоты, компьютеризированными системами управления стада, стали вполне доступными ультразвуковые приборы для определения стельности. Перечисленные инновации внесли концептуальные изменения в результаты сравнительной оценки эргатических систем, основными из которых являются:

- переход на кормление полнорационными кормосмесями, с помощью которых скармливают не менее 80% концентратов, практически исключил влияние «человеческого» фактора на процесс кормления. Оставшуюся часть концентратов при беспривязном содержании раздают по группам раздоя с помощью ручных тележек или на доильных установках. При привязном содержании их скармливают вручную высокопродуктивным животным. Использование полнорационных кормосмесей привело к тому, что на практике перестали применять автоматические кормушки для дозированной выдачи концентратов;
- наличие автоматов отключения и снятия доильных стаканов, использование новых технологических приемов выполнения подготовительных операций привели к снижению влияния «человеческого» фактора при доении. Напротив, при привязном содержании при доении в стойлах в молокопровод влияние этого фактора осталось на прежнем уровне. Использование автоматизированных доильных аппаратов для молокопроводов позволяет снизить эту зависимость.