



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



И. Ф. БОРОДИН, Ю. А. СУДНИК

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рекомендовано Министерством сельского хозяйства
Российской Федерации в качестве учебника для сту-
дентов высших учебных заведений по специальности
311400 «Электрификация и автоматизация сельскохо-
зяйственного производства»



МОСКВА «КолосС» 2007

УДК 631.171(075.8)
ББК 40.7я73
Б82

Редакторы: *Н. М. Щербакова, Н. К. Петрова*

Рецензент докт. техн. наук *А. В. Шаэров* (Российский государственный аграрный заочный университет)

Бородин И. Ф., Судник Ю. А.
Б82 Автоматизация технологических процессов. — М.: КолосС, 2007. — 344 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
ISBN 978—5—9532—0523—8

Даны характеристики технологических процессов и объектов автоматизации, основы анализа и синтеза автоматических систем управления этими процессами. Изложены принципы и технические решения автоматизации типовых технологических процессов в полеводстве, защищенном грунте, животноводстве и птицеводстве, ремонте сельскохозяйственной техники, а также в установках теплоснабжения и электроснабжения.

Для студентов по специальности «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства».

УДК 631.171(075.8)
ББК 40.7я73

Учебное издание

Бородин Иван Федорович, Судник Юрий Александрович

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Учебник для студентов высших учебных заведений

Художественный редактор *В. А. Чуракова*
Технический редактор *М. А. Шульская*
Компьютерная верстка *Н. А. Зубковой*
Корректор *Г. Д. Кузнецова*

Подписано в печать 10.01.07. Формат 60 × 88^{1/16}. Бумага офсетная.

Гарнитура Ньютон. Печать офсетная. Усл. печ. л. 21,07.

Уч.-изд. л. 21,9. Изд. № 055. Доп. тираж 1000 экз. Заказ № 2121

ООО «Издательство «КолосС», 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 17. Почтовый адрес: 129090, Москва, Астраханский пер., д. 8. Тел. (495) 680-99-86, тел./факс (495) 680-14-63, e-mail: koloss@koloss.ru, наш сайт: www.koloss.ru

ISBN 978-5-9532-0523-8



Отпечатано с готовых диапозитивов

в ОАО «Марийский полиграфическо-издательский комбинат»
424002, г. Йошкар-Ола, ул. Комсомольская, 112

ISBN 978—5—9532—0523—8

© Издательство «КолосС», 2003

ПРЕДИСЛОВИЕ

●

Автоматизация технологических процессов (ТП) характеризуется частичной или полной заменой человека-оператора специальными техническими средствами контроля и управления.

Механизация, электрификация и автоматизация ТП обеспечивают сокращение доли тяжелого и малоквалифицированного физического труда в сельском хозяйстве, что ведет к повышению его производительности, неуклонному экономическому росту.

Внедрение средств автоматизации в 1970—1980-е годы стало возможным только после проведения комплексной механизации и электрификации сельскохозяйственного производства, большой организационной и научно-исследовательской работы по созданию систем автоматики, приборов специального назначения.

Автоматизация ТП в фермерских хозяйствах позволяет выполнять отдельные операции без непосредственного участия человека. При индивидуальном ведении хозяйства важно использование принципиально новых автоматизированных систем управления (АСУ) с применением управляющих микроЭВМ. Благодаря использованию микроЭВМ фермеры управляют ТП и производством в целом в оптимальных режимах и значительно экономят затраты труда на единицу продукции.

Однако более эффективна автоматизация крупных сельскохозяйственных комплексов промышленного типа.

Инженер-электрик по автоматизации сельскохозяйственного производства должен знать особенности технологии сельскохозяйственного производства, его организации, экономики и планирования. Он должен хорошо разбираться в механических, электрических, гидравлических и пневматических устройствах автоматики, в особенностях комплексной механизации, электрификации и автоматизации ТП, уметь обосновывать решения технологических, технических и организационно-экономических текущих и перспективных задач автоматизации, направленных на повышение эффективности производства.

С помощью автоматизации сельскохозяйственного производ-

ства повышается надежность и продлевается срок службы технологического оборудования, облегчаются и оздоравливаются условия труда, повышается его безопасность. Он становится более престижным, при этом сокращается текучесть рабочей силы и снижаются затраты на единицу продукции, увеличивается ее количество и повышается качество, ускоряется процесс стирания различий между трудом умственным и физическим, промышленным и сельскохозяйственным.

Предисловие и главы 1...5, 7...15 (кроме раздела 15.8) написаны И. Ф. Бородиным, главы 6, 16 и раздел 15.8 — Ю. А. Судником.

Раздел I

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Глава 1

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ

В зависимости от функций, выполняемых специальными автоматическими устройствами, различают следующие основные виды автоматизации: автоматический контроль, автоматическую защиту, дистанционное и автоматическое управление, телемеханическое управление.

Автоматический контроль включает в себя автоматические сигнализацию, измерение, сортирование и сбор информации.

Автоматическая сигнализация предназначена для оповещения обслуживающего персонала о предельных или аварийных значениях каких-либо физических параметров, месте и характере нарушений ТП. Сигнальными устройствами служат лампы, звонки, сирены, специальные мнемонические указатели и другие световые и звуковые устройства.

Автоматическое измерение служит для измерения и передачи на специальные указательные или регистрирующие приборы значений физических величин, характеризующих ТП или работу машин. Обслуживающий персонал по показаниям приборов судит о качестве ТП и режиме работы машин и агрегатов.

Автоматическое сортирование предназначено для контроля и разделения продукции по размеру, массе, твердости, вязкости и другим показателям (например, сортировка зерна, яиц, фруктов, картофеля и т. п.).

Автоматический сбор информации необходим для получения информации о ходе ТП, качестве и количестве выпускаемой продукции и для дальнейшей обработки, хранения и выдачи информации обслуживающему персоналу.

Автоматическая защита представляет собой совокупность технических средств, которые при возникновении ненормальных или аварийных режимов либо прекращают контролируемый производственный процесс (например, отключают определен-

ные участки электроустановки при возникновении на них коротких замыканий), либо автоматически устраняют ненормальные режимы. Автоматическая защита тесно связана с автоматическим управлением и сигнализацией. Она воздействует на органы управления и оповещает обслуживающий персонал об осуществленной операции.

Автоматическая защита, выполненная на основе реле, получила название релейной. Ее применяют на электрических станциях, подстанциях, в электрических сетях и различных электроустановках.

Устройства автоблокировки, входящие в автоматическую защиту, в основном предназначены для предотвращения неправильных включений и отключений и ошибочных действий обслуживающего персонала; они предупреждают возможные повреждения и аварии.

Объектом управления (ОУ) или управляемым объектом называют отдельную совокупность элементов, в которой технологические процессы подвергаются целенаправленным воздействиям. К такой совокупности относят поле, теплицу, хранилище продукции, трактор, комбайн, растение, животное и т. п.

Объект управления и специальное управляющее устройство в этой совокупности образуют автоматическую систему управления (СУ). Разновидностью последней является автоматическая система регулирования, которую используют для автоматического поддержания каких-либо параметров в объекте на заданном уровне или изменения их по определенному закону. Автоматическое регулирование осуществляется управляющим устройством, которое называют *автоматическим регулятором*.

Если целенаправленное воздействие осуществляет человек, то такое управление называют *ручным*.

В последующем изложении в общее понятие «автоматическое управление» входит также понятие «автоматическое регулирование». Теория, свойства и методы расчета автоматических СУ рассматриваются в курсе «Теория автоматического управления».

Дистанционное управление объединяет в себе методы и технические средства управления установками и различными объектами на расстоянии. Импульсы на управление (команды) подаются обслуживающим персоналом по линиям связи с помощью соответствующих кнопок, ключей и другой командной аппаратуры.

Телемеханика — область науки и техники, охватывающая теорию и технические средства автоматической передачи на расстояние команд управления и получения информации о состоянии ОУ. Телемеханические системы позволяют объединить в один ТП работу большого числа машин и установок, расположенных одна от другой на значительном расстоянии. В зависимости от назначения их принято разделять на системы телесигнализации, телеизмерения и телеуправления.

Все рассмотренные ранее понятия и системы автоматизации объединяют в новое научно-техническое направление, которое получило название технической кибернетики.

Кибернетика — наука об управлении сложными развивающимися системами и процессами, изучающая общие математические законы управления объектами различной природы.

Термин «кибернетика» далеко не нов. Еще древнегреческий философ Платон называл кибернетикой искусство управления кораблем. В переводе с древнегреческого слово «кибернетас» означает управляющий, рулевой, кормчий. Американский математик Н. Винер придал этому термину новый, современный смысл, назвав кибернетикой науку, изучающую законы управления процессами, происходящими в живых организмах и машинах. В настоящее время кибернетика изучает общие закономерности процессов, которые происходят в технике, промышленности, живой природе, человеческом обществе, и обеспечивает создание систем оптимального управления этими процессами в оптимальном варианте. Сфера действия кибернетики необычайно обширна. Она охватывает вопросы управления машинами и системами машин, производственными процессами и организованной деятельностью людей, физиологическими, биохимическими и биофизическими процессами.

В зависимости от степени автоматизации различают ручное, автоматизированное и автоматическое управление. При ручном управлении все функции управления выполняет человек-оператор. При автоматизированном управлении часть функций выполняет человек, а другую часть — автоматические устройства. При автоматическом управлении все функции управления выполняют автоматические устройства. В соответствии с этими понятиями принято разделять системы управления на автоматизированные и автоматические.

В современной автоматике системы управления разделяют на автоматизированные системы управления производством (АСУП) и технологическими процессами (АСУ ТП).

АСУП — это человеко-машинная система, обеспечивающая автоматизированный сбор, обработку и хранение информации, необходимой для оптимизации управления в различных сферах, главным образом в организационно-экономической деятельности человека, например управление хозяйственно-плановой деятельностью отрасли, предприятием, комплексом, территориальным регионом, т. е. управление системой сельскохозяйственных подразделений.

Автоматизированная СУ ТП — это тоже человеко-машинная система, обеспечивающая автоматизированный сбор, хранение и обработку информации о ходе протекания ТП, а также выдачу управляющих воздействий на ТП в соответствии с принятым критерием управления. Обычно АСУ ТП охватывает отдельные цеха, животноводческие и птицеводческие фермы, хранилища, хозяйства в целом. АСУ ТП помогает диспетчеру и руководителю предприятия оперативно находить решения по оптимальному управлению производственным процессом, опираясь на показатели отдельных технологических операций.

Автоматическая СУ ТП представляет собой совокупность автоматических управляющих устройств и ОУ, взаимодействующих без непосредственного участия человека.

По степени автоматического управления производственными ТП различают частичную, комплексную и полную автоматизацию.

Частичная автоматизация распространяется только на отдельные производственные операции или установки. Она не освобождает человека от участия в производственном процессе, но существенно облегчает его труд. Примером может служить дистанционное управление электроприводами.

Комплексная автоматизация ТП означает автоматическое выполнение всего комплекса операций и установок по обработке материалов и их транспортированию по заранее заданным программам при помощи различных автоматических устройств, входящих в общую систему управления. В этом случае функции человека сводятся к наблюдению за ходом процесса, его анализу и изменению режима работы автоматических устройств с целью достижения наилучших технико-экономических показателей. В качестве примера можно привести управление послеуборочной очисткой и сушкой зерна, управление кормоприготовительными агрегатами.

Полная автоматизация в отличие от комплексной возлагает выполнение функций выбора и согласования режимов работы отдельных машин и агрегатов (как при нормальном режиме, так и в аварийных ситуациях) не на человека, а на специальные автоматические устройства. В этом случае все основные и вспомогательные установки способны работать в автоматическом режиме в течение длительного периода без непосредственного участия человека. За обслуживающим персоналом остаются функции периодического осмотра, профилактического ремонта и перестройки всей системы на новые режимы работы.

Опыт автоматизации промышленности показывает, что при частичной автоматизации затраты на средства автоматики составляют от 1 до 10 % капитальных вложений на установку в целом, при комплексной — от 10 до 25 % и при полной — более 25 %. В сельском хозяйстве на средства автоматики и метрологические приборы расходуется менее 7 %, хотя в теплицах они составляют 15...40 % общей стоимости технологического оборудования.

1.2. ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Целью управления ТП может быть: стабилизация некоторой физической величины, изменение ее по заданной программе или, в более сложных случаях, оптимизация некоторого обобщающего критерия: наибольшая производительность процесса, наименьшая себестоимость продукта и т. д.

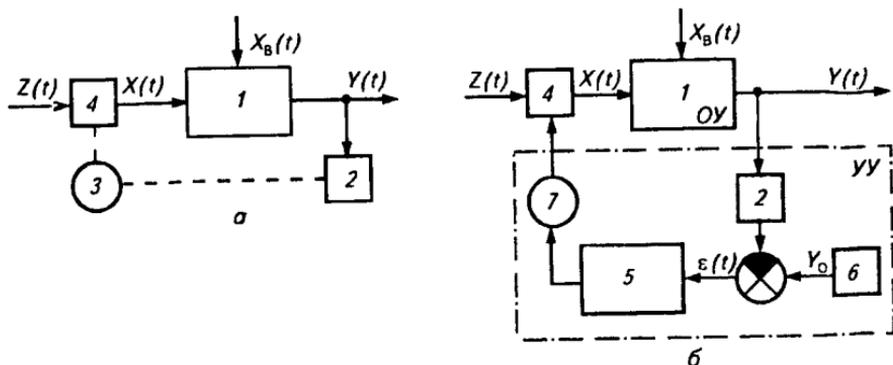


Рис. 1.1. Структурные схемы систем ручного (а) и автоматического (б) управления: 1 — объект управления; 2 — измерительный прибор; 3 — оператор; 4 — регулирующий орган; 5 — управляющий элемент; 6 — задатчик; 7 — исполнительный механизм

В самом простом случае (рис. 1.1, а) управление ТП осуществляется оператором 3, который на основании своего опыта и ориентируясь по показаниям контрольно-измерительных приборов 2 оценивает ход процесса по выходным параметрам $Y(t)$ и принимает меры воздействия $X(t)$ с целью устранения влияния внешних возмущений $X_B(t)$, действующих на объект управления 1. Естественно, результаты ТП в этом случае зависят от квалификации и добросовестности оператора.

Структурные схемы автоматических СУ представляют в виде цепочки элементов, каждый из которых подвержен действию одного или нескольких входных воздействий, в результате чего изменяются выходные параметры этого элемента.

Обычно элементы обладают детектирующими свойствами, когда выходные величины не влияют на входные. Но возможны также случаи, когда выходные параметры воздействуют на входные. Это имеет место в том случае, когда элемент охвачен обратной связью или если такова физическая сущность протекающих в объекте процессов.

Структурные схемы автоматических СУ (рис. 1.1, б) в простейшем случае включают в себя два элемента: объект 1 управления (совместно с регулирующим органом 4) и управляющее устройство УУ (на рисунке обведено пунктиром). В схему УУ входят измерительный преобразователь (датчик) 2, измеряющий регулируемую величину и преобразующий ее в определенной сигнал определенной физической природы (электрической, механической и др.); задатчик 6; управляющий элемент 5, усиливающий и преобразующий отклонение управляемой величины $Y(t)$ от заданного значения Y_0 в соответствии с заложенным в него алгоритмом; исполнительный механизм 7, выполняющий команду управляющего элемента 5 по изменению положения регулирующего органа 4, осуществляющего управление расходом вещества или энергии в ОУ.

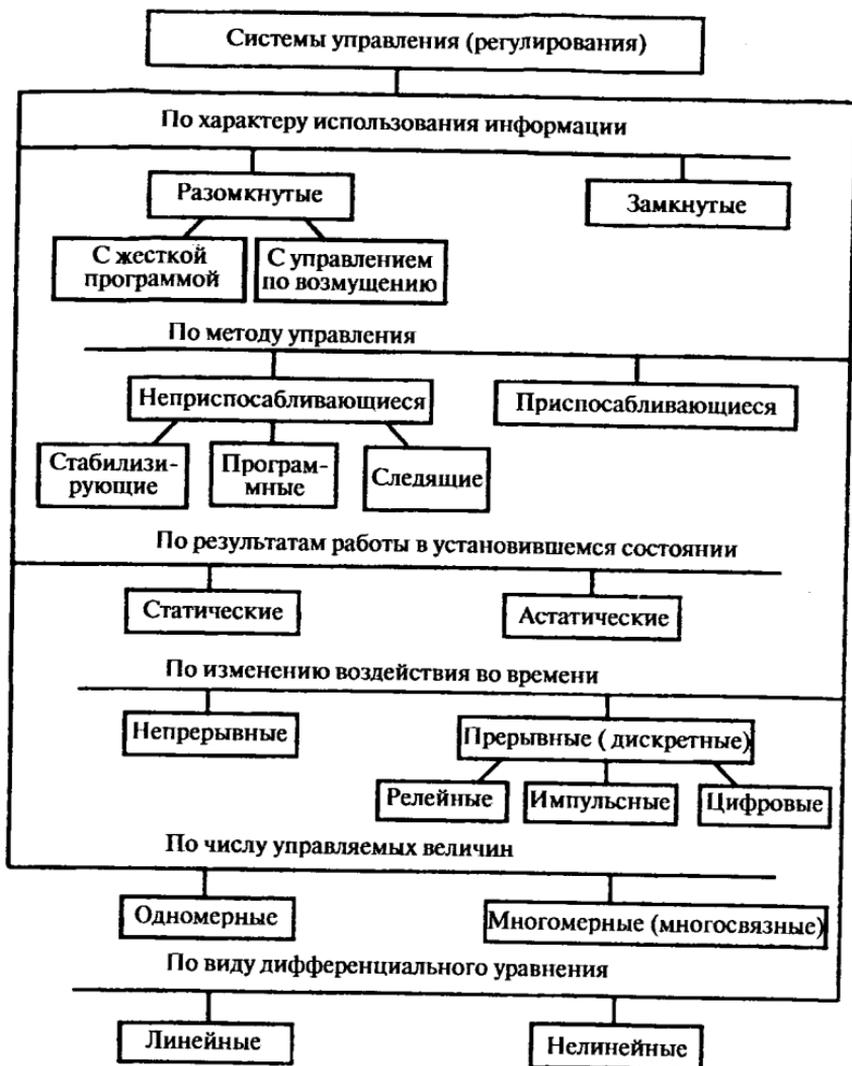


Рис. 1.2. Классификация автоматических систем управления (регулирования)

На вход управляющего элемента (регулятора) 5 подается сигнал, по значению равный разности $\epsilon(t)$ текущего значения управляемой величины $Y(t)$ и ее заданного значения Y_0 . Управляемая величина $Y(t)$ находится под действием одного или нескольких возмущающих воздействий $X_b(t)$, часть которых может контролироваться.

Классификация автоматических СУ возможна по различным признакам, например так, как это показано на рисунке 1.2.

Первый из признаков — назначение информации, в соответствии с которым автоматические СУ делят на замкнутые и разомкнутые.

Замкнутые системы используют текущую информацию о выходных величинах, определяют отклонение $\epsilon(t)$ управляемой величины $Y(t)$ от ее заданного значения Y_0 и принимают действия к уменьшению или полному исключению $\epsilon(t)$. Простейшим примером замкнутой системы, называемой *системой регулирования по отклонению*, служит показанная на рисунке 1.3, а система стабилизации уровня воды в баке. Система состоит из измерительного преобразователя (датчика) 2 уровня, устройства 1 управления (регулятора) и исполнительного механизма 3, управляющего положением регулирующего органа (клапана) 5.

Признак замкнутой системы, действующей на отклонение регулируемой величины, — обратная связь с выхода ОУ на его вход. Замкнутые системы этого типа компенсируют любые возмущения, поскольку регулятор контролирует только отклонение регулируемой величины независимо от причины, его вызвавшей. Они не могут обеспечить равенство выходной величины $Y(t)$ заданному значению Y_0 в течение всего времени t управления, так как их принцип работы связан с наличием отклонения $\epsilon = Y(t) - Y_0$.

Разомкнутые автоматические СУ подразделяют на системы с жесткой программой и с управлением по возмущению. Пример систем первого типа — система автоматического пуска и остановки комплекса машин, входящих в технологическую линию, в которой должна выдерживаться определенная последовательность (программа) работы отдельных механизмов, при этом ОС с выхода объекта на его вход отсутствует.

В разомкнутых автоматических СУ, действующих по возмущению, управление осуществляется на основании информации о входных (возмущающих) воздействиях. В показанной на рисунке 1.3, б системе таким возмущением является изменение давления воды в подающем трубопроводе.

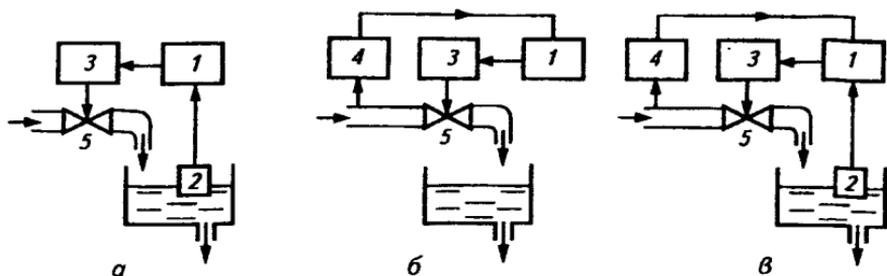


Рис. 1.3. Функциональные схемы автоматических СУ с управлением по отклонению (а), по возмущению (б) и комбинированные (в):

1 — регулятор; 2 и 4 — измерительные преобразователи уровня и давления воды; 3 — исполнительный механизм; 5 — регулирующий орган

В реальных системах возможна компенсация одного или нескольких поддающихся измерению возмущений. Если таких возмущений несколько, то для компенсации каждого из них необходим свой контур регулирования. При этом всегда останется часть возмущений, в том числе случайных и неконтролируемых, которые могут вызвать отклонение регулируемой величины $Y(t)$ от заданной Y_0 .

Выход из этого — сочетание обоих принципов управления (по возмущению и отклонению). Такую систему называют *комбинированной* (рис. 1.3, в), и ее преимущество по сравнению с системой, действующей по отклонению, в лучшей стабилизации регулируемой величины.

Стабилизирующие системы поддерживают управляемую величину на заданном уровне, *программные* — изменяют управляемую величину по заданной программе и *следящие* — обеспечивают измерение управляемой величины в определенном соотношении к задающему воздействию. В защищенном грунте пример стабилизирующей СУ — система регулирования температуры грунта, программной СУ — система управления температурой в зависимости от времени суток, следящей СУ — то же, но в зависимости от уровня естественной освещенности.

По методу управления автоматические СУ подразделяют на приспособляющиеся (адаптивные) и неприспособляющиеся к изменяющимся условиям работы ОУ.

Приспособляющиеся, или *адаптивные*, автоматические СУ целенаправленно изменяют алгоритмы управления или параметры управляющих воздействий для достижения наилучшего управления объектом. Поскольку в процессе работы таких систем происходит изменение их алгоритмов и (или) структуры, то их называют также *самонастраивающимися*. Частный случай приспособляющихся систем — *экстремальные*, задача которых — автоматический поиск максимума или минимума управляемой величины.

Следующий признак классификации связан с результатом работы системы в установившемся состоянии. В соответствии с ним автоматические СУ делят на статические и астатические.

В *статических* системах по окончании переходного процесса существует разница между заданным и установившимся значениями управляемой величины, которую называют *статической ошибкой*. Статическая ошибка $\Delta Y_{ст}$ — непреременный признак таких систем, причем величина ее зависит как от величины возмущения, так и от параметров настройки регулятора.

В *астатических* системах управляемая величина по окончании переходного процесса равна заданному значению. Возможное отклонение (ошибка управления), свойственное реальным системам автоматике, обусловлено несовершенством ее элементов.

По характеру изменения управляющих воздействий во времени автоматические СУ делят на непрерывные и прерывистые, или дискретные.

В непрерывных системах управляемая величина и управляющее воздействие — непрерывные функции времени.

Прерывистые автоматические СУ подразделяют на релейные, импульсные и цифровые.

В *релейных* (позиционных) системах один из элементов, обычно управляющее устройство (УУ), имеет существенно нелинейную (релейную) характеристику, в соответствии с которой управляющее воздействие изменяется скачкообразно при определенном значении управляемой величины. Такова, к примеру, система управления водонагревателем, в которой регулятор температуры включает электронагреватель при снижении температуры воды до определяемого настройкой регулятора значения.

Импульсные автоматические СУ имеют в своем составе звено, преобразующее управляемую величину в дискретную импульсную. При этом управляемой величине пропорциональна амплитуда или длительность импульсов.

В *цифровых* системах формирование управляющих воздействий осуществляется цифровыми вычислительными устройствами, которые оперируют не с непрерывными сигналами, а с дискретными словесными последовательностями.

Следующий признак классификации — число управляемых величин. В соответствии с этим признаком автоматические СУ делят на одномерные и многомерные. *Одномерные* имеют по одной входной и выходной величине, а *многомерные* — по нескольким.

По виду дифференциального уравнения автоматические СУ подразделяют на линейные и нелинейные. К *линейным* относят системы, уравнения которых описываются линейными дифференциальными уравнениями. Поскольку систем, абсолютно точно описываемых линейными дифференциальными уравнениями, практически не существует, сюда относят также линеаризованные системы, описываемые линейными дифференциальными уравнениями приближенно, при определенных допущениях и ограничениях. К *нелинейным* относят системы, поведение которых описывается нелинейными дифференциальными уравнениями, причем в системе достаточно иметь всего один нелинейный элемент, чтобы вся она стала нелинейной.

1.3. ОБЩИЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В общем случае система управления сельскохозяйственным производством строится путем последовательного объединения систем управления отдельными ТП при условии обеспечения максимальной универсальности систем, надежности и рационального использования новейших методов построения автоматических систем и технических средств. Такая поэтапная автоматизация позволяет получить наибольший эффект от внедрения автоматических устройств при минимальных затратах, связанных с автоматизацией важнейших звеньев ТП.

Выполнение этой задачи требует расчленения общей задачи управления по иерархическому принципу, определяющему порядок взаимодействия отдельных частей управляющей системы.

На нижней ступени располагают *локальные системы автоматического управления* и взаимосвязанные типовые ТП, соответствующие простейшим технологическим операциям и типовому оборудованию. Технические решения по автоматизации таких ТП обычно являются типовыми. Задачи таких систем автоматического управления — обеспечение эффективности управления и надежности работы технологического оборудования.

В состав технических средств локальных систем автоматического управления входят:

автоматические устройства с априорной или текущей информацией о возмущении, действующие по разомкнутой цепи преобразования сигнала в управляющее воздействие на ОУ;

автоматические регуляторы, обеспечивающие стабилизацию заданного значения регулируемой величины путем выработки управляющего воздействия, соответствующего отклонению этой величины от заданного значения;

средства автоматического контроля, которые выполняют функции измерения и регистрации контролируемых параметров процесса, а также сигнализации о достижении этими параметрами установленных предельных значений;

системы оптимизации, автоматически определяющие и поддерживающие оптимальный режим протекания ТП.

Задача построения локальных систем управления ТП — первостепенная в решении проблемы автоматизации управления сельскохозяйственным производством в целом.

На более высокой ступени находятся системы управления такими сложными ТП, которые характеризуются большим объемом перерабатываемой информации и не могут управляться автоматическим устройством без участия человека. В этом случае функции управления распределяются между человеком-оператором и вычислительной машиной, способной переработать практически неограниченный объем информации. Эту ступень автоматизированного управления называют АСУ ТП, и классифицированные ранее локальные системы управления входят в ее состав.

Использование ЭВМ в системе управления расширяет возможности осуществления сложных алгоритмов управления при большом числе переменных величин, характеризующих ход ТП. Участие человека в сложной системе оперативного управления обеспечивает высокую эффективность и надежность функционирования последней, позволяет решить специальные проблемы интеллектуального свойства, возникающие из-за неполноты сведений об автоматизированном процессе.

Снижение стоимости и увеличение объемов выпуска микроЭВМ и микроконтроллеров изменило техническую базу автоматизации производства.

В общем виде *микропроцессорное устройство*, применяемое в системах управления, — это специализированное вычислительное устройство, приспособленное к работе в производственных условиях и включающее в себя, кроме собственно микропроцессора, также и средства для обмена сигналами с ОУ (измерительные контроллеры и интерфейсные блоки связи). При этом микропроцессор, выполненный на одной или нескольких больших интегральных схемах, предназначен для исполнения логических и арифметических операций по специальной программе, хранящейся в памяти устройства. *МикроЭВМ* — это комплектное устройство на базе микропроцессора, имеющее блоки памяти, ввода-вывода и сопряжения.

Структурная схема микропроцессорной системы управления на базе микроЭВМ показана на рисунке 1.4.

Алгоритмы управления реализованы в виде программ, хранящихся в памяти ЭВМ. Интерфейсные блоки служат для связи ЭВМ с ОУ (с исполнительными механизмами и регулируемыми органами) и периферийным оборудованием (с пультом оператора, дисплеем). Пульт оператор использует для управления работой микроЭВМ, а дисплей — для предоставления ему информации о состоянии оборудования, контролируемых параметрах и других характеристиках автоматизированного процесса.

Сбор и преобразование в цифровую форму информации о ходе ТП, поступающей от разного рода измерительных преобразователей, осуществляются измерительными контроллерами. В состав интерфейсных блоков связи и контроллеров тоже могут входить микропроцессоры, выполняющие те операции по вводу-выводу и предварительной обработке информации, которые обычно выполняет центральный процессор.

При построении систем управления сложными объектами, имеющими ступенчатую (иерархическую) структуру, микропроцессорную систему управления низкого уровня связывают с вышерасположенной также через интерфейсные блоки связи.

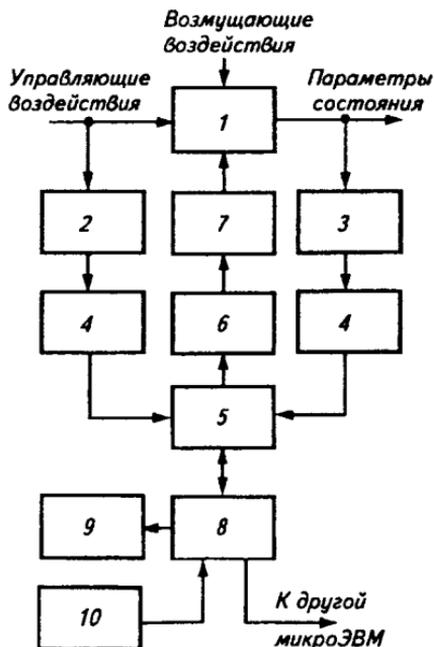


Рис. 1.4. Структурная схема микропроцессорной системы управления с микроЭВМ:

1 — технологический объект управления; 2 — измерительные преобразователи управляющих воздействий; 3 — измерительные преобразователи выходных параметров ОУ; 4 — измерительные контроллеры; 5 — управляющая микроЭВМ; 6 — интерфейсные блоки связи с объектом; 7 — исполнительные механизмы; 8 — интерфейсные блоки связи с периферией; 9 — дисплей; 10 — пульт оператора

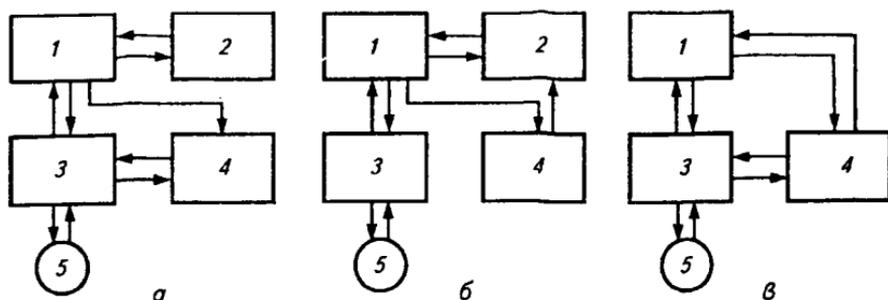


Рис. 1.5. Режим работы микроЭВМ в системах управления ТП:

а — информационно-советующий режим; *б* — режим супервизорного управления; *в* — режим непосредственного цифрового управления; 1 — технологический объект управления; 2 — локальные автоматические системы; 3 — пункт контроля и управления; 4 — управляющая микроЭВМ; 5 — оператор

Использование микроЭВМ в системах управления имеет ряд особенностей по сравнению с использованием ее в качестве универсальной ЭВМ, ориентированной прежде всего на взаимодействие с пользователем (человеком). Задача универсальных микроЭВМ — обработка данных по запросу пользователя, поэтому все устройства ввода-вывода информации (дисплеи, печатающие устройства, графопостроители, устройства внешней памяти и т. д.) подключаются к ЭВМ через свои блоки сопряжения по запросу пользователя.

В зависимости от достигнутого уровня совершенства технического и программного обеспечения управляющая микроЭВМ может работать в одном из трех режимов.

В *информационно-советующем режиме* (рис. 1.5, *а*) она выдает оператору рекомендации по управлению ТП, которые он анализирует и либо принимает, либо отвергает, выдавая свое решение на основании текущей информации и предыдущего опыта.

Принятое решение реализуют вручную, через пульт контроля и управления. Основная тяжесть задачи управления (автоматические регулирование, защита и сигнализация) ложится на локальные автоматические системы.

В *режиме супервизорного управления* (рис. 1.5, *б*) контроль и коррекцию работы автоматической СУ выполняет микроЭВМ и оператор вмешивается в работу автоматических систем только в случае обнаружения тех или иных нарушений хода ТП.

В *режиме прямого цифрового управления* (рис. 1.5, *в*) микроЭВМ, обладающая высокой степенью надежности, непосредственно воздействует на ТП через исполнительные механизмы.

Многообразие требований, предъявляемых к техническим системам, порождает множество конструктивных решений элементов автоматических систем. При автоматизации конкретных производств стремятся ограничить номенклатуру используемых техни-

ческих средств, которые выбирают прежде всего из числа стандартных и специализированных элементов, прошедших практическую проверку.

Многочисленность операций, выполняемых элементами автоматики (получение, усиление, преобразование входных сигналов, передача контрольной и исполнение командной информации, вычисление исходных сигналов по их дискретному представлению, распределение выходного сигнала по отдельным цепям его передачи и другие операции), требует ориентации на определенные типы функциональных блоков, объединяющих несколько элементов и удовлетворяющих комплексу общетехнических и специальных (технологических) требований.

Специальные (отраслевые) элементы и блоки автоматики предназначены для использования на конкретном оборудовании. Важное требование, предъявляемое к этим устройствам автоматики, — их универсальность, т. е. возможность применения в различных ТП и условиях эксплуатации.

Основой для применения одного и того же прибора или регулятора в различных автоматических системах с разными измерительными преобразователями (датчиками) служит идентичность параметров выходного электрического сигнала.

Существуют типовые измерительные преобразователи, позволяющие измерить и преобразовать в электрический сигнал практически любой технологический параметр. Это позволяет обходиться ограниченным числом преобразователей, регулирующих устройств и исполнительного механизма (ИМ) для автоматизации систем управления различного назначения.

В результате автоматизации ТП непосредственное участие человека в системе управления не является необходимым, тем более что технические средства превосходят человека по физическим характеристикам, по надежности работы при выполнении повторяющихся операций, возможности хранить информацию и т. д. В этой связи возможны несколько вариантов оперативного управления ТП.

Децентрализованный контроль и управление, при котором оператор выполняет все функции по обслуживанию локальных систем автоматического управления последовательно одного объекта за другим. Первичная информация, определяемая совокупностью значений переменных параметров процесса, образуется и представляется с помощью средств контрольно-измерительной техники.

Централизованный контроль и управление, при котором функции управления выполняет по-прежнему оператор, но теперь с рабочего места в центральном диспетчерском пункте, куда стекается информация о ходе ТП, прошедшая первичную обработку, селекцию, обобщение, сопоставление и т. д.

Автоматизированное управление, при котором функции управления в определенной степени осуществляет человек с применением развитых технических средств и ЭВМ.

Автоматическое управление, при котором роль оператора сводится только к наблюдению за работой системы, обслуживанию ЭВМ и изменению различных заданий по управлению ТП.

1.4. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ И ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ

Экономическая *эффективность автоматизации* измеряется степенью уменьшения совокупного труда, затрачиваемого на производство единицы продукции. При автоматизации сельскохозяйственных производственных процессов стоимость капитальных затрат обычно несколько возрастает, а эксплуатационные расходы на единицу продукции существенно сокращаются. Таким образом, эффективность автоматизации характеризуется суммарным сокращением затрат на производство единицы продукции.

Если автоматизацию какого-либо процесса можно осуществить различными вариантами, то надо выбрать самый эффективный вариант, который обеспечивает более интенсивное снижение стоимости и более высокий рост производительности общественного труда. При этом очень важно за базовый вариант принять наиболее передовой и совершенный — вариант механизированного производства, применяемый или планируемый к внедрению в перспективе в отечественной или зарубежной практике. При сравнении с менее совершенным способом производства можно получить в расчетах завышенную экономию средств. Фактически этот же уровень может быть достигнут за счет более прогрессивной технологии машинного способа производства без привлечения автоматизации. По каждому выбранному варианту определяют затраты и экономический эффект. Лучшим признают вариант, у которого экономический эффект максимальный.

На технико-экономические показатели существенно влияют правильно сформулированные технические требования на автоматизацию ТП. Например, повышенные требования к точности работы автоматической системы приводят к усложнению устройств автоматики и существенному увеличению капитальных и эксплуатационных затрат.

Экономическая эффективность автоматизации складывается из энергетического, трудового, структурного и технологического эффектов.

Энергетический эффект определяют по сокращению расхода топлива или энергии, увеличению надежности и долговечности работы энергетического оборудования, экономичности работы систем энергообеспечения, повышению КПД силовых установок и т. д.

Трудовой эффект связан с сокращением прямых затрат живого труда обслуживающего персонала на выполнение ТП

сельскохозяйственного производства. При переходе на автоматизацию затраты живого труда существенно сокращаются при незначительном увеличении капитальных затрат на аппаратуру автоматики.

Структурный эффект обусловлен сокращением регулирующих и запасных емкостей, уменьшением служебных помещений и инженерных коммуникаций, снижением металлоемкости и стоимости оборудования, увеличением съема продукции с единицы площади или объема производственных зданий, повышением концентрации построек на территории.

Технологический эффект обусловлен в основном увеличением производства сельскохозяйственной продукции за счет автоматизации ТП, например, в животноводстве, птицеводстве, защищенном грунте — это создание благоприятных климатических условий путем автоматического управления микроклиматом в зависимости от времени суток, сезона, возраста животных, вида растений, а также связанное с автоматизацией сокращение расхода корма и повышение качества продукции.

В результате технико-экономических, социально-экономических и качественных сравнений автоматизированного и неавтоматизированного способов производства определяют основные показатели эффективности автоматизации: капитальные затраты, эксплуатационные годовые издержки, рентабельность, срок окупаемости, приведенные затраты и др.

Капитальные затраты — одна из основных исходных величин при расчетах экономической эффективности автоматизации. Эти затраты складываются из стоимости средств K_c автоматики с учетом их доставки, монтажа и наладки; затрат на модернизацию K_m действующей техники и технологии, вызванную автоматизацией; стоимости строительства и реконструкции зданий K_3 в связи с внедрением автоматизации; остаточной стоимости K_0 основных средств, подлежащих ликвидации при внедрении устройств автоматики, за вычетом стоимости K_p , полученной от реализации части ликвидируемых основных средств, т. е.

$$K = K_c + K_m + K_3 + K_0 - K_p. \quad (1.1)$$

При исчислении капитальных затрат на автоматизацию следует учитывать лишь те дополнительные затраты на здания, оборудование и перестройку технологии, которые вызваны только внедрением средств автоматизации.

Годовые эксплуатационные издержки производства складываются в основном из амортизационных отчислений I_0 , отчислений I_T на текущий ремонт, затрат на зарплату I_3 обслуживающего персонала, стоимости электроэнергии I_2 и стоимости топлива и смазочных материалов I_c , куда отнесены и некоторые другие годовые расходы,

$$I = I_0 + I_T + I_3 + I_2 + I_c. \quad (1.2)$$

Прибыль годовых эксплуатационных издержек

$$П = I_n - I_a + Д, \quad (1.3)$$

где I_n — годовые издержки при неавтоматизированном способе производства; I_a — то же, при автоматизированном способе производства; $Д$ — дополнительный доход за счет увеличения качества продукции, снижения потерь и т. п.

При автоматизации сельскохозяйственного производства дополнительный доход $Д$, не учтенный в ранее приведенных выражениях, часто имеет существенное значение. В ряде случаев, принимая во внимание этот доход, можно применять высоконадежные и дорогостоящие автоматизированные средства, получая при этом значительный экономический эффект.

Срок окупаемости капитальных затрат на автоматизацию при одинаковом годовом объеме производства

$$T = \frac{K_a - K_n}{I_n - I_a + Д}, \quad (1.4)$$

где K_a и K_n — капитальные затраты соответственно автоматизированного и неавтоматизированного производства ($K_n < K_a$); I_n и I_a — эксплуатационные годовые издержки соответственно неавтоматизированного и автоматизированного производства ($I_n > I_a$).

Нормативный коэффициент экономической эффективности дополнительных капитальных затрат представляет собой величину, обратную нормативному сроку окупаемости T_n ,

$$E = 1/T_n. \quad (1.5)$$

Производительность труда — важнейший показатель экономической эффективности. Она определяется количеством продукции, произведенной в единицу рабочего времени, или количеством рабочего времени, затраченного на производство единицы продукции. Повышение производительности труда, которое произошло в результате автоматизации, отражает уменьшение затрат труда, выраженное в процентах,

$$Z_T = (Z_n - Z_a)100/Z_n, \quad (1.6)$$

где Z_n — затраты труда на единицу продукции или вид работы при неавтоматизированном производстве; Z_a — то же, при автоматизированном производстве.

Экономия труда получается благодаря повышению его производительности

$$Э_T = (Z_n - Z_a)A, \quad (1.7)$$

где A — годовой объем производства продукции после автоматизации.

Рентабельность производства связана с денежным измерением затрат труда и характеризует уровень доходности производства, т. е. относительное значение чистой прибыли

$$P = (Ц - C)100/C, \quad (1.8)$$

где $Ц$ — оптовая цена продукции, р.; C — себестоимость продукции, р.

При автоматизации ТП следует вычислять показатель Δp дополнительной рентабельности, не связанной с оптовой ценой продукции,

$$\Delta p = (C_n - C_a)100/C_n, \quad (1.9)$$

где C_n — себестоимость продукции неавтоматизированного производства, р.; C_a — себестоимость продукции автоматизированного производства, р.

Приведенные расчетные затраты Z позволяют дать сравнительную оценку и выбрать (по минимальному значению) наиболее эффективный вариант автоматизации ТП. Их определяют по эксплуатационным издержкам I за год и первоначальным капитальным вложениям K на автоматизацию, приведенным к одинаковой размерности через нормативный коэффициент эффективности E_n :

$$Z = I + E_n K.$$

Нормативный коэффициент E_n принимают не более 0,2 с учетом процентов кредитных ставок и рекомендуют для рыночных условий России равным 0,1.

Годовой экономический эффект от автоматизации при выпуске одной и той же продукции

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_2)A, \quad (1.10)$$

где Z_1 и Z_2 — приведенные затраты на единицу продукции (работы) до и после автоматизации; A — годовой объем производства продукции (работы) после автоматизации.

В отдельных случаях необходимо учитывать социальные и экологические факторы, изменение которых вызвано использованием средств автоматизации. Поскольку количественно оценить социально-экологические факторы не всегда удается, выбирают вариант автоматизации, который лучше удовлетворяет социальным стандартам и экологическим нормативам (например, улучшение условий труда, его престижности, снижение предельно допустимого уровня вредных веществ и воздействий и т. д.).

Примерную последовательность расчетов экономической эффективности автоматизации можно представить следующим образом: сбор и обобщение исходных данных, выбор базы сравнения, определение капитальных затрат, необходимых для приобретения и внедрения средств автоматизации, подсчет годовых эксплуатацион-

ных издержек на содержание средств автоматизации, исследование влияния автоматизации на технико-экономические и социально-экономические показатели производственного процесса, выявление ожидаемого экономического эффекта от внедрения автоматизации.

В общем виде основной критерий экономической эффективности применения средств автоматизации в сельском хозяйстве определяется сокращением приведенных затрат 3.

Показатели экономической эффективности автоматизации необходимо рассчитывать для того, чтобы установить очередность автоматизации наиболее прогрессивных и экономически выгодных ТП в сельскохозяйственном производстве, выбрать наиболее экономичные методы и технические средства автоматизации, определить технико-экономические показатели ее эффективности, подсчитать годовой экономический эффект, имея в виду последующее материальное стимулирование работников.

Контрольные вопросы и задания

1. Объясните особенности основных видов автоматизации. 2. Изложите принцип действия автоматической системы управления. 3. Как классифицируют автоматические системы управления? 4. Представьте схему и принцип работы микропроцессорной системы управления. 5. Изложите основные источники и показатели технико-экономической эффективности автоматизации.

Глава 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Современное сельскохозяйственное производство — это объединение в комплекс сложных биотехнических систем.

Рассмотрим условия функционирования такой системы на базе одной из отраслей сельскохозяйственного производства — животноводства. При всем разнообразии технологических процессов в животноводстве их можно свести к сравнительно небольшому числу видов единичных операций:

биологические, т. е. происходящие в организме животного; преобразования (приготовление корма, переработка навоза); тепловые; механические (перемещение материальных потоков, вращение рабочих органов).

Совокупность единичных операций образует конкретные технологические процессы, например приготовления и раздачи кормов, уборки и утилизации навоза, получения и переработки продукции и т. д.

В общем случае технологический процесс реализуется посред-

ством технологических операций, которые выполняются параллельно, последовательно или комбинированно, когда начало последующей операции сдвинуто по отношению к началу предыдущей.

Технологические процессы сельскохозяйственного производства имеют существенные особенности.

1. Поточность. Потоки равны по закономерностям и структуре (материалы, энергия, биологические объекты и т. д.), но у них есть общее: возможность коммутировать, накапливать, менять интенсивность потока.

2. Цикличность. Технологический процесс имеет суточный или годовой цикл.

3. Единство цели управления. Технологический процесс есть единое целое, и нарушение в одном звене нарушает весь цикл. Потеря продукции в результате нарушения хода ТП, как правило, не может быть компенсирована.

4. Разнообразие частей ТП. Технологический процесс объединяет значительное число поточных линий (на животноводческом комплексе 6...10). Отсюда большой объем информации и сложность выработки оптимального алгоритма управления.

5. Плохая подготовленность к автоматизации. Вызвана тяжелыми условиями работы, значительной рассредоточенностью объектов, низкой квалификацией обслуживающего персонала. Эти особенности общие для широкого круга ТП, что делает возможной разработку систем управления, предназначенных для большого числа однотипных ТП.

Решение по управлению ТП принимают с учетом распорядка дня, режимов работы, организационных особенностей ТП.

Технологический процесс характеризуют группой качественных и численных показателей, на которые влияют возмущающие, а также управляющие воздействия.

Возмущения, влияющие на ход технологического процесса, могут контролироваться, а могут иметь случайный и неконтролируемый характер (поломки оборудования, заболевания животных).

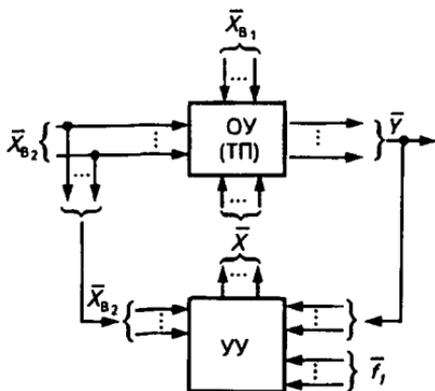
Управляющие воздействия регламентируются распорядком дня, режимом работы технологического оборудования, производственными инструкциями и т. д. Осуществляются управляющие воздействия автоматически или вручную. Управление технологическим процессом представляет собой организационно-техническую задачу, и решают ее сегодня, создавая автоматические или автоматизированные системы управления технологическим процессом, органичное звено которых — человек-оператор, чьи функции зависят от режима, в котором действует СУ.

Схема связей в СУ показана на рисунке 2.1. Воздействия на процесс можно классифицировать следующим образом.

Управляемые воздействия на рисунке 2.1 обозначены вектором \bar{U} . В эту группу входят переменные параметры, которые необходимо поддерживать на заданном уровне или изменять по заданному зако-

Рис. 2.1. Схема связей в автоматических СУ:

ОУ — объект управления; УУ — управляющее устройство



ну. Качество стабилизации параметров определяется требованиями технологии автоматизированного процесса и возможностями системы управления. Как правило, переменные, входящие в вектор \bar{Y} , измеряют непосредственно, но иногда такая возможность отсутствует, и тогда

соответствующий параметр может быть определен с помощью вычислительного устройства, использующего математическую модель процесса и результаты измерений входных возмущений.

Возмущающие воздействия на рисунке 2.1 обозначены вектором \bar{X}_B . В эту группу входят переменные, изменения в которых характеризуются влиянием внешних условий, характеристик оборудования и т. д. Часть этих воздействий \bar{X}_{B_1} измерить нельзя, их называют неконтролируемыми, а часть \bar{X}_{B_2} — можно, их называют контролируемыми, и результаты контроля могут быть использованы для корректировки хода процесса.

Регулирующие воздействия на рисунке 2.1 обозначены вектором \bar{X} . Переменные, входящие в эту группу, используют для воздействия на процесс с целью управления.

Воздействия на УУ разделяют следующим образом.

1. Регулируемые величины \bar{Y} , характеризующие состояние автоматизируемого процесса.
2. Возмущающие воздействия (контролируемые) \bar{X}_{B_2} , характеризующие влияние внешних условий на ход процесса.
3. Воздействия \bar{r}_i от различных факторов, действующие на объект управления через УУ.

2.2. СТРУКТУРА И ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

В общем виде структура управления ТП показана на рисунке 2.2. Если оператор — необходимая часть системы, то ее квалифицируют как автоматизированную, если нет — то как автоматическую.

Оператор действует в соответствии с целью управления, и его

функции, в общем случае, очень обширны. К примеру, в обязанности оператора-животновода входят:

соблюдение распорядка дня содержания и режимов кормления животных;

получение информации от зооветслужбы о коррекции условий содержания, кормления и т. д.;

восприятие информации о поведении объекта управления (животных);

оценка и анализ технологической ситуации и выработка соответствующих решений;

установка задания системе управления, коррекция программ в соответствии с текущими условиями;

анализ информационных потоков о ходе ТП;

защита животных и оборудования в случае возникновения аварийной ситуации;

оперативная связь с вышестоящими органами управления, учет полученной продукции и т. д.

Все многообразие перечисленных задач, возникающих в ходе управления технологическим процессом, может быть классифицировано следующим образом.

Логическое управление применяют для управления поточно-транспортными линиями приготовления и раздачи корма, уборки навоза и т. д. в том случае, когда имеется необходимость обеспечения последовательности пуска, переключения и остановки механизмов, наличия блокировок, обеспечивающих нормальное функционирование ТП и защиту оборудования в аварийных ситуациях. Для логического управления важно знать состояние ТП в предшествующий момент времени.

Программное управление реализуется в разомкнутых системах автоматического управления. Управляемая величина изменяется по заранее заданной программе.

Например, норму жидкого корма, раздаваемого свиньям, устанавливают в зависимости от состояния животных и поедаемости корма и корректируют 1 раз в 10 сут. В отличие от принципа логического управления знание состояния ТП в предшествующий момент времени не обязательно.

Управление по отклонению используют в замкнутых автоматических СУ. Например, при регулировании уровня воды в баке водокачки неконтролируемые возмущения по нагрузке объекта

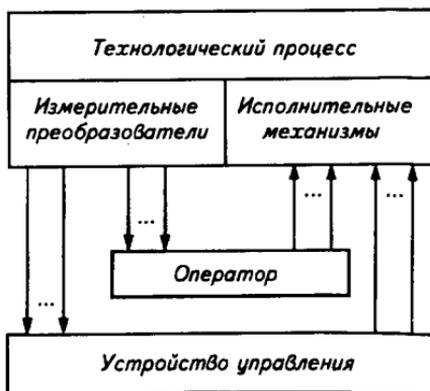


Рис. 2.2. Структурная схема управления ТП

(изменение расхода воды) или по каналу регулирующего воздействия (изменение подачи насоса) автоматически компенсируются в процессе стабилизации регулируемого параметра (уровня). Недостаток принципа управления по отклонению — низкие эксплуатационные характеристики в случае значительной инерционности объекта.

Управление по возмущению используют в разомкнутых автоматических СУ. Управляющее воздействие принимается исходя из анализа действующих на систему возмущений. Например, решение о загрузке бункера принимают по анализу расхода кормов в связи с тем, что непрерывный контроль уровня сыпучих материалов затруднен. Недостаток управления по возмущению — накопление ошибки регулирования.

Комбинированное управление представляет собой комбинацию принципов управления по отклонению и возмущению. Например, система управления обогревом свинарника включает в себя замкнутую автоматическую СУ температурой электрообогреваемого пола и разомкнутую систему включения инфракрасного обогрева в зависимости от температуры воздуха.

Все пять рассмотренных принципов управления могут быть осуществлены в системах:

местного управления (оператор следит за ходом ТП и управляет им, находясь рядом с технологической линией);

дистанционного управления (оператор следит за ходом ТП по мнемосхеме, при этом улучшаются условия его работы, но контроль за ходом процесса ухудшается);

централизованного управления (оператор следит за ходом ТП с центрального пульта, имеющего развитую систему контрольно-измерительных приборов, а возможно и ЭВМ в режиме оператора-советчика).

2.3. ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Автоматизация сельского хозяйства опирается на богатый опыт промышленности. Вместе с тем к методам и средствам автоматизации, применяемым в животноводстве и растениеводстве, предъявляют специфические требования, обусловленные особенностями сельскохозяйственного производства.

В отличие от промышленности в сельском хозяйстве наряду с техникой используются почва и живые организмы, машинная технология тесно переплетается и увязывается с биологическими процессами.

Производственные процессы в сельском хозяйстве сложны и многообразны, имеют большой объем технологической информации и тесную взаимосвязь. Это обуславливает большое разнообразие ТП, исторически сложившихся в период использования живой тягловой силы и находящихся в стадии незавершенной пере-

стройки на поточное машинное производство, а также большое число типов, конструкций, характеристик и режимов работы сельскохозяйственных машин и установок, многие из которых далеко не всегда приспособлены для применения на них даже простейших устройств автоматики.

Система машин, разработанная для сельского хозяйства, имеет около трех тысяч наименований по типам, почти 60 % из которых предназначены для полеводства и около 30 % — для животноводства и птицеводства.

Немаловажные особенности — рассредоточенность сельскохозяйственной техники по большим площадям и удаленность ее от ремонтной базы, относительно малая мощность установок, тихость и невысокая квалификация обслуживающего персонала, а также сезонность их работы и непродолжительное использование в течение суток. Даже в животноводстве, где операции совершаются и повторяются ежедневно по определенному циклу, общее число часов работы машин в сутки относительно мало. Следовательно, средства автоматики должны быть очень многообразными, относительно дешевыми, простыми по устройству и надежными в эксплуатации.

Основная особенность сельскохозяйственного производства заключается в неразрывной связи техники с биологическими объектами (животными и растениями), для которых характерны непрерывность процессов образования продукции и цикличность ее получения, невозможность увеличения выпуска продукции за счет ускорения производства. В этих условиях автоматика должна работать надежно, так как такой процесс нельзя прервать и практически невозможно наверстать упущенное путем интенсификации последующего периода. Например, автоматика в животноводстве должна обеспечить цикличность выполнения технологических операций в течение суток независимо от погодных условий.

Возмущающие воздействия имеют высокую степень неоднородности и случайности с изменением своих величин. Многие объекты сельскохозяйственной автоматики имеют контролируемые и регулируемые параметры, распределенные как по технологическому полю или большому объему, так и во времени. Например, в нагревательных установках и сушилках, зернохранилищах и овощехранилищах, теплицах и животноводческих помещениях необходимо по всему объекту контролировать параметры (температуру, влажность, газосодержание, освещение и т. п.) и управлять ими. Для таких объектов системы автоматики должны иметь оптимальное число первичных преобразователей (датчиков) и исполнительных органов и в то же время обеспечить управление параметрами во всех рассредоточенных зонах с заданной точностью и надежностью.

Существенная особенность большинства сельскохозяйственных установок — их работа на открытом воздухе, где окружающая среда непостоянна: широкие пределы изменения влажности и температу-

ры, наличие примесей, пыли, мякины, песка в полеводстве или агрессивных газов (аммиака, сероводорода и углекислого газа), бактериальной осемененности, плесени в животноводстве, а также наличие значительных вибраций и толчков.

Поэтому условия работы средств автоматики в сельском хозяйстве очень тяжелые и вероятность возникновения этих неисправностей значительно чаще, чем в других отраслях народного хозяйства.

Вследствие перечисленных особенностей и ряда других причин методы и средства автоматизации и требования к ним в сельском хозяйстве значительно отличаются от промышленных.

При разработке устройств автоматики сельских установок их необходимо рассчитывать на широкие пределы изменения параметров окружающей среды. Это позволит получить высоконадежные средства, так как наиболее эффективные мероприятия борьбы за повышение надежности устройств автоматики — выбор элементов с малой опасностью отказов и различные способы увеличения надежности при проектировании. Указанные специфические особенности в первую очередь влияют на первичные преобразователи (датчики) и исполнительные органы автоматики, устанавливаемые непосредственно на объектах автоматизации и испытывающие все неблагоприятные условия окружающей среды. Остальные узлы автоматики можно располагать в отдельных помещениях или специальных шкафах, исключающих неблагоприятное воздействие окружающей среды.

2.4. ТИПОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Общая задача управления ТП — это минимизация (максимизация) некоторого критерия (себестоимость, затраты энергии и т. д.) при выполнении ограничений на технологические параметры, накладываемых регламентом.

Поскольку решение этой задачи для всего процесса в целом затруднительно (много влияющих факторов), весь ТП следует разбить на отдельные участки, причем обычно участок соответствует законченной технологической операции, имеющей свою подзадачу (приготовление корма, обработка молока и т. д.).

Для отдельного ТП критерий оптимальности установить проще. Это может быть требование стабилизации параметра или несложно вычисляемого критерия. На основании принятого критерия оптимальности для отдельного ТП легко формулируется задача автоматизации. Кроме критерия оптимальности для решения этой задачи необходим анализ объекта автоматизации с точки зрения выявления всех существенных входных и выходных переменных, а также анализ статических и динамических характеристик каналов передачи возмущающих и управляющих воздействий.

Технологические процессы одного типа (например, процессы

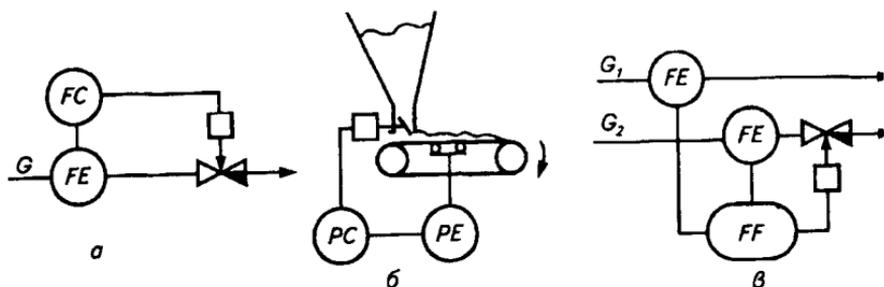


Рис. 2.3. Схемы регулирования расхода:

а — жидких и газообразных сред; *б* — сыпучих материалов; *в* — соотношения сред

нагрева) могут отличаться исполнением аппаратуры, физико-химическими свойствами участвующих в них потоков сырья и т. д. Однако все они протекают по одним и тем же законам и подчиняются общим закономерностям. Характер этих закономерностей в первую очередь определяется тем, какой параметр участвует в управлении. Для одного класса процессов, протекающих в типовой технологической системе, может быть разработано типовое решение по автоматизации, являющееся приемлемым для широкого круга систем. Наличие типового решения значительно упрощает задачу построения АСУ.

К числу типовых технологических параметров, подлежащих контролю и регулированию, относят расход, уровень, давление, температуру и ряд показателей качества.

Регулирование расхода. Системы регулирования расхода характеризуются малой инерционностью и частой пульсацией параметра.

Обычно управление расходом — это дросселирование потока вещества с помощью клапана или шиберы; изменение напора в трубопроводе за счет изменения частоты вращения привода насоса или степени байпасирования (отведения части потока через дополнительные каналы).

Принципы реализации регуляторов расхода жидких и газообразных сред показаны на рисунке 2.3, *а*, сыпучих материалов — на рисунке 2.3, *б*.

В практике автоматизации ТП встречаются случаи, когда требуется стабилизация соотношения расходов двух или более сред.

В схеме, показанной на рисунке 2.3, *в*, поток G_1 — ведущий, а поток $G_2 = \gamma G_1$ — ведомый, где γ — коэффициент соотношения расходов, который устанавливают в процессе статической настройки регулятора.

При изменении ведущего потока G_1 регулятор *FF* пропорционально изменяет ведомый поток G_2 .

Выбор закона регулирования зависит от требуемого качества стабилизации параметра.

Регулирование уровня. Системы регулирования уровня имеют те же особенности, что и системы регулирования расхода. В общем случае поведение уровня описывается дифференциальным уравнением

$$S \frac{dL}{dt} = G_{\text{вх}} - G_{\text{вых}} \pm G_{\text{обр}}, \quad (2.1)$$

где S — площадь горизонтального сечения емкости; L — уровень; $G_{\text{вх}}$, $G_{\text{вых}}$ — расход среды на входе и выходе; $G_{\text{обр}}$ — количество среды, увеличивающейся или уменьшающейся в емкости (может быть равно 0) в единицу времени t .

Постоянство уровня свидетельствует о равенстве количеств подаваемой и расходуемой жидкости. Это условие может быть обеспечено воздействием на подачу (рис. 2.4, а) или расход (рис. 2.4, б) жидкости. В варианте регулятора, показанном на рисунке 2.4, в, используют для стабилизации параметра результаты измерений подачи и расхода жидкости. Импульсы по уровню жидкости — корректирующий, он исключает накопление ошибки вследствие неизбежных погрешностей, возникающих при изменении подачи и расхода. Выбор закона регулирования также зависит от требуемого качества стабилизации параметра. При этом возможно использование не только пропорциональных, но также и позиционных регуляторов.

Регулирование давления. Постоянство давления, как и постоянство уровня, свидетельствует о материальном балансе объекта.

В общем случае изменение давления описывается уравнением, аналогичным формуле (2.1),

$$V \frac{dp}{dt} = G_{\text{вх}} - G_{\text{вых}} \pm G_{\text{обр}}, \quad (2.2)$$

где V — объем аппарата; p — давление.

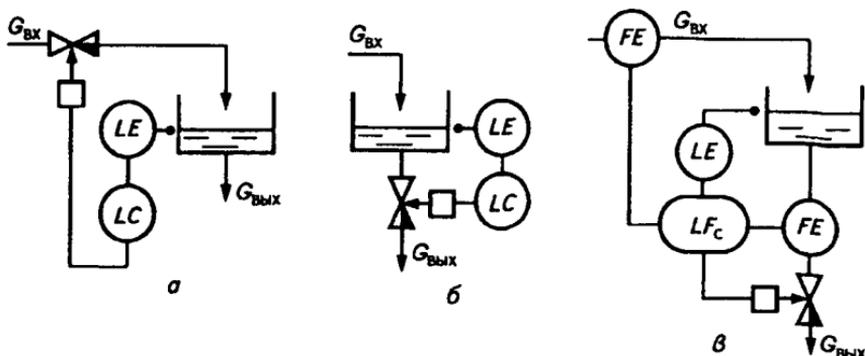
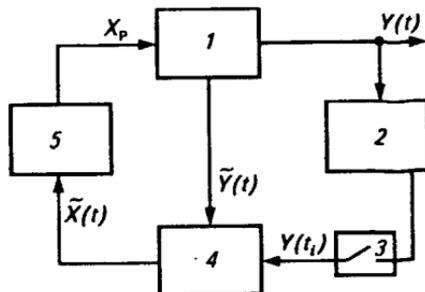


Рис. 2.4. Схемы систем регулирования уровня:

а — с воздействием на подачу; б и в — с воздействием на расход среды

Рис. 2.5. Схема системы регулирования качества продукта:

1 — объект; 2 — анализатор качества; 3 — экстраполяционный фильтр; 4 — вычислительное устройство; 5 — регулятор



Аналогичность уравнений (2.1) и (2.2) свидетельствует о том, что способы регулирования давления аналогичны способам регулирования уровня.

Регулирование температуры. Температура — показатель термодинамического состояния системы. Динамические характеристики системы регулирования температуры зависят от физико-химических параметров процесса и конструкции аппарата. Особенность такой системы — значительная инерционность объекта и нередко измерительного преобразователя.

Принципы реализации регуляторов температуры аналогичны принципам реализации регуляторов уровня (рис. 2.4) с учетом управления расходом энергии в объекте.

Выбор закона регулирования зависит от инерционности объекта: чем она больше, тем закон регулирования сложнее. Постоянная времени измерительного преобразователя может быть снижена за счет увеличения скорости движения теплоносителя, уменьшения толщины стенок защитного чехла (гильзы) и т. д.

Регулирование параметров состава и качества продукта. При регулировании состава или качества продукта возможна ситуация, когда параметр (например, влажность зерна) измеряют дискретно. В этой ситуации неизбежны потеря информации и снижение точности динамического процесса регулирования. Рекомендуемая схема регулятора, стабилизирующего некоторый промежуточный параметр $\tilde{Y}(t)$, значение которого зависит от основного регулируемого параметра — показателя качества продукта $Y(t)$, показана на рисунке 2.5. Вычислительное устройство 4, используя математическую модель связи между параметрами $Y(t)$ и $\tilde{Y}(t)$, непрерывно оценивает показатель качества. Экстраполяционный фильтр 3 выдает оценочный параметр качества продукта $\tilde{Y}(t_i)$ в промежутках между двумя измерениями.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте характеристику ТП сельскохозяйственного производства. 2. Назовите виды воздействий на объект управления. 3. Изложите структуру и принципы управления ТП. 4. Каковы особенности автоматизации сельскохозяйственного производства? 5. Назовите типовые технические решения при автоматизации ТП.

СТАТИКА И ДИНАМИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

3.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для создания автоматических СУ необходимо располагать математическим описанием процессов, происходящих как в самой системе, так и в ее элементах.

Под математическим описанием (математической моделью) подразумевается совокупность уравнений и граничных условий, описывающих зависимость выходных величин от входных в установившемся и переходном режимах. В связи с этим различают две группы математических моделей:

- установившегося режима (модель статики);
- переходного режима (модель динамики).

Вначале рассмотрим модели динамики. Они имеют вид уравнений, описывающих изменение во времени выходных величин систем (элементов) в зависимости от изменения входных. Такой режим (процесс) функционирования системы называют переходным и описывают дифференциальными или интегрально-дифференциальными уравнениями.

Частный случай переходного режима — установившийся, характеризуемый независимостью входных и выходных координат от времени. Этот режим описывается дифференциальными уравнениями нулевого порядка, т. е. алгебраическими уравнениями, получаемыми из уравнений динамики приравниванием к нулю всех производных по времени.

Таким образом, в общем случае математической моделью системы (элемента) с m входными $\{x_1, x_2, \dots, x_m\} = \bar{X}$ и n выходными координатами $\{y_1, y_2, \dots, y_n\} = \bar{Y}$ называют совокупность уравнений $\bar{Y} = F(\bar{X}, \bar{a})$, однозначно описывающих поведение \bar{Y} при данных векторах \bar{X} и \bar{a} , где \bar{a} — вектор, характеризующий конструктивно-технологические характеристики системы (элемента).

Кроме математических существуют физические (электрические, гидравлические и др.) модели, но в любом случае подобие модели и оригинала основано на идентичности математического описания процессов в модели и оригинале.

Например, зависимости для расчета теплового потока $q = \lambda \frac{dt}{dh}$, силы трения $\tau = \mu \frac{dv}{dh}$ и силы тока $i = \frac{1}{\rho} \frac{dU}{dh}$, характеризующие разные по физической природе явления, описываются одинаковыми

дифференциальными уравнениями, в которых буквой λ обозначен коэффициент теплопроводности, μ — коэффициент трения, $\frac{1}{\rho}$ — удельная проводимость, t — температура, v — скорость, U — напряжение электрического тока, h — линейный размер (толщина стенки, путь, длина проводника).

Математическая модель может быть получена аналитическим или экспериментальными методами. В последнем случае она может быть *детерминированной*, когда выходная величина однозначно определяется входной, или *статистической*, когда входные воздействия — случайные величины.

3.2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УСТАНОВИВШЕГОСЯ И ПЕРЕХОДНОГО РЕЖИМОВ И МЕТОДЫ ИХ ЛИНЕАРИЗАЦИИ

Напомним, что математическая модель установившегося режима (иначе — статическая характеристика элемента или системы) отражает функциональную связь между входными и выходными величинами в установившемся состоянии, а математическая модель переходного режима (динамическая характеристика элемента или системы) описывает изменение выходной величины во времени в зависимости от изменения входной величины.

Как уравнения статики, так и уравнения динамики могут быть линейными или нелинейными, в последнем случае они подлежат линеаризации.

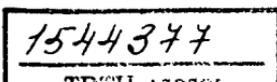
Линеаризация уравнений динамики. Итак, в общем случае при наличии одной выходной (y) и нескольких входных величин (x) динамика элемента (системы) описывается дифференциальным уравнением (для двух x_1 и x_2)

$$F(y^n, y^{n-1}, \dots, y, x_1^m, x_1^{m-1}, \dots, x_1, x_2^l, x_2^{l-1}, \dots, x_2) = 0, \quad (3.1)$$

где F — некоторая нелинейная функция; n, m, l — целые натуральные числа, определяющие наивысший порядок входящих в уравнение производных входной и выходной величин по времени.

Для реальных систем порядок дифференциального уравнения $n > m$ и $n > l$. Линеаризацию нелинейных дифференциальных уравнений осуществляют методом малых отклонений. При этом вместо абсолютного значения переменных в уравнении (3.1) используют их отклонения от начального значения

$$\Delta y = y - y_0; \Delta x_1 = x_1 - x_{10}.$$



В результате уравнение (3.1) становится линейным и при одной входной величине Δx может быть записано в виде

$$a_n \Delta y^n + a_{n-1} \Delta y^{n-1} + \dots + a_0 \Delta y = b_m \Delta x^m + b_{m-1} \Delta x^{m-1} + \dots + b_0 \Delta x,$$

где $a_0 \dots a_n, b_0 \dots b_m$ — постоянные коэффициенты.

Линеаризация уравнений статики. Уравнения статики элементов (систем) автоматического управления, как правило, нелинейные и могут быть представлены в виде кривой или ломаной линии.

Линеаризация нелинейных статических характеристик осуществляется несколькими способами.

Метод малых отклонений. Основан на разложении аналитической функции $y = f(x)$ в ряд Тейлора и отбрасывании малозначащих членов.

$$\Delta y = f_1(x_0) + f_1'(x_0) \Delta x_0 + \frac{1}{2} f_1''(x_0) \Delta x^2 + \dots$$

Таким образом, линеаризованное уравнение $\Delta y = a + b \Delta x$, где $a = f_1(x_0); b = f_1'(x_0)$.

Метод касательной (рис. 3.1, а). Основан на замене участка кривой прямой линией, касательной к этой кривой в точке $A(x_0, y_0)$, называемой рабочей точкой и находящейся в середине рабочего диапазона изменения Δx . Как и в предыдущем случае, линеаризованное уравнение $y = a + bx$, где $b = \text{tg } \alpha$.

Метод секущей. Основан на замене уравнения нелинейной характеристики уравнением секущей, параметры которого

определяют методом наименьших квадратов.

Первый из рассмотренных методов применяют, когда статическая характеристика задана аналитически, второй и третий — графически.

Встречаются элементы автоматической СУ, статические характеристики которых не поддаются линеаризации указанными ранее методами. Эти характеристики называют *существенно нелинейными*.

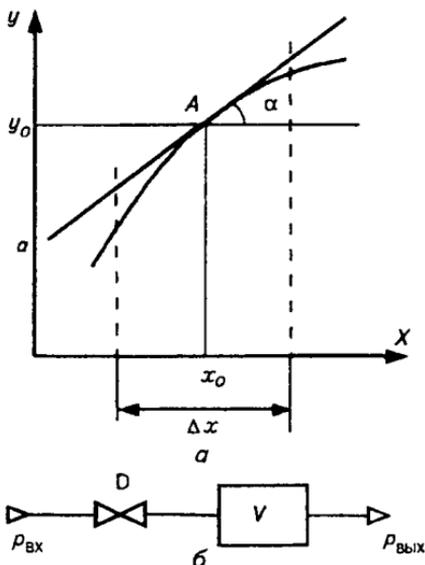


Рис. 3.1. Линеаризация статической характеристики (а) и модель пневматической камеры (б)

3.3. АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Дифференциальные уравнения простых элементов можно составить, используя закономерности протекающих в них физических явлений. Такими закономерностями могут быть: закон сохранения вещества (объект регулирования уровня, давления), закон сохранения энергии (объект регулирования температуры), законы электротехники и т. д. Уравнения статических и переходных режимов составляют на базе уравнений балансов вещества или энергии.

При составлении дифференциальных уравнений сложного объекта (или системы) он должен быть расчленен на простейшие элементы, соединенные последовательно, для каждого из которых составляют математические модели статики и динамики. Дифференциальное уравнение объекта или системы в целом получают путем исключения промежуточных величин.

Как указывалось ранее, в большинстве случаев уравнения элементов нелинейные, и потому дифференциальное уравнение системы, как правило, нелинейное и подлежит линеаризации.

В целях упрощения задачи при использовании аналитического метода построения математической модели допускают определенные упрощения (пренебрегают распределенностью параметров, исключают несущественные возмущающие воздействия и т. д.).

Проиллюстрируем применение метода на примере пневматической системы (рис. 3.1, б), состоящей из дросселя D и камеры объемом V . Входная величина системы — давление $p_{вх}$ воздуха перед дросселем, выходная — давление $p_{вых}$ за камерой. Расход воздуха через дроссель $M = \alpha(p_{вх} - p_{вых})$, где α — коэффициент расхода (проводимость) дросселя, кг/(с · Па). С другой стороны, согласно уравнению состояния идеального газа $M = pV/RT$, где R — универсальная газовая постоянная; T — температура газа, К.

Изменение массового расхода за время Δt

$$\Delta M = \frac{V}{RT} \Delta p_{вых} = \alpha(p_{вх} - p_{вых}) \Delta t.$$

Разделив обе части уравнения на $\alpha \Delta t$, получим уравнение динамики элемента

$$\frac{V}{\alpha RT} \frac{dp_{вых}}{dt} + p_{вых} = p_{вх}.$$

В статическом режиме $p_{вых} = kp_{вх}$.

Чтобы получить такое простое уравнение, был сделан ряд допущений: процесс дросселирования газа считали изотермическим и не учитывали зависимость α от Δp .

3.4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В практике синтеза автоматических СУ технологическими процессами сельскохозяйственного производства используют два метода экспериментального определения (идентификации) статических и динамических характеристик объектов автоматизации — активный и пассивный.

В первом случае испытательное воздействие стандартной формы задают искусственно, во втором — объект исследуют путем сопоставления выходных и входных величин в условиях нормальной эксплуатации объекта.

Выбор метода идентификации объекта определяется поставленной задачей, условиями опытов, эксплуатационными возмущениями и допустимыми по технологическим требованиям отклонениями исследуемых величин. Логика выбора метода будет рассмотрена далее.

Определение статических характеристик (активный метод). Уравнения статики описывают поведение объекта в установившемся состоянии, т. е. показывают взаимосвязи между входными $x(t)$ и выходными $y(t)$ координатами, когда все производные функций $x(t)$ и $y(t)$ равны нулю.

В общем виде статическая характеристика объекта с m входами (рис. 3.2, а) имеет вид

$$y_1 = f(x_1, x_2, \dots, x_m).$$

Рассмотрим процедуру определения статических характеристик объекта поэтапно.

1. Подготовка и планирование эксперимента. Изучают ТП, оборудование и устанавливают взаимные связи между выходными и входными параметрами.

2. Проведение эксперимента. Каждая входная величина изменяется ступенчато в пределах рабочего диапазона Δx и спустя $(2 \dots 3) T_y$, где T_y — длительность

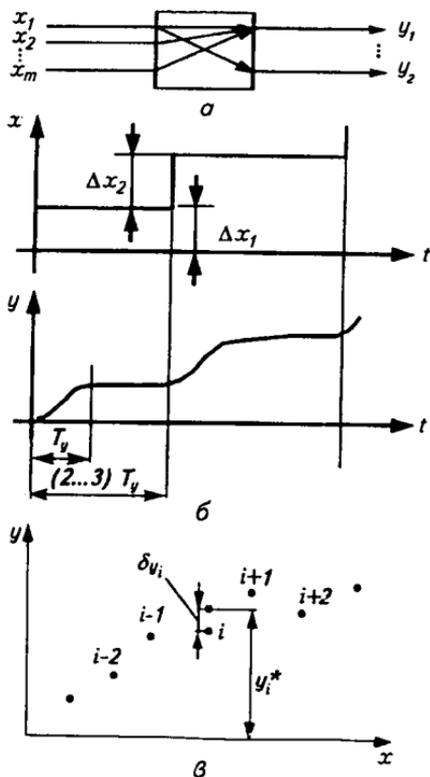


Рис. 3.2. Активный эксперимент по определению статических характеристик:

а — схема связей между входными и выходными параметрами; б — график эксперимента; в — к методу четвертых разностей

переходного процесса, фиксируют значение выходной величины y (рис. 3.2, б).

Так, для определения статических характеристик зимней теплицы с водяным обогревом устанавливают соотношения между расходом воды через регулирующий клапан и температурой воздуха в средней точке теплицы. При этом температуру измеряют после стабилизации температурного режима сооружения.

Общее число опытов

$$d = (x_{\max} - x_{\min})/\Delta x,$$

где x_{\max} , x_{\min} — верхняя и нижняя границы диапазона изменения входной величины; Δx — величина входного воздействия.

Практически рекомендуемое число опытов $d = 6 \dots 10$. Опыт повторяют по каждому из каналов исследования.

3. Обработка результатов эксперимента. Полученные зависимости $y = f(x_1, x_2, \dots)$ могут быть искажены помехой и потому подлежат сглаживанию одним из известных методов (обычно скользящего среднего или четвертых разностей).

Идея метода четвертых разностей (рис. 3.2, в) состоит в последовательном вычислении поправки для каждой экспериментальной точки i последовательно. Эту поправку вычисляют по формуле:

$$\delta y_i = y_{i-2} - 4y_{i-1} + 6y_i - 4y_{i+1} + y_{i+2},$$

в которую входят ордината i -й точки и ординаты четырех соседних с ней точек $i-2$, $i-1$, $i+1$, $i+2$.

Истинное значение

$$y_i^* = y_i + \delta y_i.$$

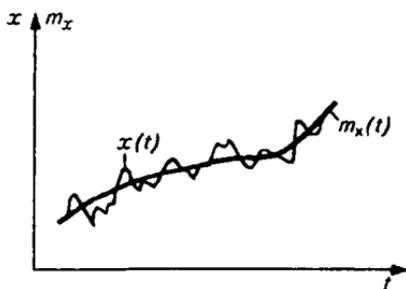
Полученная статическая характеристика, как правило, нелинейна и потому желательна ее линеаризация одним из рассмотренных ранее методов с целью аппроксимации простейшей зависимостью вида $y = a + bx$.

При двух входных воздействиях x_1 и x_2 вид аппроксимирующего выражения усложняется:

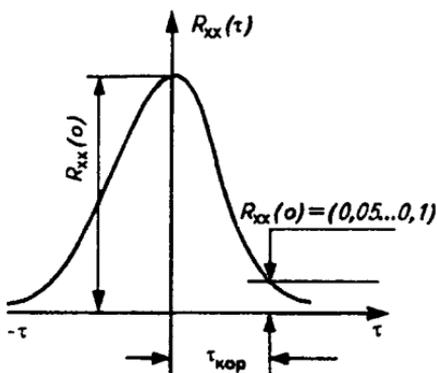
$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1x_2.$$

Определение статических характеристик (пассивный метод). Стохастические (случайные) изменения выходных величин нормально функционирующего объекта автоматизации обусловлены как случайными изменениями входных величин, так и процессами, происходящими в самом объекте, причем последующие значения случайно изменяющихся физических величин точно предсказать невозможно.

В рассмотренном ранее примере с теплицей такого рода случайно изменяющимися воздействиями являются изменения наружной тем-



а



б

Рис. 3.3. График случайного процесса (а) и автокорреляционной функции (б)

пературы, солнечной радиации или давления воды в питающей тепловой сети. С математической точки зрения такие воздействия и процессы, ими вызываемые, рассматривают как случайные функции (СФ) времени. Значение их статических характеристик позволяет определить динамические характеристики объекта автоматизации и успешно решить задачу синтеза САР. При этом обычно достаточно использования теории СФ, характеристиками случайного процесса (СП) которой служат математическое ожидание (МО) и корреляционная функция (КФ).

Математическое ожидание

СП $x(t)$ в момент времени t_i (рис. 3.3, а) есть среднее арифметическое значение для N реализаций СП:

$$m_x(t_i) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i(t_i),$$

где i — номер реализации.

Математическое ожидание СП — детерминированная величина. Случайный процесс $x(t)$, МО которого равно нулю, называют *центрированным*, $m[x(t)] = 0$.

Дисперсия характеризует интенсивность отклонения СП от МО. Ее определяют как среднее значение квадрата колебаний центрированного СП:

$$D_x(t_i) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \{x_i(t_i) - m_x(t_i)\}^2.$$

Дисперсия СП в момент t_i — детерминированная величина. Она всегда положительна.

Вместо дисперсии часто используют *среднее квадратическое отклонение* СФ

$$\sigma_x(t_i) = \sqrt{D_x(t_i)}.$$

Автокорреляционная функция характеризует связь между значениями СП в разные моменты времени t_i и t_j

$$R_{xx}(t_i, t_j) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [x_i(t_i) - m_x(t_i)][x_j(t_j) - m_x(t_j)].$$

Случайные процессы могут быть *стационарные* и *нестационарные*. К группе нестационарных относятся СП, МО и КФ, которые зависят от времени, т. е. от точки отсчета.

Автокорреляционная функция $R_{xx}(\tau)$ стационарного СП зависит только от интервала сдвига (τ) и не зависит от момента отсчета (рис. 3.3, б).

Многие СП обладают свойством *эргодичности*, которое состоит в том, что характеристики процессов, вычисленные по множеству реализаций при фиксированном времени и усреднением по времени одной реализации длиной T , совпадают.

Для СП, обладающих свойством эргодичности,

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t+\tau)dt.$$

Если интервал реализации T разделить на N дискретных интервалов времени Δt (шаг дискретизации), то оценка центрированной КФ

$$R_{xx}(\tau) \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i\Delta t)x(i\Delta t + j\Delta t). \quad (3.2)$$

Спектральная плотность характеризует частотные свойства СП (среднее значение квадрата амплитуды гармоник)

$$S_{xx}(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} R_{xx}(\tau)e^{-j\omega\tau}d\tau = 2 \int_0^{\infty} R_{xx}(\tau)\cos\omega\tau d\tau.$$

Первое из выражений для вычисления спектральной плотности связано с предварительной аппроксимацией КФ каким-либо аналитическим выражением с последующим использованием табличных интегралов. При использовании ЭВМ предпочтительно вычисление $S_{xx}(\omega)$ и $R_{xx}(\tau)$ методами численного эксперимента.

Кроме расчетных методов для получения спектральных плотностей может быть использован специальный частотный анализатор.

Спектральная плотность — четная функция частоты, причем медленно меняющиеся (низкочастотные) процессы имеют более узкий график спектральной плотности, чем быстро меняющиеся (высокочастотные) процессы.

Определение динамических характеристик. Динамические характеристики объекта автоматизации могут быть представлены в виде *амплитудной фазочастотной характеристики (АФЧХ)*, определяемой по формуле:

$$W_{об}(j\omega) = S_{yx}(\omega)/S_{xx}(\omega),$$

где $S_{xx}(\omega)$ и $S_{yy}(\omega)$ — спектральная плотность входного сигнала и взаимная спектральная плотность входного и выходного сигналов.

Если входной сигнал объекта — «белый шум», то расчетная формула упрощается, ибо его спектральная плотность $S_{xx}(\omega)$ величина постоянная и равна a .

$$W_{об}(j\omega) = S_{yx}(\omega)/a.$$

По этим формулам строят АФЧХ объекта при изменении ω от 0 до ∞ .

Подводя итоги, можно предложить следующие рекомендации по выбору метода построения модели объекта.

1. Аналитический метод дает модель, применимую для всего класса однотипных объектов, позволяющую оценить влияние конструктивно-технологических параметров объекта на его статические и динамические характеристики.

Недостаток метода — невысокая точность, поскольку его использование требует существенных упрощений задачи.

2. Экспериментальный метод дает модель, отличающуюся большой точностью и значительно меньшими трудозатратами.

Недостатки метода — невозможность применить модель для другого объекта и оценить влияние отдельных конструктивно-технологических параметров на характеристики объекта.

Пассивный эксперимент применим при высоком уровне возмущающих воздействий и в случае невозможности организовать требуемое детерминированное воздействие. В остальных случаях активный эксперимент предпочтительнее.

Перспективен экспериментально-аналитический метод. В этом случае уравнения статики и динамики составляются аналитическими методами, а коэффициенты этих уравнений находят экспериментально на реально существующих объектах.

Критерий адекватности модели и объекта — близость результата численного решения дифференциального уравнения и экспериментальной переходной характеристики.

Контрольные задания

1. Объясните необходимость применения математического моделирования при проектировании систем автоматики. 2. Объясните принцип линеаризации уравнений статики и динамики элементов (систем) автоматического управления. 3. Изложите принцип определения динамических характеристик объекта управления. 4. Покажите необходимость и порядок определения передаточной функции объекта управления.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИБОРАХ И СРЕДСТВАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В целях унификации технических систем контроля и регулирования ТП различных отраслей народного хозяйства создана Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП).

Функциональная схема ГСП включает несколько групп приборов и устройств:

- для получения информации о состоянии ТП;
- приема, преобразования и передачи информации по каналам связи;
- преобразования, хранения и обработки информации и формирования команд управления;
- использования командной информации в целях воздействия на ОУ.

Функциональная структура ГСП состоит из нескольких ветвей. Функционально-целевая структура электрической ветви ГСП, получившая наибольшее распространение в сельскохозяйственном производстве, показана на рисунке 4.1. Такую ветвь делят на пять уровней (групп) технических средств:

I — технические средства непосредственного взаимодействия с объектом автоматизации, преобразующие параметры в унифицированный электрический сигнал (средства контроля и сигнализации) или унифицированный сигнал в управляющее воздействие на процесс (исполнительные органы);

II — вторичные приборы и регуляторы со встроенным датчиком для простых локальных систем автоматизации;

III — средства централизованного контроля, регулирования и управления для сложных систем автоматизации (АСУ ТП), отличающиеся наличием цифровой обработки информации;

IV — средства контроля, регулирования и управления для централизованных АСУ ТП на базе управляющей вычислительной техники, телемеханики;

V — средства вычислительной техники для решения задач автоматизации процессов организационно-экономического управления производством и предприятиями.

В сельскохозяйственной автоматике мобильных машин и агрегатов используют также технические средства гидравлической ветви ГСП, включающей устройства двух нижних уровней (правая часть рис. 4.1):

I — средства преобразования для получения информации и воздействия на процесс;

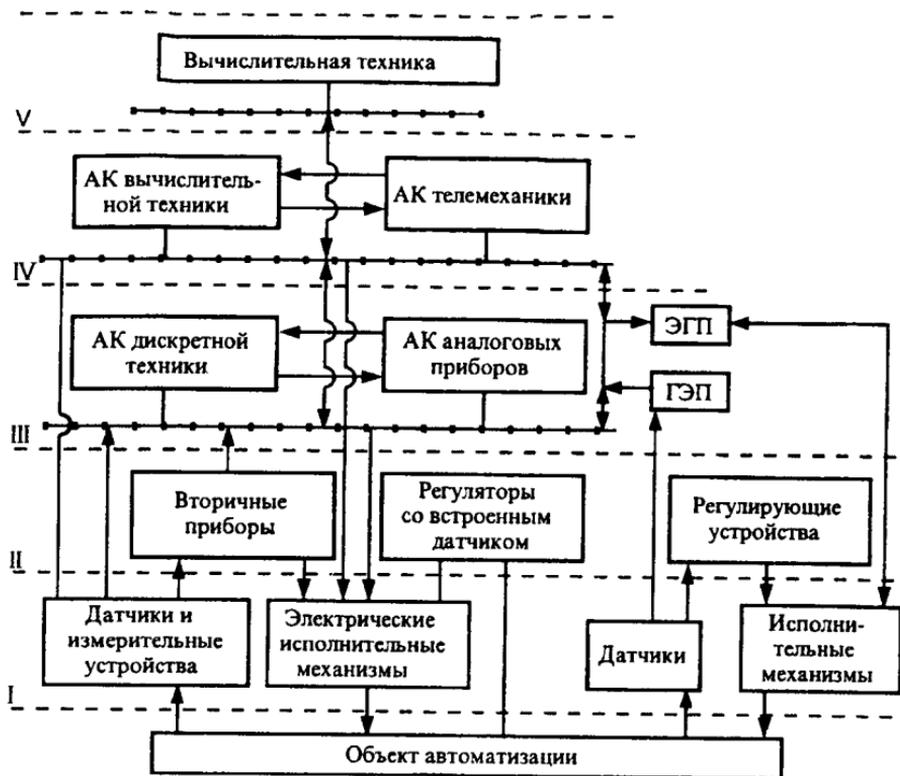


Рис. 4.1. Функционально-целевая структура электрической ветви ГСП:

АК — агрегатный комплекс

II — средства контроля и регулирования для простых локальных систем автоматизации.

Между техническими средствами электрической и гидравлической ветвей нередко существуют связи с взаимным обменом унифицированными сигналами благодаря применению электрогидравлических (ЭГП) и гидроэлектрических преобразователей (ГЭП). Это дает возможность выбрать оптимальную структуру технических средств из устройств разных ветвей ГСП.

Самый простой вариант структуры гидравлической ветви — группа приборов, работающих без вспомогательной энергии, состоящая из регуляторов прямого действия.

Входные и выходные сигналы приборов, входящие в ГСП, унифицированы:

сигнал постоянного тока 0...5; 5...0...5; 0...20 мА;

сигнал напряжения постоянного тока 0...1; 1...0...1; 0...10; 10...0...10 В;

сигнал напряжения переменного тока частотой 50 и 400 Гц
0...0,25; 0...0,5; 0...1; 0...2 В;

пневматический сигнал с пределами изменения давления
0,02...0,1 МПа.

Кроме приборов, входящих в ГСП, в сельскохозяйственной автоматике действует большое число технических средств, оперирующих неунифицированными сигналами измерительной информации. Эти технические средства вписываются только в I и II уровни функционально-целевой структуры.

В этой главе дана характеристика группы технических средств, являющихся основой самых различных автоматических систем сельскохозяйственного назначения. Основное внимание уделяют не конструктивным и метрологическим характеристикам оборудования, изучаемым в специальных курсах, а статическим и динамическим характеристикам, используемым при синтезе автоматических СУ. Результаты зависят также от выбора измерительного устройства, исполнительного механизма (ИМ) и регулирующего органа (РО).

4.2. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ И УСТРОЙСТВА

Измерительное устройство регулятора, как и всякое звено контура регулирования, характеризуется зависимостью между выходной и входной величинами в установившемся и переходном режимах. В установившемся режиме эта зависимость характеризует статическую характеристику устройства. Желательно, чтобы статическая характеристика измерительного устройства в рабочем диапазоне изменения регулируемой величины была линейной.

Измерительное устройство по сравнению с объектом управления (ОУ) должно иметь минимальные запаздывание и постоянную времени. Мощность, развиваемая измерительным устройством, должна быть больше мощности, необходимой для перемещения РО регулятором прямого действия, или достаточной для нормальной работы регулятора непрямого действия.

Тип измерительного устройства автоматического регулятора определяется:

видом регулируемого параметра (давление, температура, скорость и т. п.);

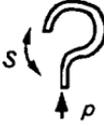
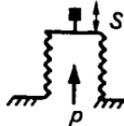
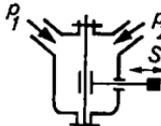
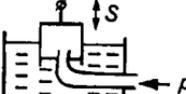
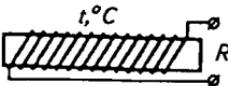
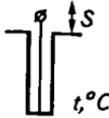
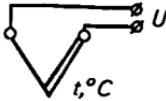
физической природой преобразуемого сигнала (температура среды в электрический импульс, в механическое воздействие и т. д.);

требуемой точностью поддержания регулируемого параметра; зависимостью показаний от условий измерения (запыленность среды, вибрация и т. п.).

Далее рассмотрим принцип действия, особенность конструкции, а также характеристики устройств для измерения давления и разрежения, температуры, уровня, расхода, перемещения и частоты вращения, применяемых в практике автоматизации ТП сельскохозяйственного производства.

Измерение давления и разрежения. Его проводят в основном с помощью механических устройств (пружины, мембраны, сильфоны), деформируемых или перемещаемых на величину, пропорциональную величине измеряемого параметра (табл. 4.1).

4.1. Измерительные преобразователи

Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
<i>Измерение давления и разрежения p</i>			
	Манометрическая пружина	Перемещение конца трубки S	Инерционное или колебательное
	Гармониковая мембрана (сильфон)	Перемещение сильфона S	То же
	Дифференциальный манометр	Перемещение мембраны S	»
	Колокольный манометр	Перемещение поплавка S	»
<i>Измерение температуры t</i>			
	Металлический терморезистор	Электрическое сопротивление R	Инерционное (безынерционное)
	Дилатометр	Перемещение стержня S	То же
	Термопара	Напряжение U	»
	Манометрический термометр	Перемещение S	»

Статическая характеристика дифференциально-трансформаторного преобразователя в пределах рабочего диапазона линейна.

Дифференциально-трансформаторные преобразователи — универсальные преобразователи перемещения в электрический сигнал для большой группы измерителей расхода, давления, уровня и других параметров.

В динамическом отношении все преобразователи перемещения представляют собой безынерционные звенья. Коэффициент их преобразования

$$K = U_{\text{п}} \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{н}} + 0,5R},$$

где $U_{\text{п}}$ — напряжение питания схемы, В; $R_{\text{н}}$ — сопротивление нагрузки, Ом; R — полное сопротивление преобразователя, Ом.

Коэффициент преобразования, В/рад, сельсинной пары в трансформаторном режиме

$$K = U_{\text{max}}/57,3,$$

где U_{max} — максимальное выходное напряжение, В.

Коэффициент преобразования, В/мм, дифференциально-трансформаторного преобразователя

$$K = \frac{2w_2}{w_1} \frac{U}{S_{\text{вх}}},$$

где w_1 и w_2 — число витков первичной и вторичной обмоток преобразователя; $S_{\text{вх}}$ — значение входной величины.

Измерение частоты вращения. Его проводят с помощью механических, гидравлических, индукционных, частотных и электрических устройств (табл. 4.1).

К механическим измерителям частоты вращения относят центробежные тахометры. При вращении вала тахометра на грузы действует центробежная сила, под действием которой они расходятся, деформируя пружину и перемещая муфту.

В динамическом отношении центробежные тахометры — колебательные звенья.

Параметры их передаточных функций зависят от конструкции измерительного устройства.

К механическим измерителям относят также гироскопы.

Гидродинамические измерители преобразуют угловую скорость вращения в давление жидкости, создаваемое насосом.

В индукционных измерителях входной вал соединен с постоянным магнитом. При вращении магнита в металлическом диске индуцируется ЭДС, которая порождает вихревые токи. От их вза-

Очевидно, статическая характеристика этого измерительного устройства нелинейна.

Для измерения количества вещества G , кг, используют скоростные или объемные счетчики, рабочий орган которых — крыльчатка, вращаемая потоком жидкости. Количество среды, прошедшей через трубопровод, пропорционально частоте вращения крыльчатки, измеряемой интегрирующим прибором.

Принцип действия у счетчиков количества газа аналогичен, но их рабочий орган имеет иную конструкцию, например в виде двух вращающихся овальных шестерен.

Объемный расход жидкости или газа можно также определить по скорости их движения с помощью пневмометрической трубки. Последнюю располагают по оси трубопровода навстречу потоку. Она воспринимает динамический напор Δp , равный разности между полным и статическим напором.

Динамический напор измеряют дифференциальным манометром. Он служит для вычисления скорости в измеряемой точке сечения.

Устройства этого типа используют для измерения расхода жидкостей или газов в трубопроводах больших диаметров и некруглого сечения.

Измерение перемещения. Его осуществляют с помощью датчиков потенциометрического типа, разных электромашинных устройств или индуктивных преобразователей (табл. 4.1).

Преобразователи потенциометрического типа включают в мостовую схему, питаемую постоянным или переменным током.

Электромашинный преобразователь — сельсин представляет собой миниатюрную электрическую машину, состоящую из статора и ротора. На статоре обычно располагают три обмотки, сдвинутые в пространстве на 120° по отношению одна к другой; а на роторе — одну обмотку. При использовании сельсинов в трансформаторном режиме одноименные зажимы обмоток статоров сельсинов датчика и приемника соединяют между собой. На обмотку ротора сельсина-датчика подают напряжение переменного тока U_p , а с ротора сельсина-приемника снимают напряжение U , значение которого пропорционально синусу угла рассогласования роторов. При этом согласованным является положение, при котором оси обмоток роторов сельсинов сдвинуты на 90° .

Дифференциально-трансформаторные преобразователи имеют три обмотки, одна из них, первичная, питается переменным током U_p , а две другие, вторичные, включены навстречу одна другой. При среднем положении плунжера напряжение U , индуцируемое во вторичных обмотках, равно нулю. При отклонении плунжера от среднего положения на выходе датчика появляется напряжение переменного тока, значение и фаза которого зависят от значения и направления отклонения.

нейного расширения. Статическая характеристика биметаллического преобразователя нелинейная. Его динамические характеристики соответствуют характеристикам инерционного звена.

В манометрическом преобразователе изменение температуры окружающей среды t вызывает изменение давления в замкнутой системе, заполненной жидкостью, парожидкостной смесью или газом. По значению перемещения конца манометрической пружины S судят о температуре среды, в которую помещен термобаллон. Статическая характеристика этого измерительного преобразователя также нелинейная. В динамическом отношении он подобен инерционному звену.

Класс точности манометрических термометров составляет 1,0...2,5. Диапазон измеряемых температур $-160...600$ °С. Длина капилляра, связывающего термобаллон с манометрической пружиной, до 60 м.

Измерение уровня. Чаще всего его осуществляют с помощью поплавка, плотность которого меньше плотности жидкости, или погружного поплавка, плотность которого больше, чем плотность жидкости (табл. 4.1). В первом случае поплавков следит за уровнем жидкости, во втором устройство действует по принципу измерения выталкивающей силы, действующей на поплавок.

Кроме поплавковых применяют также измерители, использующие массу сосуда с жидкостью, гидростатическое давление или зависимость электрического сопротивления от уровня контролируемой жидкости.

В динамическом отношении измерители уровня эквивалентны колебательным звеньям или безынерционным звеньям $W(p) = S(p)/h(p) = Kh$ с коэффициентом преобразования K , определяемым конструкцией устройства.

Измерение расхода. Это одно из самых сложных и ответственных видов измерений (табл. 4.1). Расход измеряют в массовых (m , кг/с) или объемных (V , м³/с) единицах. Связь между ними определяется соотношением $m = V\rho$, где ρ — плотность измеряемой среды, кг/м³.

Расход жидкости или газа при $\rho = \text{const}$ можно измерить с помощью специально устанавливаемого в трубопроводе сужающего устройства, перепад давления Δp на котором пропорционален расходу среды. Этот перепад измеряется дифференциальным манометром. Расходомер этого типа называют *дроссельным*. В динамическом отношении он эквивалентен безынерционному звену с коэффициентом преобразования

$$K = C\sqrt{\Delta p},$$

где C — коэффициент, значение которого зависит от геометрической формы и размеров сужающего устройства, диаметра трубопровода и плотности измеряемой среды.

водниках разной физической природы при наличии разности температур в точках их соединения (термопара).

Диапазон измерения платиновых терморезисторов — от -220 до 500°C , медных — от -50 до 180°C . Статическая характеристика металлических терморезисторов в рабочем диапазоне измеряемых температур практически линейна. Коэффициент преобразования для медных терморезисторов гр. 50М и 100М соответственно $0,214$ и $0,428 \text{ Ом}/^\circ\text{C}$, платиновых гр. 50П и 100П соответственно $0,196$ и $0,391 \text{ Ом}/^\circ\text{C}$.

Полупроводниковые терморезисторы используют для измерения температуры от -90 до 180°C . В отличие от металлических статическая характеристика полупроводниковых терморезисторов нелинейная, ее крутизна (коэффициент преобразования) с увеличением температуры падает. Существенный недостаток таких измерительных преобразователей — отсутствие взаимозаменяемости, поэтому их градуировка индивидуальна.

Термоэлектрические измерительные преобразователи (термопары), как и металлические терморезисторы, имеют линейную статическую характеристику. Коэффициент преобразования самых распространенных из них:

- хромель-алюмель — $41 \cdot 10^{-3} \text{ мВ}/^\circ\text{C}$;
- хромель-копель — $69,5 \cdot 10^{-3} \text{ мВ}/^\circ\text{C}$;
- медь-константан — $47,5 \cdot 10^{-3} \text{ мВ}/^\circ\text{C}$.

Диапазон измерения хромель-алюмелевых термопар от -50 до 100°C , а хромель-копелевых — от -50 до 600°C .

В динамическом отношении передаточные функции измерителей температуры распространенных типов могут быть аппроксимированы последовательно включенными инерционным и запаздывающим звеньями

$$W(p) = \frac{k}{Tp+1} e^{-p\tau}.$$

Параметры k , T и τ в основном зависят от конструкции преобразователя, например, для термопар — от толщины и длины металлической гильзы (чехла), защищающей измерительный преобразователь от механических воздействий или от контактов с измеряемой средой. Так, постоянная времени T находится обычно в диапазоне от 2 до 10 мин.

Работа дилатометрических и биметаллических измерительных преобразователей основана на различии коэффициентов теплового расширения твердых тел, из которых выполнены чувствительные элементы. В дилатометрическом преобразователе по значению перемещения свободного конца стержня S судят о температуре t измеряемой среды.

Свободный конец биметаллического преобразователя изгибается в сторону металла обычно с меньшим коэффициентом ли-

Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
	Частотный тахометр	Напряжение U	Безынерционное

Статическая характеристика устройств этого типа

$$S = Fp/K,$$

где F — эквивалентная площадь упругого элемента, м^2 ; p — контролируемое давление, Н/м^2 ; K — жесткость упругого элемента, м/Н .

Динамические характеристики механических измерителей давления описываются передаточной функцией (ПФ) инерционного или, если масса подвижных частей значительна, колебательного звена. Постоянная времени инерционного звена $T = \eta/K$, где η — коэффициент трения среды, давление которой измеряют в $\text{Н} \cdot \text{с/м}^2$.

Для измерения разности давлений используют дифференциальные манометры, выходная величина S которых пропорциональна разности контролируемых давлений $p_1 - p_2$. Механические измерители применяют для контроля давления от 10^{-2} до 100 МН .

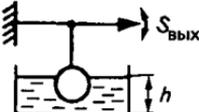
Для очень малых давлений удобны колокольные манометры. В динамическом отношении они также эквивалентны механическим. Коэффициент преобразования измерителя

$$K = 0,1 \frac{F_c}{F_k \rho},$$

где F_c и F_k — площади сосуда и стенок колокола, м^2 ; ρ — плотность жидкости, кг/м^3 .

Кроме механических применяют электрические измерители давления, использующие тензодатчики, пьезорезисторы, магнитоупругие элементы и т. д. В динамическом отношении эти измерители соответствуют безынерционным звеньям, коэффициент преобразования усиления которых определяется конструктивными особенностями измерителя.

Измерение температуры. Его проводят на основе зависимости некоторых физических параметров измерителя от температуры (табл. 4.1). Работа этой группы преобразователей основана на тепловом расширении твердых тел, жидкостей или газов (биметаллические, дилатометрические, манометрические измерители), на изменении сопротивления проводников и полупроводников (терморезисторы) или изменении термоЭДС, возникающей в двух про-

Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
	Поплавок	Перемещение $S_{\text{вых}}$	Безынерционное (колебательное)

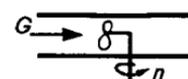
Измерение расхода G



Дроссельный расходомер

Перепад давления Δp

Безынерционное



Счетчик

Частота вращения n

То же

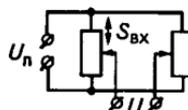


Пневмометрическая трубка

Перепад давления Δp

»

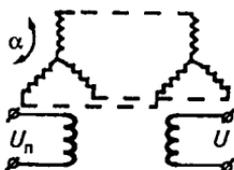
Измерение перемещения S, α



Мост постоянного и переменного тока

Напряжение U

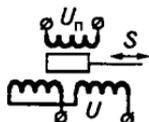
Безынерционное



Сельсинтрансформатор

То же

То же



Дифференциально-трансформаторный преобразователь

»

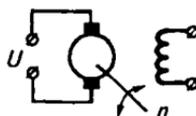
Измерение частоты вращения n



Механический тахометр

Перемещение S

Колебательное



Электрический тахометр

Напряжение U

Безынерционное

имедействия с полем постоянного магнита возникает момент вращения, значение которого пропорционально частоте вращения входного вала.

Действие электромашинных измерителей частоты вращения (электрических тахометров) основано на зависимости развиваемой генератором постоянного тока ЭДС U от частоты вращения ротора n .

В динамическом отношении электрический тахометр подобен безынерционному звену с коэффициентом преобразования

$$K = k_k \Phi,$$

где k_k — коэффициент, зависящий от конструкции: числа пар полюсов, числа проводников обмотки якоря и числа параллельных ветвей; Φ — магнитный поток, Вб.

Обычно значение коэффициента передачи тахогенератора находится в пределах $0,06 \dots 1,15 \text{ В} \cdot \text{с/рад}$.

При измерении частоты вращения рабочих органов мобильных сельскохозяйственных агрегатов часто применяют импульсные измерители скорости, преобразующие угловую скорость в частоту следования импульсов некоторого значения (тока, светового потока, излучения и т. д.). В динамическом отношении эти измерительные устройства также подобны безынерционному звену с коэффициентом передачи $K = n/2\pi$, где n — число зубцов или отверстий вращающегося диска.

4.3. АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

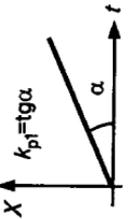
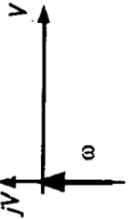
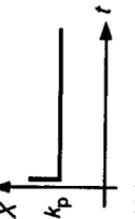
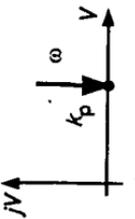
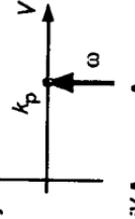
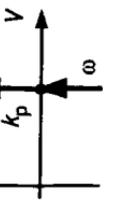
Устройство, которое воспринимает разность между текущим и заданным значениями регулируемой величины и преобразует ее в воздействие на РО в соответствии с заложенным в регулятор законом регулирования, называют *автоматическим регулятором*.

Напомним, что элементы типового регулятора — это измерительный преобразователь, задатчик, усилитель и собственно регулирующее устройство, которое вырабатывает сигнал рассогласования текущего и заданного значения регулируемой величины, усиливает его и корректирует в соответствии с законом регулирования, вырабатывая сигнал регулирующего воздействия.

Большинство систем автоматического регулирования включает также ИМ, преобразующий командный сигнал от регулятора в соответствующее воздействие на РО.

Основные типы регуляторов — позиционные и непрерывного действия. Последние, в свою очередь, делят на пропорциональные (П), пропорционально-интегральные (ПИ) и пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) регуляторы (табл. 4.2).

4.2. Характеристики автоматических регуляторов

Закон	Дифференциальное уравнение	Передаточная функция	Передаточная характеристика	АФЧХ	Параметры настроек
П	$X(t) = k_p y(t)$	k_p			k_p
И	$X(t) = k_{pI} \int y(t) dt$	$\frac{k_{pI}}{p}$			k_{pI}
ПД	$X(t) = k_p [y(t) + T_{нр} \frac{dy(t)}{dt}]$	$k_p(1 + T_{нр} p)$			$k_p, T_{нр}$
ПИ	$X(t) = k_p [y(t) + \frac{1}{T_n} \int y(t) dt]$	$k_p \left(\frac{1 + T_n p}{T_n p} \right)$			k_p, T_n
ПИД	$X(t) = k_p [y(t) + \frac{1}{T_n} \int y(t) dt + T_{нр} \frac{dy(t)}{dt}]$	$k_p \left(1 + \frac{1}{T_n p} + T_{нр} p \right)$			$k_p, T_n, T_{нр}$

Пропорциональный (П) регулятор. Он перемещает РО на значение x , пропорциональное отклонению регулируемой величины y от заданного значения.

Дифференциальное уравнение регулятора (p означает запись в операторной форме)

$$x(p) = k_p y(p).$$

Таким образом в динамическом отношении П-регулятор подобен безынерционному (пропорциональному) звену.

Параметр настройки П-регулятора — коэффициент пропорциональности k_p , равный перемещению РО x при отклонении регулируемой величины y на единицу ее изменения.

При выборе структурной схемы любого реального регулятора, в том числе и пропорционального, решающее значение имеет передаточная функция (ПФ) исполнительного механизма, которая может соответствовать ПФ интегрирующего или пропорционального звена. К первой группе относятся электродвигательные ИМ, обеспечивающие постоянную скорость перемещения РО, ко второй — пневматические мембранные ИМ, у которых перемещение РО пропорционально регулирующему воздействию.

Структурная схема П-регулятора с ИМ первого типа приведена на рисунке 4.2, а. Закон регулирования формируется с помощью отрицательной обратной связи (ОС) по положению РО, т. е. на вход устройства ОС $W_{oc}(p)$ поступает сигнал x с преобразователя перемещения ИМ.

В соответствии с правилами преобразования структурных схем ПФ регулятора имеет вид

$$W_p(p) = \frac{x(p)}{y(p)} = \frac{W_{yc}(p)W_{ИМ}(p)}{1 + W_{yc}(p)W_{ИМ}(p)W_{oc}(p)}.$$

При большом коэффициенте усиления $W_{yc}(p)$ ПФ упрощается

$$W_p(p) \approx \frac{1}{W_{oc}(p)}. \quad (4.1)$$

Для того чтобы формула (4.1) была тождественна ПФ идеального П-регулятора $W_p(p) = k_p$, необходимо выполнить условие $W_{oc}(p) = 1/k_p$.

Таким образом, ОС должна быть выполнена в виде безынерционного звена с коэффициентом усиления $k_{oc} = 1/k_p$. Такую ОС называют *жесткой*. Соответственно, параметр настройки П-регулятора — коэффициент пропорциональности k_p задается параметрами звена ОС.

Переходная характеристика реального П-регулятора несколько отличается от характеристики идеального в начальной своей части из-за ограниченной скорости ИМ.

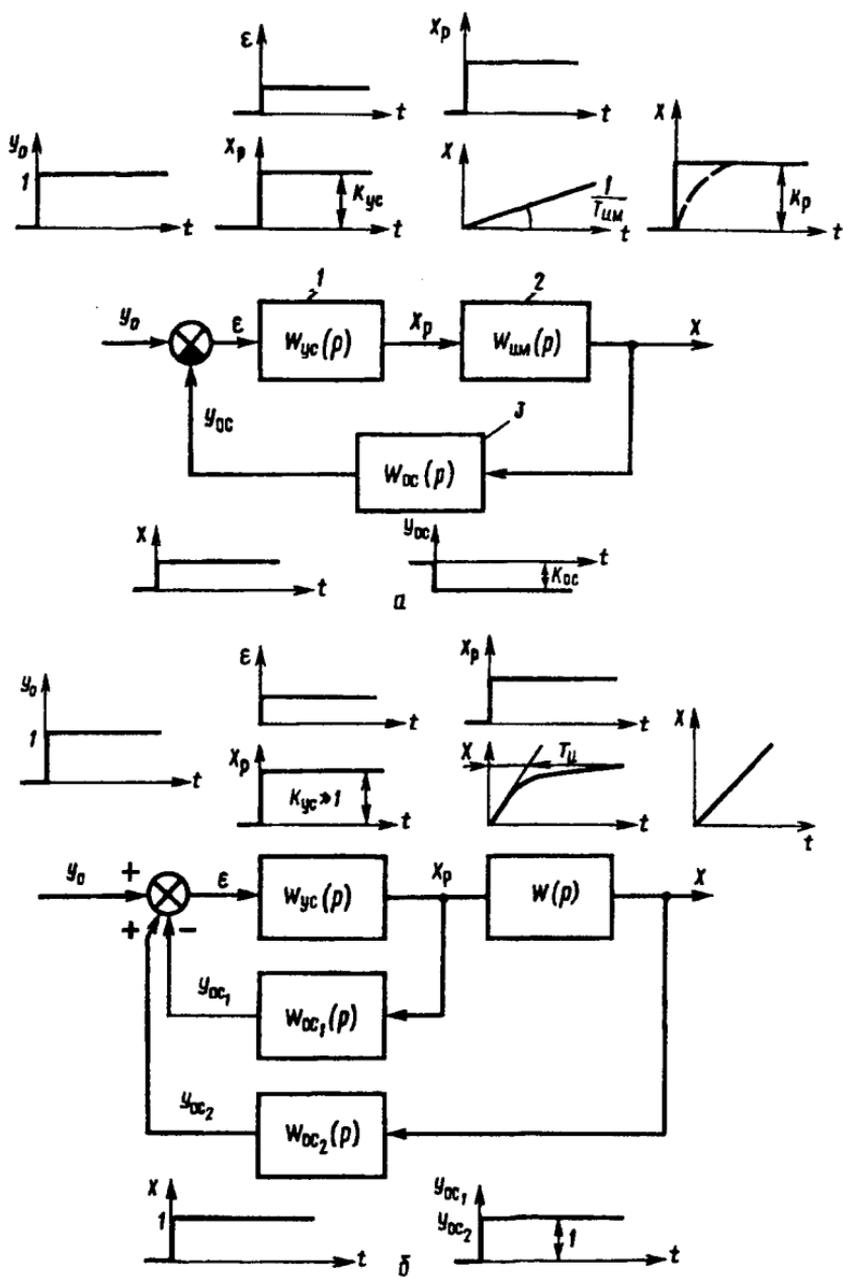


Рис. 4.2. Структурные схемы П-регулятора (а) и И-регулятора (б):
 1 — усилитель; 2 — исполнительный механизм; 3 — цепь обратной связи

Пропорциональные регуляторы позволяют устойчиво работать практически в любых технологических системах. Однако их недостаток — зависимость регулируемой величины от нагрузки объектов.

Интегральный (И) регулятор. Он перемещает РО пропорционально интегралу от сигнала рассогласования.

Уравнение регулятора (в операторной форме)

$$x(p) = \frac{k_{pi}}{p} y(p).$$

Таким образом, в динамическом отношении И-регулятор подобен интегрирующему звену. Параметр настройки И-регулятора k_{pi} — коэффициент пропорциональности — характеризует зависимость скорости перемещения регулирующего органа от значения отклонения регулируемого параметра.

Структурная схема серийного П-регулятора показана на рисунке 4.2, б. Передаточные функции элементов схемы определяются следующими выражениями

$$W_{yc}(p) = k > 1; W(p) = \frac{1}{T_i p + 1}; W_{oc_1}(p) = W_{oc_2}(p) = 1. \quad (4.2)$$

Передаточная функция всей схемы

$$W(p) = \frac{W_{yc}(p)W(p)}{1 + W_{yc}(p)W_{oc_1}(p) - W_{yc}(p)W(p)W_{oc_2}(p)}. \quad (4.3)$$

После подстановки в формулу (4.3) значений ПФ из формулы (4.2), деления числителя и знаменателя на k и отбрасывания за малостью $1/k$ получаем ПФ И-регулятора (T_i — постоянная времени ИМ, величина, обратная k_{pi})

$$W(p) = 1/T_i p.$$

И-регуляторы поддерживают параметр без его отклонений, однако могут устойчиво работать только на объектах, имеющих значительное самовывравнивание.

Пропорционально-дифференциальный (ПД) регулятор. Он перемещает РО на значение x , пропорциональное сумме отклонения и скорости (дифференциала) отклонения регулируемой величины $y(p)$.

Уравнение регулятора (в операторной форме)

$$x(p) = k_p(1 + T_d p)y(p).$$

Таким образом, в динамическом отношении ПД-регулятор подобен системе из двух параллельно включенных звеньев: безынер-

ционного с коэффициентом пропорциональности k_p и дифференциального с коэффициентом $k_p T_d$.

Пропорционально-интегральный (ПИ) регулятор. Он перемещает РО на величину x , пропорциональную сумме отклонения и интеграла от отклонения регулируемой величины y .

Уравнение регулятора (в операторной форме)

$$x(p) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} \right) y(p).$$

Таким образом, в динамическом отношении ПИ-регулятор подобен системе из двух параллельно включенных регуляторов: пропорционального с коэффициентом пропорциональности k_p и интегрального с коэффициентом пропорциональности k_p/T_i . Отсюда следует, что у ПИ-регулятора два параметра настройки: коэффициент пропорциональности k_p и время удвоения T_i . При этом T_i , как следует из таблицы 2, может быть определено как время, за которое выходной сигнал регулятора x изменяется от k_p до $2k_p$, т. е. удваивается.

Структурная схема ПИ-регулятора показана на рисунке 4.3 в двух вариантах: с охватом и без охвата ИМ отрицательной ОС.

В первом варианте (рис. 4.3, а) устройство ОС должно иметь характеристику реального дифференцирующего звена

$$W_{OC}(p) = k_d \frac{T_d p}{T_d p + 1},$$

где k_d и T_d — коэффициент усиления и постоянная времени дифференцирующего звена.

Тогда, как было отмечено ранее, при достаточно большом коэффициенте усиления $W_{yc}(p)$ ПФ регулятора

$$W_p(p) = \frac{1}{k_d} \frac{T_d p + 1}{T_d p}, \text{ или } W_p(p) = k_p \frac{T_i p + 1}{T_i p},$$

если принять $T_d = T_i$ и $k_p = 1/k_d$.

Таким образом, в первом варианте исполнения регулятора ПФ исполнительного механизма не влияет на формирование закона регулирования, который полностью определяется характеристикой устройства ОС. В серийных ПИ-регуляторах этого типа в качестве ОС используют различные электрические, пневматические или гидравлические устройства — аналоги реально дифференцирующего звена. Такую ОС называют *упругой* или *гибкой*.

Во втором варианте исполнения ПИ-регулятора (рис. 4.3, б)

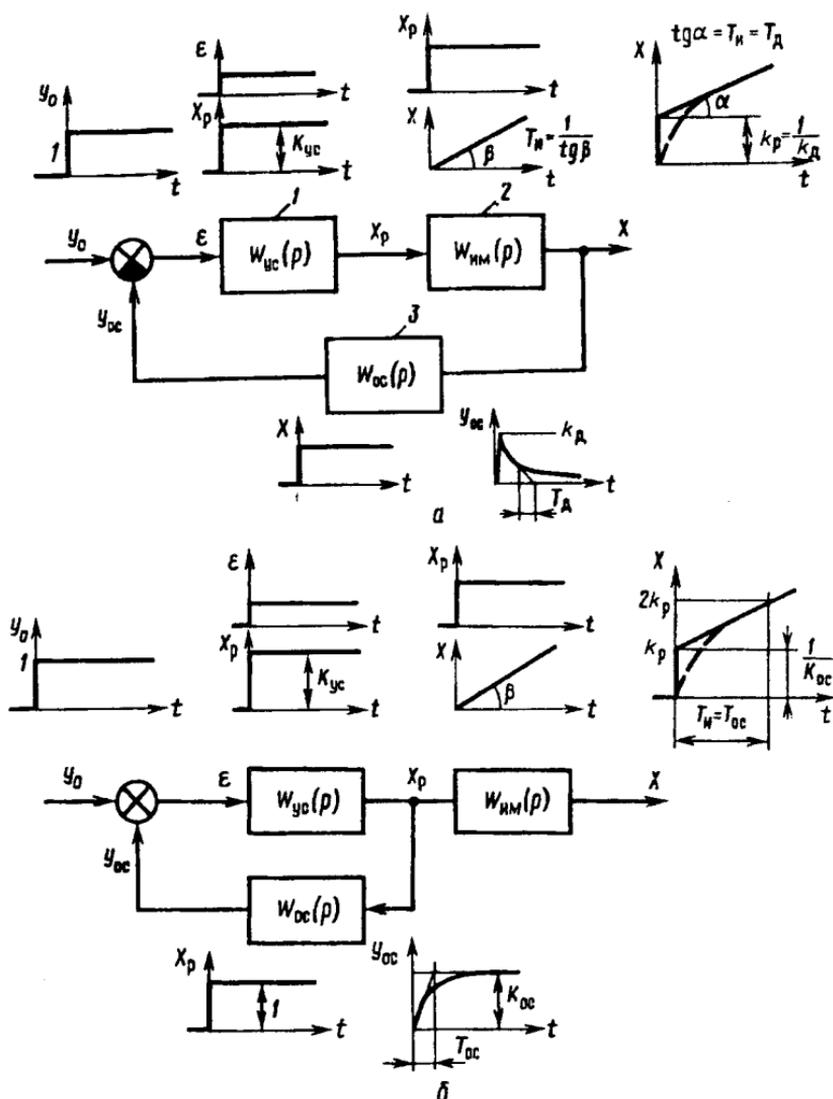


Рис. 4.3. Структурные схемы ПИ-регулятора с охватом (а) и без охвата (б) ИМ цепью отрицательной обратной связи:

1 — усилитель; 2 — исполнительный механизм; 3 — обратная связь

возможны два случая, когда исполнительный механизм имеет характеристику интегрирующего или пропорционального звена.

В обоих случаях при достаточно большом коэффициенте усиления $W_{yc}(p)$ имеем

$$W_p(p) = \frac{1}{W_{OC}(p)} W_{IM}(p).$$

Если $W_{IM}(p) = \frac{1}{T_{OC} p}$, а ОС выполнена в виде апериодического

звена 1-го порядка $W_{OC}(p) = \frac{k_{OC}}{T_{OC}(p)+1}$, то получаем ПФ ПИ-регулятора

$$W_p(p) = \frac{1}{k_{OC}} \frac{T_{OC} p + 1}{T_{OC} p} = k_p \frac{T_i p + 1}{T_i p}, \quad (4.4)$$

где оба параметра настройки $k_p = 1/k_{OC}$ и $T_i = T_{OC}$ также определяются параметрами узла ОС.

Если у ИМ характеристика пропорционального звена, то для реализации ПИ-регулятором закона регулирования звено ОС должно иметь характеристику реального дифференцирующего звена.

При увеличении постоянной времени T_i такой ПИ-регулятор превращается в П-регулятор, а устройство ОС — в безынерционное звено.

В большинстве серийно выпускаемых электрических регуляторов, использующих ИМ с постоянной скоростью перемещения и имеющих структурную схему (рис. 4.3, б), в качестве второй ступени усиления используют трехпозиционный релейный элемент.

Такой принцип реализован в большом числе регуляторов, используемых в сельскохозяйственном производстве (Р-25, РС-29, РП-4 и др.).

ПИ-регуляторы, отличаясь простотой конструкции, обеспечивают высокое качество стабилизации параметра независимо от нагрузки объекта.

Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор. Он перемещает РО пропорционально отклонению, интегралу и скорости отклонения регулируемой величины.

Уравнение регулятора (в операторной форме)

$$x(p) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p \right) y(p).$$

Таким образом, в динамическом отношении ПИД-регулятор подобен системе из трех параллельно включенных звеньев: про-

порционального — с коэффициентом пропорциональности k_p , интегрального — с k_p/T_i и дифференцирующего — с $k_p T_d$.

Соответственно, у ПИД-регулятора параметров настройки три: коэффициент пропорциональности k_p , время интегрирования T_i и время дифференцирования T_d .

На практике аналоговый ПИД-регулятор выполняют по той же структурной схеме, что и ПИ-регулятор (рис. 4.3, а), но устройство ОС $W_{OC}(p)$ в этом случае должно иметь ПФ вида апериодического звена второго порядка. Обычно ПИД-закон регулирования реализуют путем включения последовательного корректирующего устройства в виде интегрально-дифференцирующего звена.

Позиционный (релейный) регулятор. Он вырабатывает сигнал, который перемещает РО в одно из фиксированных положений (позиций). Этих положений может быть два, три и более, соответственно различают двух-, трех- и многопозиционные регуляторы.

Уравнение автоматической системы регулирования с позиционным регулятором определяется статической характеристикой регулятора.

Статическая характеристика наиболее распространенного из этой группы регуляторов — двухпозиционного показана на рисунке 4.4, а.

Величина $2a$ определяет зону неоднозначности регулятора. При изменении входной величины y (она же — выходная величина объекта) относительно заданного значения на a выходная величина x (регулирующее воздействие) скачком достигнет своего максимального значения B_1 . При уменьшении x на то же значение a выходная величина также скачком достигнет значения B_2 , причем в общем случае $B_1 \neq B_2$.

Таким образом, двухпозиционные регуляторы имеют два параметра настройки: зона неоднозначности $2a$ и регулирующее воздействие B .

Характерная особенность системы регулирования с двухпозиционным регулятором — автоколебательный характер изменения регулируемой величины y . Параметры автоколебаний — амплитуда A_k и период T зависят от свойств объекта регулирования ($T_{об}$, $K_{об}$, τ) и параметров настройки регулятора.

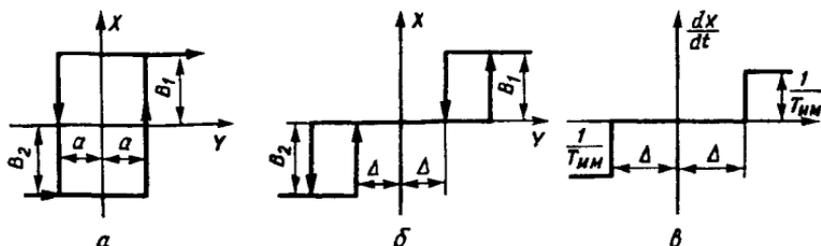


Рис. 4.4. Статические характеристики позиционных регуляторов (а...в)

Трехпозиционные регуляторы (рис. 4.4, б) в отличие от двухпозиционных кроме двух устойчивых положений — «больше» B_1 и «меньше» B_2 — обеспечивают еще и третье — «норма». Органы настройки трехпозиционного регулятора позволяют устанавливать зону нечувствительности 2Δ и значение регулирующего воздействия V .

Преимущества трехпозиционного регулирования перед двухпозиционным заключаются в отсутствии автоколебаний при изменении $-\Delta < u < +\Delta$ и малом значении амплитуды колебаний регулируемой величины.

Позиционные регуляторы могут работать также и с ИМ, обеспечивающими постоянную скорость перемещения РО. Статическая характеристика такого регулятора приведена на рисунке 4.4, в. В соответствии с этой характеристикой скорость перемещения РО dx/dt изменяется скачкообразно, достигая значения $1/T_{\text{им}}$, где $T_{\text{им}}$ — время полного хода ИМ.

Релейные регуляторы кроме зоны нечувствительности имеют также и зону неоднозначности.

Системы автоматического регулирования с позиционными регуляторами применяют при автоматизации ТП сельскохозяйственного производства. Это стало возможным благодаря таким их преимуществам, как простота технических способов управления энергетическими потоками, удобство сочетания релейного элемента с ИМ постоянной скорости, перемещающим РО, а также благодаря дешевизне, надежности и простоте настройки самих регулирующих устройств.

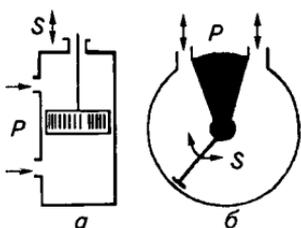
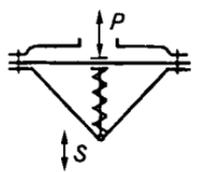
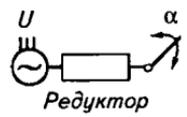
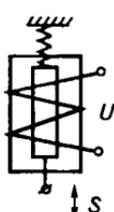
4.4. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Устройство, преобразующее управляющий сигнал регулятора в перемещение РО, называют *исполнительным механизмом*. Такое устройство обычно состоит из исполнительного двигателя, передаточного или преобразующего узла (например, редуктора), а также систем защиты, контроля и сигнализации положения выходного элемента, блокировки и отключения. Передаточная функция ИМ входит в ПФ регулятора, и потому ИМ должен обладать достаточным быстродействием и точностью, с тем чтобы осуществлять перемещение РО с возможно меньшим искажением закона регулирования.

Наиболее характерна классификация ИМ по виду потребляемой энергии (табл. 4.3) на гидравлические, пневматические и электродвигательные или электромагнитные.

Гидравлические ИМ. Они состоят из управляющего и исполнительного элементов. Обычный вариант первого элемента — золотник, второго — гидроцилиндр. Последний, в свою очередь, реализует поступательное (а) или вращательное (б) движение выходного

4.3. Исполнительные механизмы

Схема	Наименование	Вход	Выход	Выходная мощность, Вт
 <p>а б</p>	Поршневые двигатели с поступательным (а) и вращательным (б) движением поршня	Давление 0,1...10 МПа	Механическое перемещение	$10^{-2} \dots 5 \cdot 10^4$
	Пневматический мембранный двигатель	Давление 0,1...0,5 МПа	То же	До 200
 <p>Редуктор</p>	Электродвигательный исполнительный механизм	Напряжение	Механическое вращение	До $4 \cdot 10^4$
	Электромагнитное соленоид	То же	Механическое перемещение	До $1,4 \cdot 10^3$

вала (табл. 4.3). В гидравлических ИМ входная величина — перемещение управляющего устройства или давление жидкости на поршень p , а выходная — перемещение (поворот) выходного вала S .

Постоянная времени реального гидравлического ИМ при больших скоростях перемещения поршня сильно возрастает, что объясняется резким увеличением сил поршня вязкого трения, но все-таки с достаточной точностью его характеристики совпадают с характеристиками интегрирующего звена, постоянная времени которого прямо пропорциональна площади поршня и обратно пропорциональна $\sqrt{p_1 - p_2}$, где p_1 и p_2 — давление нагнетания и слива рабочей жидкости.

Гидравлические ИМ обладают очень большим быстродействием и выходной мощностью, и потому их применяют в системах автоматизации мобильных сельскохозяйственных машин и агрегатов.

Пневматические ИМ. По устройству аналогичны гидравлическим. Они получили широкое распространение благодаря высокой надежности, простоте конструкции и возможности получения достаточно больших усилий.

Крутизна статической характеристики пневматического ИМ находится в прямой зависимости от площади мембраны и в обратной — от коэффициента жесткости пружины (несколько возрастает по мере ее сжатия). Соответственно, при малых изменениях выходного параметра S динамику механизма можно представить характеристиками безынерционного звена, причем коэффициент передачи которого несколько убывает с увеличением S .

Общие недостатки пневматических и гидравлических ИМ — сложность операций по их наладке и, главное, необходимость специальных компрессорных (насосных) установок для их питания.

Электродвигательные ИМ. В них используют электродвигатели постоянного и переменного тока, в том числе асинхронные двухфазные с полым ротором, с конденсаторами в цепи обмотки управления, а также асинхронные трехфазные двигатели. Исполнительные двигатели постоянного тока имеют независимое возбуждение или возбуждение от постоянных магнитов. Управляют этими двигателями, изменяя напряжение на якоре или на обмотке возбуждения (якорное или полюсное управление).

В большинстве конструкций электрических ИМ применяют двухфазные и трехфазные асинхронные двигатели.

Асинхронный двухфазный двигатель приближенно можно рассматривать как инерционное звено, если выходная величина — угловая скорость ротора, или как два последовательно соединенных звена — интегрирующее и инерционное, если выходная величина — угол α поворота ротора (табл. 4.3).

Значение коэффициента передачи зависит от способа управления двигателем, а постоянная времени — от сигнала управления, возрастая с уменьшением пускового момента двигателя от 0,1 до 0,2 с (для полого ротора с обмоткой типа «беличьей клетки»).

Передаточная функция асинхронного трехфазного двигателя совпадает с ПФ инерционного звена.

Коэффициент преобразования и постоянную времени определяют по механической характеристике двигателя и рабочей машины.

Большинство электродвигательных ИМ работает в режиме, когда скорость перемещения не зависит от значения отклонения регулируемого параметра от заданного. Такой ИМ состоит из асинхронного электродвигателя, редуктора, концевых и путевых выключателей, датчиков (преобразователей), тормозного устройства и ручного привода.

Электродвигатель с редуктором служит для преобразования электрической энергии в механическую, достаточную для перемещения РО.

Концевые выключатели используют для отключения пускателя при достижении РО крайних положений, а путевые выключатели — для ограничения диапазона перемещения РО в автоматическом режиме.

Датчики положения формируют сигнал, пропорциональный углу поворота выходного вала ИМ. Этот сигнал используется индикатором положения на пульте оператора, а также, возможно, в качестве сигнала ОС по положению ИМ (для формирования П-закона регулирования, например).

Ручной привод обеспечивает возможность ручной перестановки РО при нарушении работы электрической части механизма.

Включение-отключение электродвигателя по команде регулирующего устройства осуществляется через средство электромагнитного или полупроводникового релейного устройства-пускателя.

Реверс электродвигателя электромагнитного ИМ с трехфазным электродвигателем обеспечивается изменением схемы подключения двух фаз.

После размыкания силовых контактов (рис. 4.5, а) и отключения напряжения питания электродвигателя выходной вал ИМ останавливается не сразу, а продолжает в течение некоторого времени движение по инерции. Так называемый «выбег» может существенно ухудшать качество регулирования. Уменьшают выбег с помощью тормоза, представляющего собой электролитический конденсатор C , подключаемый через размыкающие блок-контакты $KM1$ и $KM2$ к одной из статорных обмоток электродвигателя. В результате этого в статорной обмотке появляется ток, наводящий в статоре магнитное поле, которое, взаимодействуя с вращающимся ротором, создает противодействующий вращению тормозной момент, уменьшающий выбег ИМ.

Главный недостаток электромагнитного релейного пускового устройства — невысокая надежность. Значительно лучшие характеристики имеет полупроводниковое релейное устройство (рис. 4.5, б).

Основу устройства составляют два тиристорных ключа на симисторах $VS1$ и $VS2$, которыми управляют с помощью сигналов «Больше» — «Меньше», вырабатываемых регулятором или оператором. Каждый из тиристорных ключей включен в цепь питания одной из статорных обмоток электродвигателя.

При отсутствии управляющих сигналов тиристорные ключи разомкнуты и электродвигатель неподвижен.

Включение симистора происходит в результате подачи на уп-

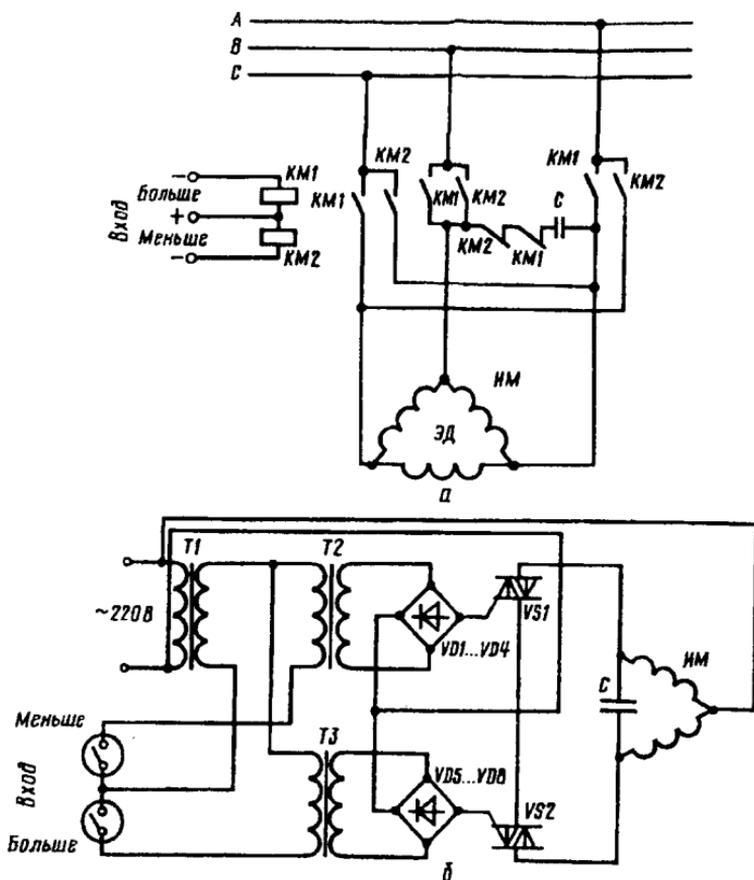


Рис. 4.5. Схемы управления ИМ:

a — с трехфазным асинхронным электрическим двигателем; *б* — с однофазным конденсаторным электрическим двигателем

равляющий электрод отрицательного напряжения, вырабатываемого соответствующим выпрямительным мостом, питаемым от разделительного трансформатора *T2* (*T3*) при наличии командного сигнала от регулятора или оператора.

Трансформатор *T1* разделяет управляющие и силовые цепи. Реверсирование электродвигателя осуществляется изменением схемы подключения обмоток, при этом одна обмотка подключается к сети непосредственно, а вторая — через фазосдвигающий конденсатор *C*.

Таким образом, движение ИМ может быть описано системой уравнений, соответствующих движению ИМ в сторону открытия, неподвижному состоянию и движению в сторону закрытия,

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{\text{ИМ}} \frac{dy}{dt} = 1 \quad \text{при} \quad x > 0; \\ T_{\text{ИМ}} \frac{dy}{dt} = 0 \quad \text{при} \quad -\Delta < x < \Delta; \\ T_{\text{ИМ}} \frac{dy}{dt} = -1 \quad \text{при} \quad x < -\Delta, \end{array} \right.$$

где $T_{\text{ИМ}}$ — время, равное времени движения ИМ из одного крайнего положения в другое; Δ — зона нечувствительности релейного устройства.

Характеристика ИМ — существенно нелинейная, но линейные законы регулирования могут быть реализованы и с этим механизмом при использовании регулятора с импульсным выходом.

Электромагнитные ИМ. Они представляют собой соленоиды и электромагнитные муфты. Соленоидный ИМ — это катушка, стягивающее усилие которой при подаче управляющего сигнала U перемещает якорь на расстояние S , преодолевая сопротивление пружины.

Статическая характеристика электромагнитных ИМ, как правило, нелинейная, и их используют в системах позиционного регулирования.

Электромагнитные муфты могут быть фрикционными, порошковыми или асинхронными. Фрикционная муфта состоит из двух полумуфт, посаженных на ведущий и ведомый валы. В одной из полумуфт расположена обмотка возбуждения. При подаче на нее напряжения полумуфты сдвигаются и возникающая сила трения приводит их в движение. Такие муфты также применяют в системах позиционного регулирования и защиты оборудования при аварийных нарушениях его работы.

Принцип действия порошковой муфты основан на изменении вязкости ферромагнитной массы, заполняющей муфту. При подаче на катушку напряжения вязкость ферромагнитной массы возрастает и передаваемый момент увеличивается.

В муфтах скольжения момент вращения передается посредством магнитного поля, создаваемого обмоткой, расположенной на ведущей полумуфте. При ее вращении в ведомой полумуфте, как в роторе асинхронного двигателя, индуцируется ток, от взаимодействия которого с магнитным полем возникает момент вращения, увлекающий ведомую полумуфту за ведущей.

Порошковые и асинхронные электромагнитные муфты могут быть использованы и в системах непрерывного регулирования. В этом случае их характеризует ПФ инерционного звена с постоянной времени 0,03...0,25 с (для порошковых) и 0,11...0,45 с (для асинхронных муфт).

4.5. РЕГУЛИРУЮЩИЕ ОРГАНЫ

Устройство, позволяющее изменять направление или расход потока вещества или энергии в соответствии с требованиями ТП, называют *регулирующим органом* (РО).

Работоспособность РО определяется его характеристиками: диапазоном регулирования и рабочей расходной характеристикой.

Отношение максимального расхода среды G_{\max} к минимальному G_{\min} , соответствующему перемещению РО из одного крайнего положения h_{\min} в другое h_{\max} , называют *диапазоном регулирования*

$$R = G_{\max}/G_{\min}.$$

Зависимость расхода среды от положения РО h называют *рабочей расходной характеристикой*

$$G = f(h).$$

При разработке, выборе и наладке РО для обеспечения возможности эффективного управления ТП в широком диапазоне нагрузок и при разных режимах следует обеспечить достаточный диапазон регулирования и линейную рабочую характеристику в пределах этого диапазона. Используемые в сельскохозяйственном производстве РО можно разделить на три группы.

Регулирующие органы объемного типа (рис. 4.6, а). Они изменяют расход среды за счет изменения ее объема (например, ленточ-

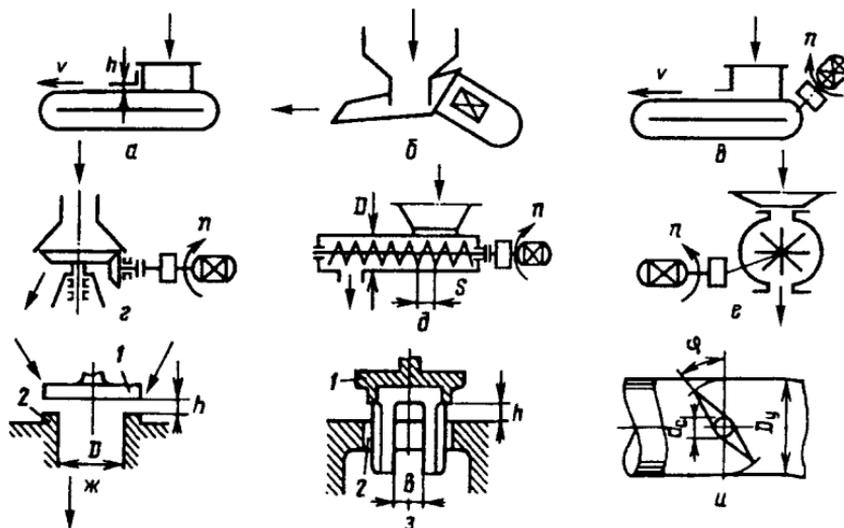


Рис. 4.6. Регулирующие органы:

а — ленточный питатель (объемный); б — вибрационный питатель; в — ленточный питатель (скоростной); г — тарельчатый питатель; д — шнековый питатель; е — секторный питатель; ж — тарельчатый клапан; з — золотниковый клапан; и — поворотная заслонка

ные питатели-дозаторы компонентов кормовых смесей). Материал на ленту поступает непосредственно из бункера через воронку в его нижней части. На фронтальной грани воронки в вертикальных направляющих перемещается заслонка, посредством которой осуществляется регулирование производительности питателя.

Для исключения заклинивания ленты высота щели h между заслонкой и лентой должна быть не менее $(2,5...3)d_{\max}$, где d_{\max} — максимально возможный размер частиц материала.

Регулирующие органы скоростного типа. Они изменяют производительность РО за счет изменения его частоты вращения. К РО этого типа относят устройства для регулирования частоты вращения вытяжных вентиляторов систем вентиляции животноводческих помещений, шнековых питателей-дозаторов и т. д.

В связи с большим разнообразием физико-химических свойств дозируемых компонентов кормов, других сыпучих материалов и условий, в которых работают эти РО, известно большое число конструкций их рабочих органов. Эти органы, как правило, состоят из активных элементов, обеспечивающих перемещение дозируемого материала, ограничивающих элементов, формирующих поток, и вспомогательных элементов.

Рациональный выбор рабочего органа и его конструктивное оформление в значительной степени обеспечивают надежность устройства и точность дозирования.

Вибрационные питатели (рис. 4.6, б) предназначены для подачи из бункера, не имеющего дна, мелко- и крупнокусковых материалов. Подачу материала регулируют изменением амплитуды выпрямленного напряжения, подводимого к электромагнитам питателя. Электромагниты, жестко связанные с корпусом лотка, заставляют его вибрировать с определенной частотой. Материал вследствие небольшого наклона лотка перемещается к его концу со скоростью, зависящей от амплитуды питающего напряжения. Достоинства вибрационных питателей — отсутствие вращающихся частей, плавное и практически безынерционное регулирование производительности.

Ленточные питатели (рис. 4.6, в) предназначены для выдачи сыпучих материалов с различными размерами фракций. Производительность питателя зависит от размеров фракций материала и скорости перемещения ленты v . Последнюю можно изменить с помощью частоты вращения электропривода или бесступенчатого вариатора, управляемого ИМ.

Тарельчатые питатели (рис. 4.6, г) предназначены для подачи из бункеров преимущественно мелкозернистых и мелкокусковых материалов. Тарельчатый питатель представляет собой круглый плоский диск (тарель), устанавливаемый под бункером и вращаемый специальным приводом желательнo с возможностью регулирования частоты вращения n .

Между бункером и тарелью устанавливают манжеты и нож, с

помощью которых осуществляется регулирование сечения потока материала. Более точное регулирование осуществляют поворотом ножа или изменением частоты вращения тарели. Производительность питателя зависит от изменения физических свойств материала, высыпавшегося на тарель.

Шнековые питатели (рис. 4.6, д) более всего пригодны для выдачи мелкозернистых и мелкодисперсных материалов.

Производительность шнекового питателя пропорциональна квадрату диаметра рабочего винта D , шагу S и частоте его вращения n .

Секторные питатели (рис. 4.6, е) предназначены для выдачи мелкозернистых материалов. Основа конструкции секторного питателя — вращающийся барабан, разделенный радиальными перегородками на несколько секторов.

В частном случае (барабанный питатель) сектор может быть и один. Секторный питатель устанавливают под бункером. Материал выдается за счет поочередного заполнения и опорожнения секторов в процессе вращения ротора.

Производительность регулируют, изменяя частоту n вращения рабочего органа.

Недостатком питателя является зависимость степени заполнения секторов от числа оборотов n вращения ротора.

Регулирующие органы дроссельного типа. Они изменяют расход вещества за счет изменения скорости и площади сечения потока жидкости или газа при прохождении его через дросселирующее устройство, гидравлическое сопротивление которого — переменная величина.

Регулирующие клапаны (рис. 4.6, ж и з) отличаются формами плунжера 1 и седла 2.

Каждая конструкция характеризуется прежде всего зависимостью площади проходного сечения F клапана от положения плунжера.

Для тарельчатого клапана, показанного на рисунке 4.6, ж, эту характеристику называют конструктивной и рассчитывают по формуле ($h_{\max} = 0,25D$)

$$F = \pi Dh,$$

где D — диаметр отверстия, м.

Для золотникового клапана (рис. 4.6, з) с прямоугольным сечением окон

$$F = nbh,$$

где n — число окон; b и h — ширина и высота окна, м.

Поворотные заслонки (рис. 4.6, и) круглой или прямоугольной формы предназначены в основном для регулирования расхода газо-

образных сред при малых перепадах давления на регулирующем органе.

Зависимость площади проходного сечения от угла поворота заслонки имеет вид

$$F=0,78D_y^2(1-\cos\varphi),$$

где D_y — диаметр условного прохода круглой или равной ей по площади прямоугольной заслонки, численно равный внутреннему диаметру круглой заслонки, м; φ — угол поворота заслонки, изменяющийся от 0 до φ_{\max} .

Работоспособность системы автоматического управления в значительной мере зависит от правильности выбора регулирующего органа. Выбирают конкретный РО по данным справочников или каталогов в соответствии с наибольшим значением пропускной способности.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите уровни деления электрических средств автоматики. 2. Назовите принцип действия устройств для измерения давления и разрежения. 3. Поясните принцип действия устройств для измерения температуры. 4. Каков принцип действия устройств для измерения уровня и расхода? 5. Изложите принцип действия устройств для измерения перемещения и частоты вращения объектов. 6. Какую функцию выполняет автоматический регулятор? 7. Перечислите основные виды автоматических регуляторов. 8. Какую функцию выполняет исполнительный механизм в системах автоматики? 9. Какую функцию выполняет регулирующий орган в системах автоматики?

Глава 5

МЕТОДЫ СИНТЕЗА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

5.1. ВЫБОР РЕГУЛЯТОРА И ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ

Тип регулятора и закон управления (регулирования) выбирают в зависимости от технологических показателей, свойств ОУ, а также требований к качеству процесса регулирования.

Свойства объекта управления в первом приближении могут быть оценены по отношению времени запаздывания τ к постоянной времени объекта T_{06} : τ/T_{06} . Чем это отношение больше, тем задача автоматизации сложнее, и потому рекомендуют:

при $\tau/T_{06} < 0,2$ позиционный регулятор;

при $0,2 \leq \tau/T_{06} \leq 1$ регулятор непрерывного действия;

при $\tau/T_{06} > 1$ импульсный или цифровой регулятор.

Приведенные рекомендации, однако, не исчерпывающие. Так, позиционные системы регулирования характеризуются автоколебаниями регулируемой величины, и если технология автоматизи-

руемого процесса не допускает автоколебательного режима, то возможно применение регулятора непрерывного действия.

Одна из основных характеристик качества процесса регулирования — *точность*, оцениваемая значением статической ошибки, т. е. остаточным отклонением регулируемой величины от заданного значения по окончании переходного процесса.

В реальных системах статическая ошибка не должна выходить за пределы, допускаемые технологией автоматизируемого процесса.

Большинство остальных показателей качества характеризует работу системы в переходных режимах. Эти показатели могут быть разделены на две группы: определяемые непосредственно по кривой переходного процесса и косвенным показателям.

К первой группе показателей (рис. 5.1, а) относят:

динамическое отклонение y_1, y_2, y_3 , измеряемое в единицах регулируемой величины y и характеризующее ее отклонение от установившегося (заданного) $y_{уст}$ значения;

время регулирования t_p , характеризующее быстродействие системы и охватывающее отрезок времени от момента нанесения возмущения до момента, когда отклонение войдет в заранее заданные минимальные пределы. Время регулирования зависит от свойств объекта, закона и параметров настройки регулятора. Минимальные значения t_p имеют апериодические переходные процессы регулирования;

степень затухания ψ , характеризующую интенсивность затухания колебательного переходного процесса. Степень затухания измеряют в долях (или в процентах)

$$\psi = (y_1 - y_3)/y_1.$$

Изменяя параметры настройки регулятора, можно получить степень затухания от нуля, когда система находится на границе устойчивости, до $\psi = 1$ для апериодических процессов. Обычно приемлемые значения степени затухания 0,75...0,9.

Изменяя параметры настройки автоматического регулятора,

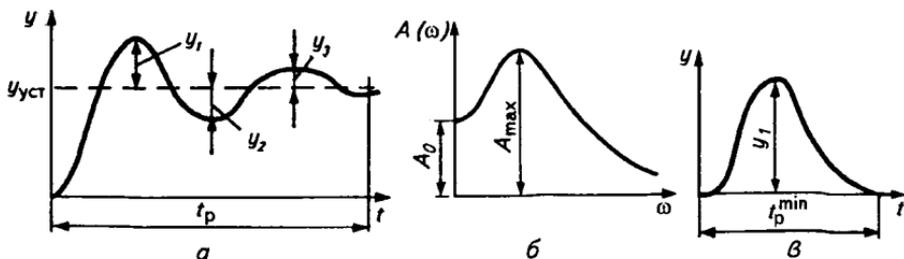


Рис. 5.1. Переходный процесс в автоматической системе регулирования:

а — периодический; б — амплитудно-частотная характеристика; в — апериодический

при любом законе регулирования можно получить различное перерегулирование: от нуля при апериодическом переходном процессе до 100 % при установившемся незатухающем колебательном процессе.

В практике автоматизации наибольшее распространение получили апериодические переходные процессы и процессы с 20%-ным перерегулированием.

Ко второй группе показателей относят:

степень устойчивости α определяется расстоянием ближайшего корня (или пары корней) характеристического уравнения замкнутой системы от мнимой оси. Именно эти корни дают в переходном процессе составляющую, которая затухает медленнее остальных;

степень колебательности m определяется по расположению корней характеристического уравнения относительно мнимой оси. Степень колебательности m связана со степенью затухания ψ соотношением

$$\psi = 1 - e^{-2\pi m};$$

показатель колебательности M определяют по амплитудно-частотной характеристике замкнутой системы (рис. 5.1, б):

$$M = A_{\max}/A_0.$$

Чем дальше система от границы устойчивости, тем меньше A_{\max} и M . Обычно значения M составляют 1,2...2,4.

Недостаток перечисленных показателей качества в том, что каждый из них характеризует только один признак переходного процесса.

Общую характеристику переходного процесса дают интегральные оценки (критерии) качества, учитывающие одновременно и максимальные отклонения регулируемой величины, и время регулирования.

Линейная интегральная оценка описывается уравнением

$J_1 = \int_0^{\infty} \Delta y(t) dt$, где $\Delta y(t)$ — разность между текущим и заданным значениями регулируемой величины.

Линейная интегральная оценка может быть использована для характеристики только апериодических процессов регулирования. Для колебательных переходных процессов, когда положительные полуволны чередуются с отрицательными, алгебраическая сумма площадей не может характеризовать качество работы системы управления.

Апериодический процесс применяют в тех случаях, когда не допускается перерегулирование, требуется минимальное время регулирования, а динамическое отклонение y_1 может быть довольно большим (рис. 5.1, в).

Квадратичную интегральную оценку проводят по уравнению $J_2 = \int_0^{\infty} \Delta y^2(t) dt$ и используют для характеристики колебательных

процессов, поскольку изменение знака отклонения регулируемой величины Δy не сказывается на оценке.

В зависимости от особенностей автоматизируемого процесса и действующих возмущений наилучшими могут быть признаны переходные процессы, характеризуемые различными показателями или критериями качества, а также их сочетаниями (например, заданная степень затухания ψ при минимуме интегрального квадратичного критерия J_2).

Все рассмотренные ранее показатели и критерии качества рассчитаны на оценку качества переходного процесса при отработке детерминированных воздействий (ступенчатой формы и др.). Между тем реальные системы обрабатывают возмущения случайного характера.

Если входной сигнал случайно изменяющийся $x(t)$, то и выходной сигнал $y(t)$ тоже случайный.

Качество работы таких систем оценивают значением среднеквадратичного отклонения или дисперсией выходного сигнала.

5.2. МЕТОДЫ СИНТЕЗА ОДНОКОНТУРНЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ

В задачи синтеза автоматических систем регулирования входят выбор закона регулирования и определение параметров настройки регулятора, обеспечивающих заданное или оптимальное качество переходных процессов.

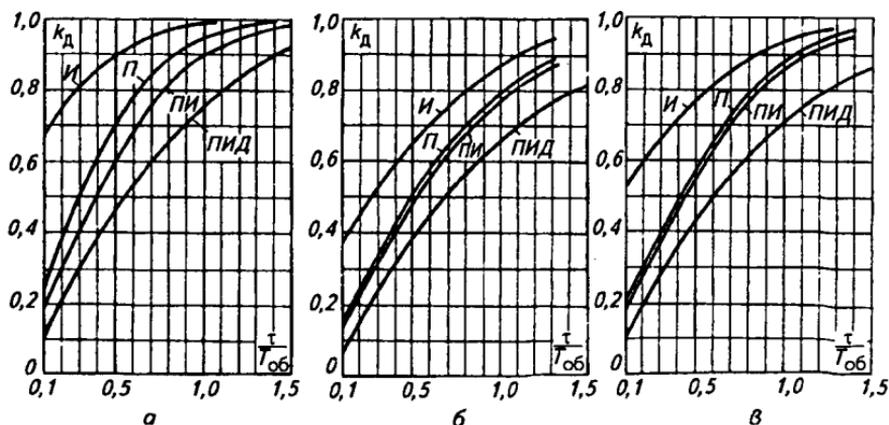


Рис. 5.2. Номограммы для выбора закона регулирования:

а — переходный процесс без перерегулирования; б — с 20 %-м перерегулированием; в — с минимумом J_2

Выбор закона регулирования основывается на требованиях к качеству стабилизации параметра, динамических характеристиках объекта регулирования и характеристиках возмущающих воздействий. При этом значение возмущающих воздействий оценивают по входному регулирующему воздействию x , обеспечивающему их компенсацию.

При выборе закона регулирования обычно используют номограммы (рис. 5.2), составленные для трех наиболее распространенных типов переходных процессов: без перерегулирования; с 20%-ным перерегулированием и с минимумом J_2 .

На номограммах представлены И-, П-, ПИ- и ПИД-регуляторы. С увеличением инерционности объекта, характеризуемой отношением $\tau/T_{об}$, и изменением коэффициента усиления регулятора k_d должны быть использованы более сложные законы регулирования [4].

Выбор закона регулирования завершается проверкой обеспечения регулятором допустимых времени и ошибки регулирования.

5.3. МЕТОДЫ СИНТЕЗА МНОГОКОНТУРНЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Если объект регулирования имеет неудовлетворительные динамические характеристики, то требуется усложнение закона регулирования или переход от одноконтурной системы к многоконтурной, включающей в себя дополнительные (корректирующие) импульсы по возмущениям или вспомогательным выходным координатам.

В зависимости от корректирующего импульса многоконтурные автоматические системы регулирования (СР) делят на комбинированные, каскадные, с вводом производной от промежуточной регулируемой величины и взаимосвязанные системы.

Синтез комбинированных автоматических СР. Если на объект регулирования действует одно или несколько возмущающих воздействий и каналы передачи этих воздействий имеют меньшую инерционность, чем каналы передачи регулирующего воздействия, то обычная одноканальная СР, действующая по отклонению регулируемой величины, оказывается неэффективной и требуемое качество регулирования может быть обеспечено работой комбинированной, т. е. действующей по отклонению и по возмущению, СР.

Синтез каскадных автоматических СР. Этот тип многоконтурных СР рекомендуется в том случае, если основной вид возмущения — поступающее по каналу регулирующее воздействие. При этом сам объект, характеризуемый значительной инерционностью, должен иметь промежуточную (вспомогательную) регулируемую величину менее инерционную, чем основная.

Синтез автоматических СР с выводом производной от промежуточной регулируемой величины y_1 . Такие системы — вариант каскадной СР и рекомендуются для случая, когда регулируемый параметр распределен по пространственной координате (например, по длине объекта), а регулирующее воздействие подается на его вход.

В результате воздействия дополнительного импульса dy_1/dt процесс компенсации возмущений начнется раньше, чем произойдет существенное отклонение y .

Однако в установившемся режиме дополнительное воздействие должно сниматься, иначе регулятор будет поддерживать y с ошибкой. Именно поэтому дополнительное воздействие формируется с помощью дифференциала dy/dt .

Синтез многосвязных автоматических СР. Этот тип многоконтурных СР рекомендуется в том случае, если ОУ характеризуется системой взаимных связей между выходными параметрами (одно регулирующее или возмущающее воздействие оказывает влияние на несколько выходных параметров).

Динамику многосвязных объектов описывают системой дифференциальных уравнений, а в преобразованном по Лапласу виде — матрицей ПФ.

Если рабочие частоты двух контуров регулирования различны, то взаимное влияние контуров незначительно и их можно рассчитывать независимо.

Если инерционность прямых и перекрестных каналов примерно одинакова, то параметры рассчитывают по эквивалентной ПФ или вводят в структурную схему компенсирующие связи, т. е. рассчитывают систему связанного регулирования.

Система связанного регулирования обеспечивает принцип автономности — взаимную независимость выходных координат при работе замкнутых СР. Автономность достигается организацией перекрестных компенсирующих связей по одному из двух вариантов: в виде прямых и обратных перекрестных компенсирующих связей.

Системы могут быть автономными по отношению к задающим или возмущающим воздействиям, причем оба признака одновременно не реализуются.

Сложно реализуется система связанного регулирования при числе связей $n > 2$, поскольку число перекрестных компенсирующих связей увеличивается до $n(n - 1)$.

5.4. СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ И НЕСТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Большинство автоматических систем характеризуется запаздыванием, определяемым свойствами объекта или наличием в СР периодически действующих регуляторов.

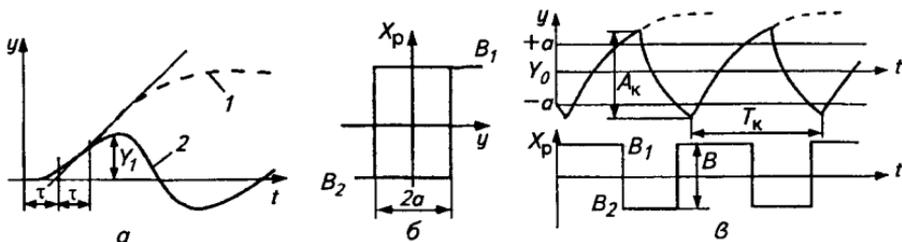


Рис. 5.3. Переходные процессы в системах регулирования:

a — с запаздыванием (*1* — кривая разгона; *2* — переходный процесс); *б* — статическая характеристика; *в* — установившиеся колебания системы двухпозиционного регулирования

Многоемкостные объекты, кривая разгона *1* которых имеет S-образную форму, характеризуются переходным запаздыванием τ (рис. 5.3, *a*). Чем вредно запаздывание? Переходный процесс (временного интервала первых 2τ после выхода СР из равновесия) повторяет кривую разгона, и потому динамическая ошибка y_1 тем больше, чем больше τ .

Классический способ улучшения качества регулирования — применение регуляторов, обеспечивающих компенсацию чистого запаздывания.

Существенное улучшение качества регулирования при особо неблагоприятных динамических характеристиках объекта ($\tau/T_{об} > 3$) обеспечивает пропорционально-дифференциальный регулятор.

Если возмущение, изменяющее динамику объекта, можно измерить, то лучший прием, обеспечивающий высокое качество регулирования, — параметрическая компенсация, т. е. автоматическое изменение параметров настройки регулятора. Соответствующая операция выполняется по команде вычислительного устройства, обрабатывающего информацию о состоянии объекта в соответствии с заранее разработанным алгоритмом.

5.5. СИНТЕЗ СИСТЕМ ПОЗИЦИОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

При синтезе автоматических СР с двухпозиционным регулятором следует учитывать, что даже в отсутствие возмущений такие системы находятся в режиме установившихся колебаний. Поэтому выбранные параметры регулятора — зона неоднозначности $2a$ и величина регулирующего воздействия B (рис. 5.3, *б*) — должны обеспечить минимальную амплитуду A_k и максимальный период T_k автоколебаний, а среднее значение регулируемой величины $y_{ср}$ возможно более близкое к заданному значению y_0 (рис. 5.3, *в*).

Уменьшение зоны неоднозначности $2a$ снижает не только амплитуду A_k , но и период автоколебаний T_k . При этом если первое

обстоятельство должно несомненно приветствоваться, поскольку улучшает эксплуатационные характеристики автоматизируемого процесса, то второе сокращает срок службы релейных элементов и электрических нагревателей.

При малых $2a$ амплитуда колебаний у пропорциональна B , а среднее значение регулируемой величины u_{cp} — действующим в системе возмущениям. Коэффициент пропорциональности определяется инерционностью объекта, характеризуемой отношением $\tau/T_{об}$.

Существует большое число способов улучшения качества двухпозиционного регулирования.

Самые простые из них — это регулирование неполным притоком и (или) оттоком энергии. По сути своего влияния эти способы аналогичны уменьшению регулирующего воздействия, но их гораздо проще осуществить. Аналогичный эффект достигается и при включении ступенчатого импульсного прерывателя в выходные цепи регулятора (релейно-импульсное регулирование).

5.6. ЦИФРОВЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Цифровые автоматические системы (ЦАС) реализуются на базе миниЭВМ или микропроцессоров. По сравнению с традиционными (аналоговыми) они обеспечивают квантование регулируемой величины и регулирующего воздействия, причем как по уровню, так и по времени.

Квантование по уровню необходимо из-за ограниченной разрядности входных и выходных преобразователей ЦАС. Квантование по времени — из-за ограниченного быстродействия ЭВМ. В результате управляющие воздействия выдаются через определенные промежутки времени (интервалы дискретности).

Преимущества ЦАС: стабильность характеристик и отсутствие дрейфа; высокая точность и разрешающая способность; возможность реализации очень сложных алгоритмов (за счет программного обеспечения); возможность управления медленно меняющимися процессами; экономичность за счет возможности иметь до 50...100 контуров регулирования; помехоустойчивость и др.

Цифровые автоматические системы на базе миниЭВМ (рис. 5.4, а). На базе мини-ЭВМ создаются централизованные ЦАС, в которых используют разнообразные периферийные устройства связи с ОУ и оператором.

Входные (ВВ), например аналого-цифровые, и выходные (ВД), например цифро-аналоговые, преобразователи позволяют вводить в ЭВМ аналоговую и цифровую (дискретную) информацию, а также вырабатывать регулирующие воздействия на аналоговые исполнительные механизмы (ИМ) и регуляторы (Р).

Станция управления (СтУ) служит для сопряжения средств вы-

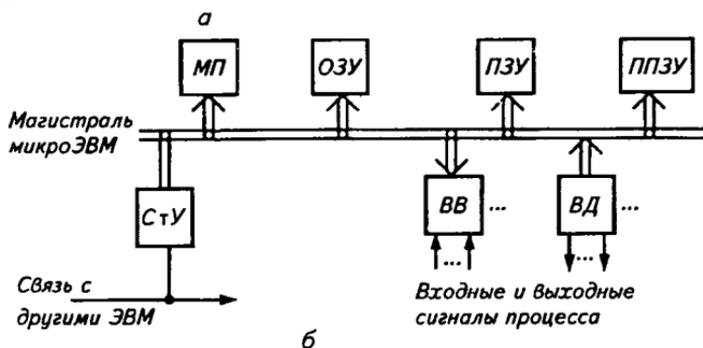
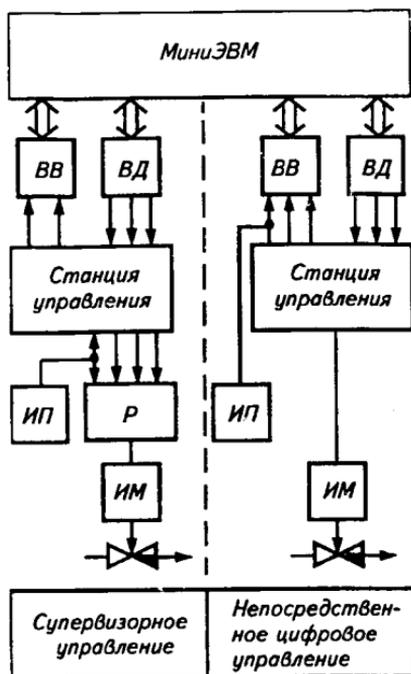


Рис. 5.4. Функциональные схемы цифровой (а) и микропроцессорной (б) автоматических систем

числительной техники с исполнительным механизмом (ИМ) и регулятором (Р). ЭВМ решает большое число задач управления. Это требует разработки сложных операционных систем реального времени, а также специальных языков программирования.

Микропроцессорные ЦАС. По сравнению с ЦАС на миниЭВМ они надежнее и дешевле за счет функциональной и пространственной децентрализации. Первое обстоятельство увеличивает надежность путем резервирования отдельных элементов ЦАС,

второе — сокращает длину коммуникаций за счет приближения устройства управления к ТП.

Микропроцессорная ЦАС (МП-регулятор) представляет собой микроЭВМ со всеми необходимыми для выполнения функций регулирования устройствами (рис. 5.4, б).

Все модули регулятора объединены общей магистралью, и их число можно изменять. При этом отдельные модули сами могут содержать микропроцессор (МП). Программы распределяют в памяти так, чтобы при исчезновении питания не потерять постоянную информацию, в том числе и операционную систему. В простейшем случае операционной системы может и не быть, и тогда ЭВМ, решив одну задачу, вновь переключается на ее начало.

Перепрограммируемое запоминающее устройство (ППЗУ) хранит структурную схему и параметры настройки ЦАС. Эти данные определяют, какие программы постоянного запоминающего устройства (ПЗУ) и в какой последовательности выполняются.

Содержимое оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) — информация, меняющаяся в процессе работы регулятора.

Для ВВ и ВД используют преобразователи с 12-разрядной разрешающей способностью. Через СтУ осуществляют сопряжение ЦАС с внешними устройствами. Данные передают последовательным или параллельным кодом. Число контуров для МП ЦАС — до 16.

По условиям работы человек должен иметь возможность вмешиваться в работу ЦАС. Кроме того, управляющие сигналы ЦАС (они квантованы по уровню и времени) должны быть преобразованы в аналоговые. Эти задачи решают с помощью СтУ. Кроме того, СтУ запоминает задающие и регулирующие воздействия в промежутках времени между получением новых значений от ЦАС, индицирует регулируемую переменную, задающее и регулирующее воздействия, обеспечивает безударный переход из «автоматического» режима в «дистанционный» и обратно, а также и другие функции.

На базе микроЭВМ можно строить децентрализованные ЦАС, которые дешевле и надежнее рассмотренных ранее.

5.7. УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НЕПОЛНОЙ НАЧАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Все рассмотренные ранее системы функционировали в условиях, когда статические и динамические характеристики ОУ, а также и характеристики возмущающих воздействий известны. Такие системы относятся к системам с полной начальной (априорной) информацией об ОУ.

Возможны, однако, случаи, когда характеристики ОУ и действующих на него возмущений неизвестны или изменяются с течением времени непредвиденным образом. Системы управления

такими объектами относятся к системам с неполной начальной информацией об ОУ. Эту недостающую информацию приходится получать в процессе работы системы.

Системы, в которых способ функционирования автоматически изменяется для улучшения управления объектом, называют *адаптивными (самоприспосабливающимися)*. Адаптация такой системы к изменившимся условиям работы осуществляется путем изменения параметров, или изменения параметров и структуры. Первую систему называют *самонастраивающейся*, а вторую — *самоорганизующейся*.

Если по мере накопления опыта работы системы изменяются параметры, структура и алгоритм управления, то систему называют *самообучающейся*.

Один из видов самонастраивающихся систем — системы *экстремального управления (СЭУ)*.

В отличие от рассмотренных ранее систем автоматической стабилизации, в которых заданные значения регулируемой величины были неизменными или изменяющимися по определенной программе, СЭУ дополнительно ведут автоматический поиск требуемого оптимального значения регулируемой величины или некоторого показателя качества при изменяющихся внешних условиях работы объекта.

В общем случае задача СЭУ — поддержание максимального (минимального) значения некоторого показателя, существенно изменяющегося в зависимости от условий работы объекта.

Экстремальное регулирование применяют, например, для поддержания оптимальной скорости движения машинно-тракторного агрегата, обеспечивающей минимальный расход топлива на единицу обработанной площади. Естественно, структурная схема СЭУ должна включать в себя устройство автоматического поиска экстремума.

По способу поиска СЭУ подразделяют на системы с автоколебательным и принудительным поиском. В первом случае поисковые колебания генерируются самой системой, во втором используется автономный источник колебаний.

СЭУ можно разделить также на одно- и многомерные в зависимости от того, сколько переменных входит в экстремальную функцию качества. В одномерных системах экстремум достигается за счет изменения одной независимой переменной. Структурная схема такой СЭУ приведена на рисунке 5.5, а. Рассмотрим возможные способы функционирования такого устройства для простейшего случая зависимости экстремума характеристики J от одной переменной y .

1. Способ последовательных шагов (рис. 5.5, б) заключается в организации принудительного изменения величины y на некоторое значение Δy относительно начальной точки A . Новые значения J сравнивают с тем, которое было, и если эта разность поло-

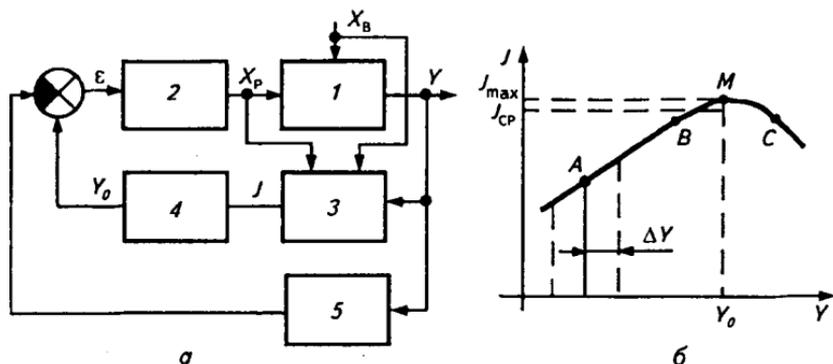


Рис. 5.5. Схема экстремальной автоматической СУ (а) и график поиска экстремума (б):

1 — объект управления; 2 — управляющий элемент; 3 — устройство автоматического поиска экстремума; 4 — исполнительный механизм; 5 — измерительное устройство; x_B — возмущающее воздействие; x_p — регулирующее воздействие; ϵ — ошибка управления

жительная, то y получает новое приращение Δy того же знака. Если новое значение J окажется меньше старого, то знак Δy меняют на обратный и опыт повторяют. В результате система выходит на экстремум J и колеблется вокруг него в пределах, зависящих от значения Δy .

2. Способ производной основан на использовании знака производной dJ/du при принудительном (пробном) изменении y . Если находят максимум J , то изменение знака с плюса на минус должно иметь следствием изменение знака Δy .

3. Способ запоминания экстремума характеризуется тем, что система все время работает на увеличение (уменьшение) J , и как только это условие будет выполнено, соответствующий максимум (минимум) J запоминается, и далее система реагирует на отклонение J от этого нового значения.

4. Способ наложения гармонических колебаний заключается в наложении на медленно меняющуюся входную величину гармонических колебаний, в результате чего фаза выходных колебаний при прохождении точки экстремума будет меняться на 180° . Выделяя эти колебания полосовым фильтром и используя фазовый дискриминатор, можно держать систему вблизи экстремума.

Как видно, в каждом из рассмотренных способов система не просто останавливается на экстремуме J , а совершает вокруг него установившиеся автоколебания, частота и амплитуда которых должны быть такими, чтобы качество ТП не страдало. Рабочая точка регулятора будет перемещаться по дуге BC , и среднее значение J_{cp} будет отличаться от максимального J_{max} на величину $J_{max} - J_{cp}$, называемую *потерей на поиск*. Другой показателем — амплитуда колебаний переменной y около значения y_0 , соответствующего J_{max} . Эта амплитуда тем больше, чем положе кривая экстремума.

Еще более совершенны самоорганизующиеся и самообучающиеся автоматические СУ [4].

В *самоорганизующихся СУ* происходит автоматическое (непрерывное или периодическое) изменение структуры СУ по команде вычислительного устройства, обеспечивающего экстремум заранее заложенного в систему критерия качества.

В *самообучающихся СУ* структуру и алгоритмы управления постоянно совершенствуют, выбирая те из них, которые лучшим образом обеспечивают выполнение поставленной задачи.

Контрольные вопросы и задания

1. Какими показателями оценивают свойство объекта и качество управления?
2. Назовите критерии качества регулирования. 3. Поясните методы синтеза одноконтурных и многоконтурных автоматических СР. 4. Как составляют структурные схемы автоматических СР объектов с запаздыванием и нестационарных объектов?
5. Как осуществляется синтез систем позиционного регулирования? 6. Расскажите о цифровых СР. 7. Какие системы используют для управления при неполной начальной информации?

Раздел II

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТИПОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Глава 6

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛЕВОДСТВЕ

6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Основную долю ТП в полеводстве (предпосевная подготовка семян, клубней, обработка почвы, посев, уход за растениями, уборка урожая) выполняют мобильные сельскохозяйственные агрегаты (МСА). К ним относятся самоходные комбайны и совмещенные с трактором различные прицепные машины (орудия): почвообрабатывающие, посевные, для внесения удобрений, прореживания всходов сельскохозяйственных культур, дождевальные, уборочные и др.

Повышенные требования, предъявляемые к качеству и эффективности ТП в полеводстве, а также высокая конкурентоспособность МСА диктуют необходимость решения проблемы повышения их технико-экономического и экологического уровней.

МСА работают в сложных и различных почвенно-климатических условиях при многообразии случайных возмущений, различных неопределенностей, которые приводят к нарушениям энергетического и технологического режимов работы машин. Так, перегрузки и недогрузки в работе дизельного двигателя МСА приводят к перерасходу топлива, снижению ресурса двигателя, производительности и качества работы, а также к резкому увеличению отрицательного воздействия мобильных агрегатов на оператора (водителя), почву и растения, атмосферу. Колебания скорости движения МСА снижают качество выполнения ТП, увеличивают потери технологического продукта, а буксование колес отрицательно воздействует на структуру верхнего слоя почвы, снижает расход топлива и общий тяговый КПД мобильного агрегата.

Оператор одновременно с управлением МСА непрерывно контролирует ход ТП, техническое состояние агрегата, а также обеспечивает безопасность его движения. В реальных условиях работы водитель практически не в состоянии своевременно принять правильное решение (создать управляющие воздействия) при восприятии и обработке огромного потока взаимозависимой информа-

ции, превышающей его физиологические возможности. Особенно это сказывается при работе современных МСА на повышенных скоростях. Ручное управление такими агрегатами недостаточно эффективно, а потенциальные возможности их не используются в полном объеме в связи с ограничениями, вносимыми «человеческим фактором».

Неизбежным и кардинальным направлением повышения технико-экономического и экологического уровней мобильных агрегатов является автоматизация контроля и управления технологическими, энергетическими и эксплуатационными режимами их работы МСА при минимальном участии человека.

В то же время создание эффективных средств автоматизации, большого разнообразия мобильных агрегатов представляет собой непростую задачу, связанную и со специфическими особенностями функционирования МСА. Это работа их на открытом пространстве в условиях изменяющихся в широких пределах температуры и влажности, запыленности и загазованности, наличия значительных вибраций, шумов, а также отсутствие на МСА стабильного источника электрической энергии, низкая квалификация обслуживающего персонала. Перечисленные факторы предъявляют повышенные требования к надежности средств автоматизации мобильной техники, простоте их эксплуатации и обслуживания.

Рассмотрим известные и перспективные системы автоматического контроля и управления работой МСА.

6.2. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ РАБОТЫ МОБИЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Системы автоматического контроля работы посевных агрегатов. Они обеспечивают контроль частоты высева семян и количества технологического материала (семян, удобрений) в бункерах машин.

Функциональная схема таких систем (рис. 6.1) включает набор датчиков $D_1 \dots D_n$, установленных на посевном агрегате (объекте автоматического контроля), блок усиления и преобразования сигналов (БУП) датчиков, монитор для оператора (установленный в кабине трактора или самоходного комбайна).

Датчики основных контролируемых параметров (уровней семян, удобрений в бункерах сеялки и частоты высева семян) имеют фотоэлектрический принцип действия и состоят из оптически связанных между собой фотоприемника (например, фоторезистора, фотодиода) и светового излучателя (например, светодиода или лампы накаливания). Системы автоматического контроля (САК) имеют режим «Проверка», при котором генерируется импульсная последовательность, имитирующая сигналы датчиков при нормальном протекании технологического процесса высева семян.

Электрическая схема устройства САК зерновой сеялки показана

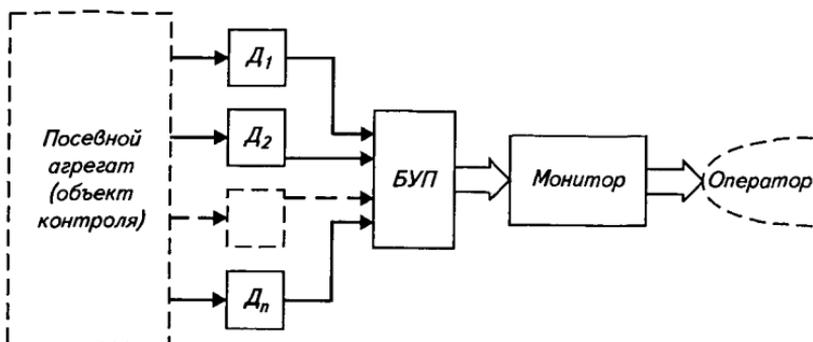


Рис. 6.1. Общая функциональная схема системы автоматического контроля работы посевной агрегата:

$D_1 \dots D_n$ — датчики контролируемых параметров; БУП — блок усиления и преобразования сигналов датчиков

на на рисунке 6.2. Устройство имеет 12 идентичных каналов обработки сигналов датчиков частоты высева семян. Каждый из каналов преобразования сигналов датчиков (световых излучателей 1 и фотодиодов 2) содержит усилитель 3, емкость 4 с электронным ключом 5, световой индикатор (светодиод) 7.

При работе зерновой сеялки семена (поступающие из ее высевающих дисков) периодически прерывают световой поток между световым излучателем 1 и фотодиодом 2, на выходе которого вырабатываются электрические импульсы, поступающие на вход усилителя 3 соответствующего канала контроля (семяпровода) и далее на электронный ключ 5 с емкостью 4.

Если период следования импульсов меньше времени заряда емкости (конденсатора), то электронный ключ 5 соответствующего канала закрыт и его световой индикатор 7 не будет светиться. Если же произойдет сбой или нарушение (технологии высева семян) работы высевающего аппарата, то по-

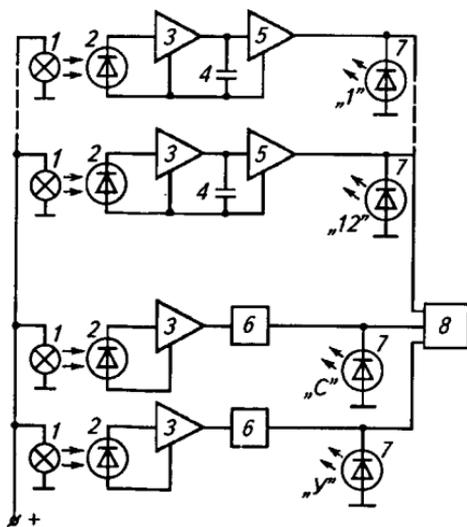


Рис. 6.2. Электрическая схема устройства контроля работы зерновой сеялки:

1 — световой излучатель; 2 — фотодиод; 3 — усилитель; 4 — емкость; 5 — электронный ключ; 6 — электронное реле; 7 — световые индикаторы; 8 — блок звуковой сигнализации

дача импульсов с фотодиодов 2 прекращается или их частота резко снижается. При этом емкость 4 заряжается до необходимого уровня напряжения, электронный ключ 5 срабатывает и включает соответствующий конкретному семяпроводу световой индикатор 7. Оператору с блока звуковой сигнализации 8 подается при этом прерывистый сигнал.

Датчики уровня технологического материала в бункере сеялки устанавливаются в его нижней части. Если, например, уровень заполнения бункера семенами (удобрением) превышает место (высоту) установки датчика, то световой поток его излучателя не попадает на соответствующий фотодиод 2 и выходной ток последнего будет минимален. Если же этот уровень ниже места установки датчика, то на фотодиод попадает световой поток, что вызывает существенное возрастание силы тока (в цепи фотодиода) и его увеличение усилителем 3 до порога включения электронного реле 6 и светового указателя 7 минимального уровня семян «С» (удобрений «У»).

Устройство (см. рис. 6.2) в виде электронного блока выполнено в герметичном корпусе, закрепленном на сеялке и имеющем электрические разъемы для подключения датчиков и источника электрической энергии (аккумулятора МСА).

Таким образом, оператор, находясь в кабине трактора (комбайна), получает достоверную информацию о наличии семян или удобрений в бункерах, а также о нарушениях работы конкретных семяпроводов высевальных аппаратов. Описанные системы автоматического контроля существенно сокращают сроки сева и повышают его качество.

Системы автоматического контроля положения рабочих органов кукурузоуборочных агрегатов. Они предназначены для обеспечения контроля положения русел (относительно рядков стеблей кукурузы) прицепных кукурузоуборочных комбайнов как в светлое, так и в темное время суток.

Функционально-технологическая схема системы контроля приведена на рисунке 6.3, а, б. При движении кукурузоуборочного агрегата по рядкам кукурузы рамка копира 8 датчика, установленного на делителе среднего мыса жатки, находится в междурядье. Если приемные русла жатки комбайна отклоняются от рядков стеблей или же сами рядки имеют искривления, то копир датчика, касаясь стеблей кукурузы, отклоняется, что вызывает поворот связанного с ним посредством тросика и шкива якоря индуктивного преобразователя (выполненного по схеме дифференциального трансформатора). Якорь поворачивается на угол, пропорциональный отклонению копира. Возникающий при этом электрический сигнал поступает на усилительно-преобразующий блок (УПБ) через последовательно соединенные чувствительный элемент (ЧЭ), измерительные преобразователи (ИП) и далее на устройство отображения информации (УОИ), на лицевой панели которого рас-

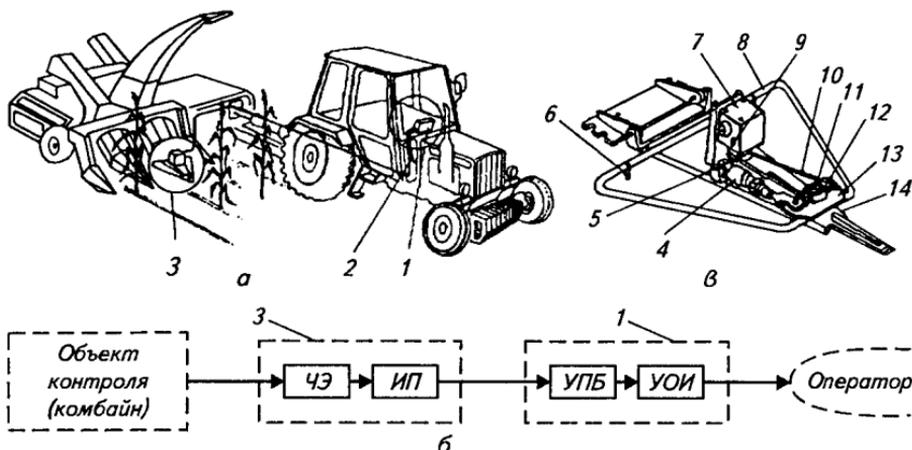


Рис. 6.3. Функционально-технологическая схема системы автоматического контроля положения русел кукурузоуборочного комбайна:

1 — устройство отображения информации; 2 — усилительно-преобразующий блок; 3 — копия; 4 — демпфирующее устройство; 5 — шкив; 6 — ограничитель поворота; 7 — передающий преобразователь; 8 — рамка копира; 9 — контрольная метка; 10 — тросовый привод; 11 — ось поворота; 12 — натяжной винт; 13 — пластина; 14 — основание

положены световые индикаторы. Число их включения пропорционально значению отклонения копира, а направление световой полосы (зеленого цвета) относительно постоянно светящейся полосы (красного цвета) соответствует значению и направлению отклонения русел комбайна от требуемой траектории движения, определяемой расположением рядков кукурузы.

Используя такую информацию, оператор может оперативно устранять возникающие отклонения, воздействуя на рулевой механизм трактора и изменяя положение комбайна относительно рядков растений. Чувствительный элемент датчика положения русел комбайна относительно рядков растений представляет собой рамку копира (рис. 6.3, в), которая может под воздействием растений кукурузы поворачиваться относительно основания 14. Рамка с ограничителем поворота 6 связана тросовым приводом 10 со шкивом 5 передающего преобразователя 7 датчика и посредством пластины 13 соединена с демпфирующим устройством 4. Ось поворота 11 рамки копира является базой ориентации машины. Изменение ее положения относительно центра междурядья приводит к повороту рамки.

Исходное (нейтральное) положение поворотной рамки копира и связанного с ней шкива передающего преобразователя устанавливается натяжными винтами 12 крепления тросика на пластине 13 рамки копира. Это положение определяется по совпадению контрольной метки 9 на корпусе с указателем, расположенным на его валу.

6.3. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И РЕЖИМАМИ РАБОТЫ МОБИЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Системы автоматического управления положением рабочих органов МСА. Они позволяют повысить качество и эффективность выполнения ТП, а также улучшить условия работы оператора. В частности:

1. *Автоматическое управление глубиной вспашки* предназначено для стабилизации глубины вспашки (хода плугов, лемехов и других рабочих органов). Практическое применение нашли силовой, высотный и комбинированный способы стабилизации глубины вспашки.

Силовой способ основан на том, что тяговое сопротивление плуга зависит от глубины вспашки. При увеличении (уменьшении) тягового сопротивления специальная пружина, установленная между трактором и плугом, сжимается (разжимается) и перемещает шток и поршень управляющего гидрозолотника. При этом последний перераспределяет (под давлением от насоса) поток масла (гидравлической жидкости) в соответствующие полости силового гидроцилиндра, который осуществляет выглубление (заглубление) лемехов плуга до заданного тягового усилия. Такой способ позволяет также стабилизировать нагрузку трактора и обеспечивать экономичную работу его двигателя. Силовой способ эффективен в работе преимущественно на однородных по составу почвах при постоянной скорости движения трактора, т. е. когда тяговое усилие трактора пропорционально глубине хода лемехов плуга.

Высотный способ применяют для неоднородных почв (рис. 6.4). В устройстве перед плугом 1 устанавливают опорное колесо (датчик глубины) 2, механически соединенное со штоком гидрозолотника 4. При изменении глубины вспашки шток перемещается и окна *a* и *б* гидрозолотника открываются. Через них масло под давлением поступает в гидроцилиндр, который регулирует высоту плуга, восстанавливая необходимую глубину его хода.

Комбинированный способ объединяет принципы и устройства силового и высотного способов управления глубиной хода рабочих органов МСА.

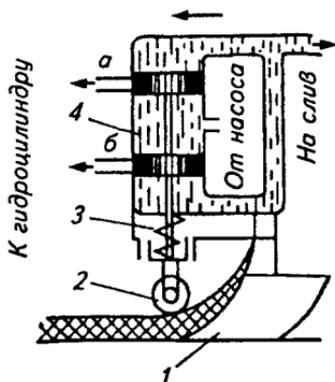


Рис. 6.4. Схема устройства для управления глубиной вспашки:

1 — плуг; 2 — опорное колесо; 3 — пружина; 4 — гидрозолотник

2. *Автоматическое управление высотой среза* кормовых трав, кукурузы и другой зеленой массы применяют на сенокосилках и силосоуборочных комбайнах. Высоту среза растений устанавливают минимально допустимой, что повышает сбор зеленой массы. Для этого используют ползковый щуп 2, копирующий рельеф поля (рис. 6.5). К поверхности поля щуп 2 прижимается пружиной 3. Если высота среза зеленой массы соответствует заданной, то окна *a* и *б* гидрозолотника 5 закрыты, а поршень силового гидроцилиндра *б* и режущий аппарат 1, жестко связанный с поршнем, находятся на постоянной высоте от поверхности поля. При изменении рельефа поля ползковый щуп 2 открывает окна *a* и *б* гидрозолотника 5 и при помощи силового гидроцилиндра *б* восстанавливается заданная высота режущего аппарата 1, после чего окна гидрозолотника закрываются, поскольку щуп возвращается в исходное положение. Предохранительное устройство 4 предотвращает поломки золотника при наезде ползкового щупа на препятствия.

3. *Системы автоматического управления рабочими органами прореживателей сахарной свеклы* предназначены для обработки (срезания) пропашных культур свеклоуборочными и другими комбайнами.

Функционально-технологическая схема системы управления секцией прореживателя типа ПСА показана на рисунке 6.6. Для обнаружения растений применяют электроконтактные и оптические (цветоконтрастные) датчики. При движении МСА вдоль рядков растений электроконтактный датчик 7, касаясь растения, замыкает через него электрическую цепь «источник питания — почва». Наличие силы тока определенного значения в цепи контактного электрода служит для электронных блоков системы ПСА сигналом обнаружения растения. Расстояние от датчика 7 обнаружения растения до поверхности почвы может варьировать от 20 до 90 мм. Оптический цветоконтрастный датчик формирует электрический сигнал при попадании растений свеклы в зону его обзора. Такой датчик обнаруживает растения свеклы как на фоне земли, так и на фоне распространенных сорняков.

Датчик положения ножа состоит из индукционной катушки, закрепленной на корпусе исполнительного механизма (ножа), и ферромагнитного шунта *б*, установленного на держателе ножа 3,

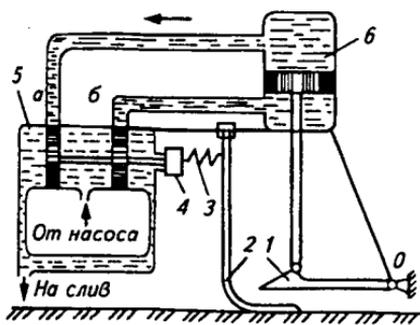
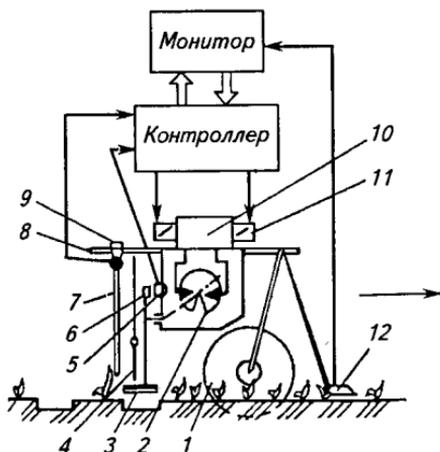


Рис. 6.5. Схема устройства для управления высотой среза:

1 — режущий аппарат; 2 — ползковый щуп; 3 — пружина; 4 — предохранительное устройство; 5 — гидрозолотник; 6 — силовой гидроцилиндр

Рис. 6.6. Функционально-технологическая схема системы управления секцией прореживателя:

1 — опорное колесо; 2 — поворотный гидродвигатель; 3 — прореживающий нож; 4 — листеотгибатель; 5 — индукционная катушка; 6 — ферромагнитный шунт; 7 — электроконтактный датчик обнаружения растений; 8 — рама прореживающей секции; 9 — изолятор; 10 — золотниковый гидрораспределитель; 11 — электромагнитный привод золотника; 12 — датчик ориентации



который может совершать маятниковые движения. При выходе ножа из одного крайнего положения шунт проскакивает мимо индукционной катушки, в цепи которой формируется импульсный сигнал, свидетельствующий об изменении положения прореживающего ножа. Команды на привод последнего формируются в блоке управления (БУ) на основании совместной обработки сигналов от датчиков обнаружения растений и положения ножа. При поступлении команды из БУ электромагнитный привод золотника перемещает шток золотникового гидрораспределителя 10, вследствие чего поворотный гидродвигатель 2 воздействует на прореживающий нож 3. При этом вырезаются растения в рядке по ширине захвата ножа, который, перемещаясь, пропалывает пространство за обнаруженным растением. При обнаружении следующего растения процесс повторяется. При смещении прореживающих секций от оси рядка датчик 12 ориентации секций формирует сигнал на монитор, при этом загорается соответствующий светодиод. Если оператор своевременно не откорректирует положение МСА относительно рядков, то включается звуковой сигнал.

Схема устройства системы автоматического управления прореживателями сахарной свеклы показана на рисунке 6.7. Электрические цепи датчиков обнаружения растений и положения ножей подключены к блоку входному (БВ) через электрические разъемы X_6 и X_7 , а электромагниты золотниковых гидрораспределителей (12 шт.) — к блоку управления исполнительными механизмами (БУ ИМ) через разъемы X_4 и X_5 . Сигналы электроконтактных датчиков подаются в БВ на входы операционных усилителей, каждый из которых обеспечивает преобразование значения сопротивления электрической цепи «шуп—земля» соответствующего датчика в напряжение. Оно сравнивается компараторами (элементами сравнения) с эталонными значениями напряжения, соответствующими

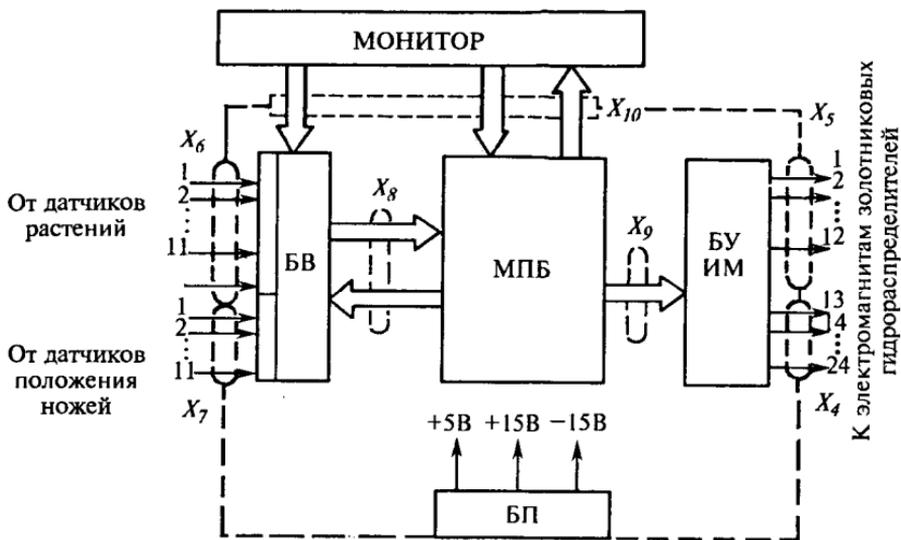


Рис. 6.7. Схема устройства системы автоматического управления прореживателями сахарной свеклы

щими верхнему и нижнему значениям сопротивления цепи «щуп—земля», при которых с высокой достоверностью идентифицируется касание щупом ростка свеклы. Микропроцессорный блок (МПБ) осуществляет обработку сигналов датчиков и выдачу результатов на монитор и БУ ИМ. Блок питания (БП) обеспечивает напряжениями соответствующих уровней все узлы устройства.

4. Автоматическое управление положением фрезы используют при обработке приствольных полос в садах, для отвода фрезы от стволов деревьев (кустов). Отвод фрезы 1 (рис. 6.8) осуществляет гидроцилиндр 2 при соприкосновении щупа 8 с деревом или кустом. Щуп поворачивается по ходу часовой стрелки и замыкает контакты 5. В результате этого срабатывает электромагнит УА1, открывая окна а и б гидрозолотника, через которые масло под давлением поступает в верхнюю полость гидроцилиндра 2. Шток поршня поворачивает фрезу 7 до тех пор, пока не разомкнется конечный выключатель 10 и замкнется выключатель 9. При этом электромагнит УА1 отключается, окна а и б гидрозолотника 3 закрываются поршнями под действием пружин, фиксируя фрезу в отведенном состоянии. После обхода фрезой препятствия щуп 8 под действием пружины б возвращается в исходное состояние и замыкает контакты 4, что приводит к срабатыванию электромагнита УА2 и открыванию окон а и б золотника. При этом масло поступает через окно б в нижнюю полость силового гидроцилинд-

Рис. 6.8. Схема устройства для управления положением фрез:

1, 7 — фрезы; 2 — гидроцилиндр; 3 — гидрозолотник; 4 и 5 — контакты; 6 — пружина; 8 — шуп; 9, 10 — выключатели

ра 2, а фреза занимает рабочее положение, при котором размыкается конечный выключатель 9 и окна гидрозолотника перекрываются его поршнями.

5. Автоматическое управление положением остова зерноуборочного комбайна при работе на склонах позволяет сохранять параллельность хедера комбайна относительно поверхности почвы, а также горизонтальность положения его молотильного барабана и очистительных устройств.

При работе комбайна без автоматики на поперечных склонах (с уклоном более 8°) технологическая масса скапливается на наклонной стороне комбайна, вследствие чего нарушается ТП обмолота зерна (увеличиваются до 30 % недомолот и повреждаемость зерна), а также нередки случаи забивания молотильных барабанов хлебной массой. Для выравнивания остова комбайна на склонах его корпус устанавливается на параллелограммной ходовой части 4 (рис. 6.9), которую оборудуют гидросистемой управления. При наклоне корпуса 1 комбайна, например влево, его массивный маятник 3 также отклоняется влево и открывает окна а и б золотника 5. Масло от насоса под давлением поступает через окно а в верхнюю полость силового гидроцилиндра. При этом его поршень и шток, жестко связанный с параллелограммной ходовой частью 4 комбайна, поворачивает его остов до горизонтального положения, при котором поршни гидрозолотника под действием вертикального маятника перекрывают окна гидрозолотника и фиксируют положение силового гидроцилиндра.

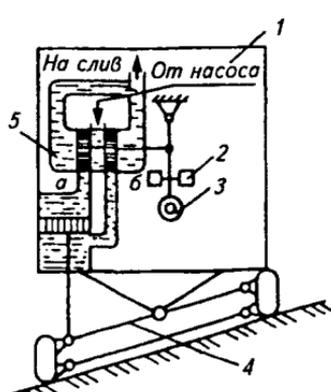
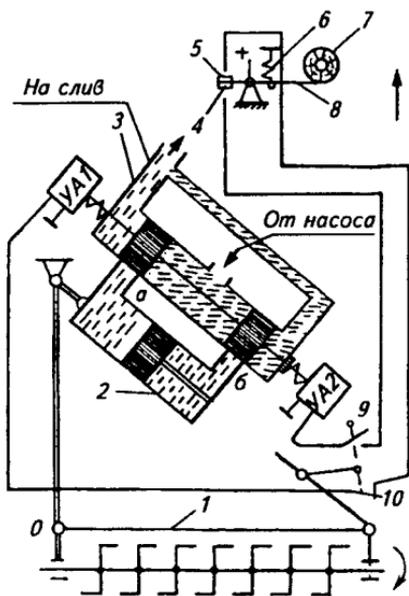


Рис. 6.9. Схема устройства для выравнивания остова комбайна:

1 — корпус комбайна; 2 — демфирующее устройство; 3 — маятник; 4 — ходовая часть; 5 — золотник

ра. Демпфирующие устройства 2 исключают ложные срабатывания системы автоматического управления при кратковременных толчках и отклонениях остова комбайна от горизонтального положения.

Системы автоматического управления режимами работы МСА. Они позволяют оптимизировать технологические, энергетические и эксплуатационные параметры функционирования МСА. В частности:

1. *Автоматическое управление загрузкой рабочих органов уборочных комбайнов* способствует повышению качества и эффективности ТП, уменьшению потерь технологического продукта и расхода топлива, а также улучшению условий труда операторов.

Такое управление (рис. 6.10) осуществляют автоматическим регулированием скорости (в зависимости от загрузки рабочих органов машин) поступательного движения комбайнов (зерно-, свекло-, картофелеуборочных), посредством изменения передаточного отношения трансмиссии (гидрообъемной, вариаторной) 2, передающей вращающий момент от вала двигателя (гидравлического, дизельного) 1 комбайна на привод ведущих колес 3. Например, при увеличении (относительно заданного) количества технологической массы (хлебной, корнеклубнеплодной), поступающей на входные рабочие органы 4 комбайна, ползковый датчик толщины слоя такой массы замыкает свои контакты 5 и включает электромагнит УА1, сердечник которого, перемещая вверх шток с поршнем гидрозолотника 6, открывает его окна для подачи в силовой гидроцилиндр и слива из него масла. При этом масло от насоса под давлением через верхнее окно поступает в верхнюю полость силового гидроцилиндра 7, поршень которого вместе со штоком передвигается вниз. В результате чего увеличивается передаточное отношение трансмиссии и комбайн снижает скорость движения, что вызывает уменьшение (до оптимальной) подачи технологической массы в уборочный комбайн.

Соответствующее изменение положения шупа вызовет размыкание контактов 5 датчика толщины слоя, после чего поршни гидрозолотника 6 под действием пружин перекроют его окна. При уменьшении (относительно заданного) количества технологической массы, поступающей на

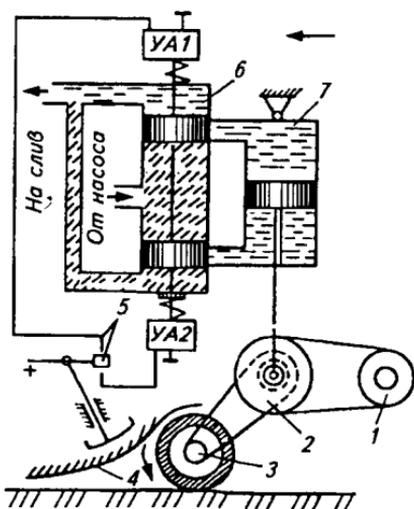


Рис. 6.10. Схема устройства для управления загрузкой комбайна:

1 — вал двигателя; 2 — трансмиссия; 3 — ведущие колеса; 4 — входной рабочий орган; 5 — контакты; 6 — гидрозолотник; 7 — силовой гидроцилиндр; УА1, УА2 — электромагниты

входные рабочие органы комбайна, принцип работы системы управления идентичен вышеизложенному. При этом выключается электромагнит УА2, масло от насоса через нижнее окно гидрозолотника поступает в нижнюю полость гидроцилиндра 7, уменьшается передаточное отношение трансмиссии и комбайн увеличивает скорость движения, что вызывает увеличение (до оптимальной) подачи технологической массы в комбайн.

2. Автоматическое управление загрузкой и чистой зерновой массы в потоке осуществляется путем предварительного и окончательного сепарирования (рис. 6.11) на воздушно-решетчатой зерноочистительной машине (ЗОМ).

Зерновая масса из бункера с помощью питателя подается в воздушный канал первой аспирации (отсасывания воздуха), где легкие примеси воздушным потоком отделяются и выводятся из зоны машины. Затем зерновая масса поступает на решетчатый сепаратор, состоящий из четырех колеблющихся решет, которые расположены наклонно и попарно одно над другим. Верхние (сортировальные) решета просеивают зерна основной культуры, а крупные примеси скатываются и удаляются из ЗОМ. Нижние (подсевные)

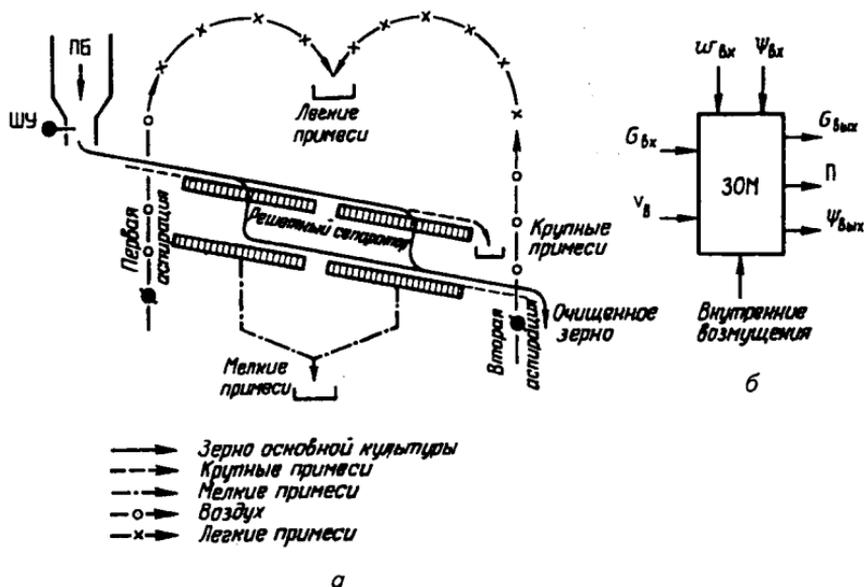


Рис. 6.11. Функциональная (а) и параметрическая (б) схемы воздушно-решетчатой зерноочистительной машины (ЗОМ):

ПБ — приемный бункер; ШУ — шиберное устройство; $G_{вх}$ и $G_{вых}$ — масса зерна на входе и на выходе; $\psi_{вх}$ и $\psi_{вых}$ — чистота зерна на входе и на выходе; Π — потери зерна

решета выделяют из потока мелкие примеси, также потом удаляемые из ЗОМ, а зерна основной культуры, скатываясь, проходят через воздушный канал второй аспирации, освобождаются от оставшихся мелких примесей и очищенные покидают машину.

Выходные параметры ЗОМ характеризуются производительностью $G_{\text{ВЫХ}}$, чистотой $\psi_{\text{ВЫХ}}$ и содержанием потерь Π полноценного зерна в отходах. При этом основными управляющими воздействиями, поступающими на ЗОМ как объект управления, будут изменение подачи $G_{\text{ВХ}}$ зерна и скорости $v_{\text{ВХ}}$ движения воздуха в аспирационных каналах. К числу возмущений, действующих на ЗОМ, следует отнести влажность $\omega_{\text{ВХ}}$ и чистоту входа $\psi_{\text{ВХ}}$ поступающей зерновой массы.

Целевая функция системы оптимального управления воздушно-решетной ЗОМ соответствует максимуму $G_{\text{ВЫХ}}$ (в зависимости от текущих значений $G_{\text{ВХ}}$, $\psi_{\text{ВХ}}$, $\psi_{\text{ВЫХ}}$, $\omega_{\text{ВХ}}$, Π и времени t) при ограничении на допустимые уровни чистоты $\psi_{\text{ВХ}}$ и потерь Π зерна.

Контролировать потери зерна можно с помощью индикатора, выполненного в виде пьезоэлемента, наклеенного на изолированную специальную мембрану. При попадании зерен на мембрану пьезоэлемент вырабатывает электрические сигналы, амплитуда и длительность которых зависят от силы удара отдельных зерен. Индикатор имеет выходы на визуальный прибор, а также на звуковую и звуковую сигнализации.

Загрузка воздушно-решетной ЗОМ вторичной очистки может быть стабилизирована работой системы автоматического управления, исполнительный механизм (ИМ) которой воздействует на шиберное устройство (ШУ) промежуточного бункера (ПБ) зерна. Загрузку ЗОМ измеряют расходомером РЗ зерновой массы (рис. 6.12), лоток которого перемещает плунжер дифференциального трансформаторного датчика расхода (ДР).

Принцип действия системы управления чистотой зерновой массы состоит в следующем. Обрабатываемое зерно поступает в ЗОМ из ПБ через ШУ и РЗ. Система автоматического управления стабилизирует загрузку машины зерновой массой на уровне, установленном задатчиком (ЗД). Периодически, через определенные промежутки времени, программное устройство (ПУ) включает анализатор чистоты зерна, содержащий пробоотборник (ПО), весоизмерительное устройство (ВУ) и сепаратор (СП). ПО отбирает из зернового потока (на выходе из машины) пробу, после чего она поступает на ВУ. При достижении фактической массы пробы, равной заданной, включается в работу СП. При этом чистое зерно взвешивается ВУ и результат сравнивается с заданным значением, соответствующим кондиционному зерну. Если масса пробы ниже (выше) заданной, то загрузка машины соответственно увеличивается (уменьшается) путем коррекции ЗД требуемого уровня задания системе автоматического управления ЗОМ. Описанный алгоритм коррекции оптимальной загрузки ЗОМ периодически повторяется по командам ПУ.

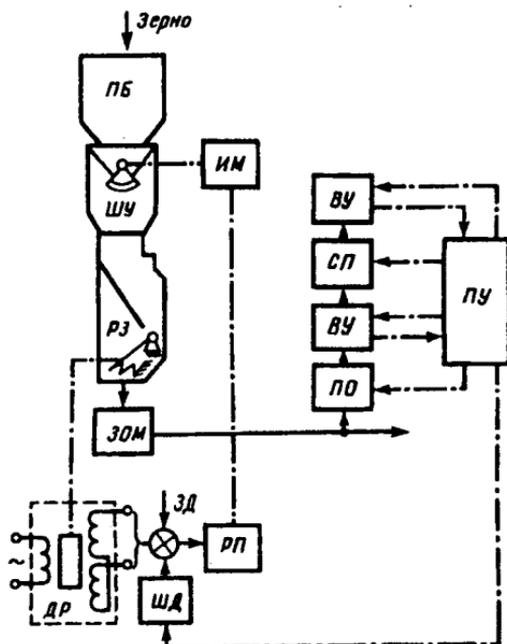


Рис. 6.12. Функциональная схема регулирования загрузки и чистоты продукта зерноочистительной машины (ЗОМ)

3. Автоматическое управление направлением движения МСА позволяет повысить эффективность и качество выполнения ТП, улучшить условия работы оператора.

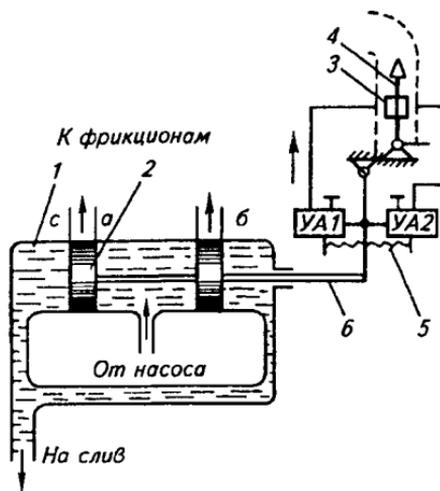
Устройства для автоматического направления движения (вождения) тракторов разрабатывают с момента их создания. В России в 1911 г. впервые О. Конджером и В. Корбеттой был предложен «автоматически действующий руль для пахотных тракторов».

Работа МСА включает три основных этапа: выезд в поле и возвращение в хозяйство, движение по рабочей длине гона (поля), повороты в конце гона. Наибольшие затраты времени и объем выполняемых работ определяются нахождением МСА на поле (гоне), поэтому рассмотрим основные методы управления направлением МСА по рабочей длине гона. К таким методам можно отнести: копирование, программное вождение, дистанционное управление, естественное и искусственное ориентирование.

Метод копирования может быть использован в большинстве видов полевых работ: вспашке, посеве, культивации, уборке. Действие системы автовождения по копиру показано на рисунке 6.13. Копир 4 при движении МСА скользит по дну борозды. Если копир отклоняется, например влево, то замыкается левый контакт 3 и срабатывает электромагнит УА1, питание на кото-

Рис. 6.13. Схема устройства для вождения МСА по копиру:

1 — гидрозолотник; 2 — поршень; 3 — контакты; 4 — копир; 5 — пружина; 6 — рычаг



рый подается от аккумуляторной батареи МСА. При этом рычаг 6 передвигает поршни 2 гидрозолотника 7 тоже влево и открываются его окна а и б. Масло под давлением, создаваемым гидравлическим насосом, поступает через окно а к левому силовому гидроцилиндру, шток которого воздействует на левую рулевую тягу. Вследствие

этого трактор (комбайн) начинает поворачиваться влево до замыкания контактов 3, при этом электромагнит УА1 отключается и пружиной 5 поршни 2 гидрозолотника 1 возвращаются в исходное положение. При отклонении же копира вправо срабатывает электромагнит УА2, который открывает окна а и б гидрозолотника, и масло через окно б под давлением поступает на правый силовой гидроцилиндр, шток которого воздействует на правую рулевую тягу, и МСА поворачивается вправо до замыкания контактов 3, при этом электромагнит УА2 отключается и пружиной 5 поршни 2 гидрозолотника 1 возвращаются в исходное положение.

При программном автовождении траектория движения задается специальным программным устройством, при этом необходимо иметь высокую точность соблюдения траектории движения, что предопределяет сложность создания соответствующих технических средств. На практике целесообразно использование программного вождения совместно принципом копирования (по длине гона управляют от копирующего устройства, а на поворотах — от программного).

При дистанционном управлении оператор управляет одним или несколькими МСА по проводным или беспроводным (радиоканалу) линиям связи.

Методы, использующие естественные и искусственные ориентиры, наиболее эффективны при строго заданных маршрутах движения. В качестве естественных ориентиров используют рядки растений, края хлебостоя, валки скошенной массы, борозды картофеля, шпалерную проволоку на виноградниках, магнитное поле Земли. Для искусственных ориентиров специально на полях прокладывают электрические провода, кабели, организуют лазерные лучи, делают метки из удобрений и т. п. На практике нашел применение метод вождения

Рис. 6.14. Схема устройства для вождения МСА по проволоке:

1 — проволока; 2 — датчик; 3 — гидравлический золотник; 4 — пружины

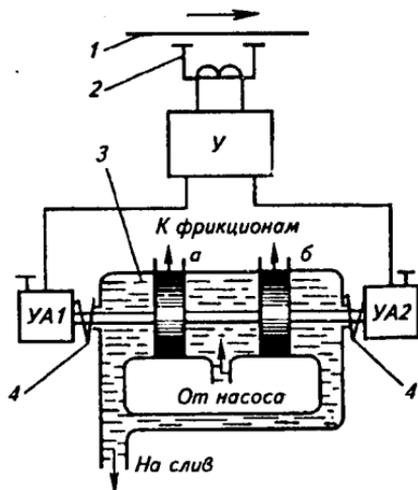
по электромагнитному полю, создаваемому проводами (искусственно проложенными под верхним слоем почвы), по которым пропускают высокочастотные токи. Последние вокруг провода создают электромагнитное поле, воспринимаемое специальными датчиками, установленными на МСА. Провода закладывают на глубину до 0,7 м вдоль гона, на

концах которого прокладывают поперек отдельный провод, излучающий электромагнитное поле другой (относительно первой) частоты, который служит ориентиром для разворота МСА. Схема устройства для автоматического вождения трактора по проволоке показана на рисунке 6.14. Устройство поддерживает определенное расстояние датчика 2 от проволоки 1. При изменении этого расстояния сигнал от датчика в зависимости от знака отклонения поступает через усилитель У на электромагниты УЛ1 или УЛ2 гидравлического золотника 3. Золотник управляет силовыми гидроцилиндрами рулевых тяг (фиксаторов) трактора (комбайна).

Система автоматического управления направлением движения кормоуборочной машины. Она обеспечивает ориентацию кормоуборочной машины в процессе ее движения на рабочем гоне таким образом, что выкапывающие рабочие органы располагаются вдоль рядков убираемых корней. Это является необходимым условием надежного извлечения корней из почвы. Без управления направлением движения машина будет по разным причинам отклоняться от линии рядков и нормальный уборочный процесс невозможен.

Технологическая и конструктивная схемы системы управления приведены на рисунке 6.15. Органом управления направлением движения машины являются передние управляемые колеса б, положение которых, соответствующее прямолинейному движению машины, считается средним. По отношению к этому положению определяется реальный угол поворота управляемых колес δ, изменение положения которых осуществляется с помощью гидравлического исполнительного механизма 5. Отклонение машины от линии рядков корней определяется датчиком системы управления.

Датчик системы автоматического вождения состоит из копирующего механизма, выполненного в виде двух (располагающихся в



междурядьях) связанных между собой балансирной тягой 14 перьев-копиров 9. Размах каждого пера равен ширине междурядья. Шарниры 17 являются базой ориентации. Изменение их положения относительно центра междурядья приводит к повороту стрел-копиров 12 и соответствующему поперечному перемещению балансирной тяги 14, которое с помощью рычажного механизма 13, 15 преобразуется в пропорциональное смещение машины от линии рядков перемещением h_d штанги 16.

При искривлении линии рядков, например вправо (по ходу движения), перья копирующего механизма поворачиваются относительно базы ориентации против часовой стрелки (на рис. 6.15 показано штриховыми линиями). Это вызывает поворот рычага 15 по часовой стрелке. При отсутствии воздействия на рулевое колесо 8 с усилителем 10 со стороны оператора штанга 11 неподвижна. Поэтому поворот рычага 15 ведет к повороту дифференциального рычага 13 относительно шарнира 0_1 и перемещению влево штанги 16. Рычажные механизмы 15, 13 выполняют функции передающего преобразователя датчика.

Гидравлический исполнительный механизм системы управления состоит из золотникового гидрораспределителя 1 с блоком 7 гидрозамковых клапанов и гидроцилиндра 5 (рис. 6.15, б). Выходным воздействием исполнительного механизма является перемещение гидроцилиндра $h_{ц}$ или пропорциональный ему угол δ поворота управляемых колес. Гидрораспределитель 1 имеет подвижные относительно друг друга корпус 22 и золотник 21. Золотник соединен со штангой 16 датчика, и перемещение золотника вдоль корпуса распределителя при неподвижном гидроцилиндре равно перемещению штанги датчика.

При смещении золотника 21 относительно среднего положения рабочих окон (например, под воздействием датчика) влево рабочие окна открываются справа и происходит соединение левого выходного канала гидрораспределителя с напорной магистралью, а правого канала — со сливной. Плунжер 19 гидрозамков под односторонним действием давления слева перемещается вправо, открывая первый шариковый клапан 20 и подключая тем самым штоковую полость B гидроцилиндра 5 к соединенному со сливом правому выходному каналу гидрораспределителя. Одновременно под действием напора открывается левый шариковый клапан гидрозамка, соединяя бесштоковую полость A гидроцилиндра с левым его выходным каналом. При этом масло поступает из напорной магистрали в бесштоковую полость a гидроцилиндра, а из штоковой полости B — на слив (в бак гидросистемы). Под действием перепада давлений гидроцилиндр со штоком 18 перемещается в сторону полости A , поворачивая рычаг рулевых трапеций 4 и соответственно управляемые колеса 6 по часовой стрелке.

Рычажные механизмы 2, 3, связывающие гидроцилиндр и его корпус, выполняют функцию обратной связи. Перемещение кор-

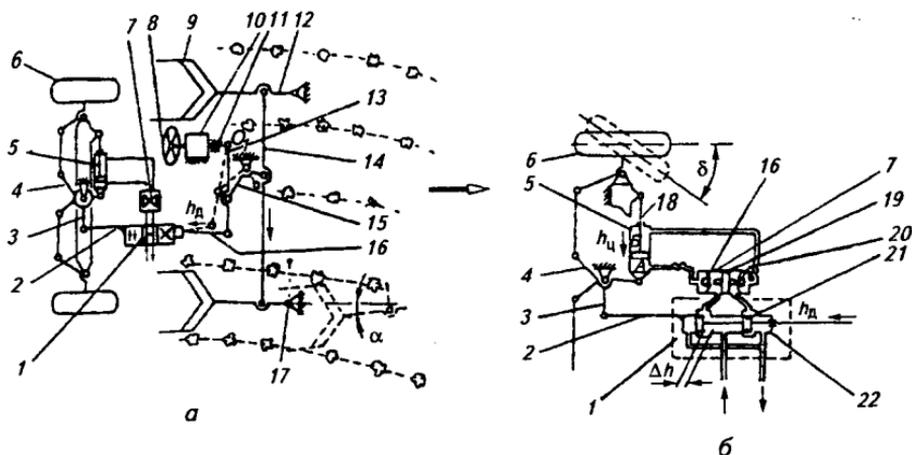


Рис. 6.15. Схемы системы автоматического вождения самоходной корнеуборочной машины:

a — принципиальная; *б* — исполнительного механизма

пуска гидроцилиндра под действием обратной связи происходит пропорционально перемещению гидроцилиндра. Текущее открытие рабочих окон гидрораспределителя в результате действия обратной связи равно разности Δh перемещений золотника и корпуса. Таким образом, при смещении базы ориентации машины от линии рядков растений система автоматического вождения поворачивает управляемые колеса на угол, пропорциональный этому смещению.

6.4. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ МОБИЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Системы автоматического регулирования нормы внесения жидких компонентов. Полевые прицепные и самоходные опрыскиватели (подкормщики) оснащают устройствами автоматики, которые обеспечивают регулирование количества жидких компонентов (удобрений, химических препаратов), вносимых на единицу обрабатываемой площади.

Функционально-технологическая схема систем автоматического управления расходом жидкости показана на рисунке 6.16. На основании сигналов измерительного преобразователя 3 расхода жидкости, поступающей к распыливающей штанге, и сигналов от датчика (измерительного преобразователя пройденного агрегатом пути) 14 контроллер 4 вычисляет удельный расход жидкости на единицу обработанной площади ($л/м^2$). Если этот расход отлича-

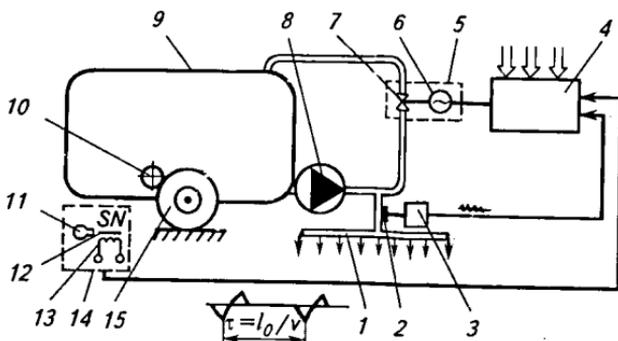


Рис. 6.16. Функционально-технологическая схема САУ РЖ:

1 — распыливающая штанга; 2 — дросселирующее устройство; 3 — измерительный преобразователь; 4 — контроллер; 5 — исполнительный механизм; 6 — электродвигатель; 7 — дроссель; 8 — распределитель; 9 — бак; 10 — обрезающий ролик; 11 — флажковый модулятор; 12 — постоянный магнит; 13 — индукционная катушка; 14 — датчик; 15 — ходовое колесо

ется от заданного, то контроллер формирует импульсный командный сигнал на приводимый электродвигателем 6 исполнительный механизм (ИМ) 5, который за счет изменения проходного сечения дросселя 7 увеличивает или уменьшает расход жидкости, возвращаемой в бак 9, а следовательно, уменьшает или увеличивает расход жидкости, направляемой к сопловым аппаратам распыливающей штанги 1. Длительность командного импульса пропорциональна величине отклонения текущего значения удельного расхода от его заданного значения.

Измерительный преобразователь (датчик) расхода жидкости 3 — манометрический с частотным электрическим выходным сигналом. Принцип измерения основан на известной зависимости перепада давления на калиброванном дросселирующем устройстве 2 от расхода через него жидкости.

Датчик расхода выполнен на базе манометра, мембранный чувствительный элемент которого механически связан с одной из пластин конденсатора переменной емкости, включенного в задающую цепь генератора электрических сигналов. При изменении расхода меняется положение мембраны и, следовательно, емкость переменного конденсатора, что ведет к изменению частоты сигнала, генерируемого датчиком. С целью уменьшения влияния пульсаций давления на работу датчика и исключения контакта с агрессивной рабочей жидкостью измерительная камера датчика соединена с рабочей гидравлической магистралью через масляный демпфер.

Датчик 14 пути перемещения МСА формирует сигнал в виде единичного электрического импульса после прохождения агрегатом заданного отрезка пути. Поэтому число импульсов, поступивших с датчика за заданный промежуток времени, равно числу этих отрезков пути, на которые переместился МСА. Временной интер-

вал t между импульсами пропорционален скорости движения. Такой датчик состоит из индукционного преобразователя, выполненного в виде постоянного магнита 12 с намотанной на него индукционной катушкой 13, и флажкового модулятора 11 поля постоянного магнита. Модулятор закреплен на валу, который приводится во вращение от обрезиненного ролика 10, находящегося во фрикционном сцеплении с ходовым колесом 15 агрегата. При каждом обороте ролика, что соответствует прохождению агрегатом пути l_0 или обработанной площади $F_0 = l_0 B$ (B — ширина захвата агрегата, м), флажок один раз пересекает активную зону индукционного преобразователя и на выходе датчика появляется один импульс. Конструкция индукционного преобразователя датчика пути перемещения МСА аналогична конструкции датчика частоты вращения вала.

Вычисление удельного расхода жидкости основано на подсчете числа его импульсов за время обработки участка поля площадью F_0 . При рабочем диапазоне изменения давлений (0,02...0,06 МПа) жидкости на входе в распыливающую штангу и скорости движения агрегата 5...12 км/ч САУ РЖ обеспечивают точность поддержания заданной нормы внесения жидкости с погрешностью $\pm 5\%$. Диапазон регулирования дозы внесения жидких компонентов для различных систем САУ РЖ составляет 20...2000 л/га, а шаг изменения настройки — 1 л/га.

Система САУ РЖ включает перепрограммируемый микропроцессорный контроллер, функциональная схема которого показана на рисунке 5.17. В его состав входят таймер программируемый Т, микропроцессор (МП), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), панель индикации, контроллер и поле клавиатуры, блок питания (БП). Последний обеспечивает формирование необходимых для работы датчиков и всех электронных компонентов системы значений стабилизированных напряжений. Энергопитание БП осуществляется от бортовой сети МСА, в которой допускаются колебания напряжения $-30...+100\%$ номинального (12 В). Микропроцессорный контроллер обеспечивает работу САУ РЖ-2 в трех режимах: программирование, работа и диагностика. В режиме программирования оператор с помощью клавиатуры может вводить технологические параметры агрегата (тип и число распылителей и др.) и задавать требуемую норму внесения. Вводимые данные и задание визуализируются на панели цифровой индикации, при этом автоматически проверяется выполнение стабилизации заданной нормы внесения. Если в пределах допустимых изменений скоростей перемещения агрегата норму обеспечить нельзя, то на индикаторе высвечивается сообщение об ошибке.

В режиме работы контроллер в процессе работы агрегата поддерживает заданную норму внесения за счет изменения расхода жидкости через сопловые аппараты пропорционально скорости движения. Кроме того, вычисляется ряд параметров, характеризую-

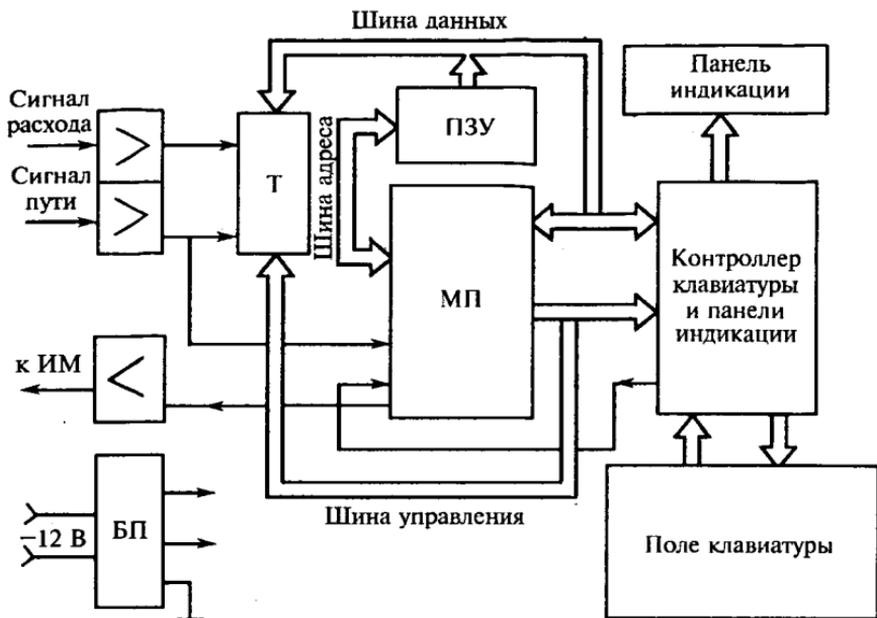


Рис. 6.17. Функциональная схема микропроцессорного контроллера САУ РЖ:

Т — программируемый таймер; ПЗУ — постоянное запоминающее устройство; МП — микропроцессор; БП — блок питания

ющих фактическое протекание технологического процесса (текущее значение нормы внесения, рабочее давление распыла, скорость движения агрегата, размер обработанной площади).

Микропроцессорная система автоматического контроля и автоматического регулирования (САКАР). Она предназначена в основном для корнеуборочных и кукурузоуборочных самоходных машин с гидростатической трансмиссией, а также и для других сложных уборочных МСА. САКАР обеспечивает выполнение функций систем автоматического контроля вождения, а также автоматического управления загрузкой рабочих органов самоходных МСА путем соответствующих изменений их поступательной скорости. САКАР позволяет выполнять и ряд дополнительных функций управления — обеспечение диалогового режима с оператором и др. При возникновении аварийных ситуаций с рабочими органами, перегрузках дизельного или гидравлического двигателей, падении давления масла в смазочной и других системах двигателя МСА ниже допустимого уровня САКАР автоматически останавливает МСА.

В системе САКАР (например, применительно к машине для уборки сахарной свеклы) программируемый микроконтроллер содержит одноплатную микроЭВМ. Ее адаптеры внешнего интер-

фейса обеспечивают 64 канала связи с внешними устройствами. МикроЭВМ имеет кварцевый генератор тактовых сигналов и программируемый таймер для синтеза необходимых системе управления временных интервалов наблюдения. Плата ввода-вывода имеет четырехканальный и восьмиразрядный АЦП, а также одноканальный шестиразрядный ЦАП, четыре канала ввода двухпозиционных сигналов от электромагнитных датчиков. САКАР осуществляет ввод, формирование и усиление импульсных сигналов от 13 индукционных датчиков частоты вращения. Десять из них формируют сигналы о частоте вращения валов основных рабочих органов, остальные — о частоте вращения ходового колеса, ведомого вала клиноременной передачи, коленчатого вала двигателя.

Панель управления и индикации с соответствующими схемами формирования сигналов содержит клавиатуру и дисплей на жидких кристаллах, на котором могут инициализироваться сообщения в цифровой форме и в виде указательных надписей, пиктограмм рабочих органов (в соответствии с символами, расположенными на кнопках клавиатуры). Микроконтроллер может реализовать различные программы по командам, вводимым с клавиатуры.

Так, команда «Тест» запускает программу диагностики состояния рабочих органов и двигателя, при этом может осуществляться цифровая индикация состояния их кинематического режима. Частоты вращения рабочих органов, измеренные в режиме холостого хода, контроллер запоминает. В дальнейшем по этим значениям с учетом реальной частоты вращения вала двигателя контроллер формирует сигналы о нарушениях в работе фрикционных передач, количестве загрузки, состояниях режимов рабочих органов и др. Команды «Пуск» и «Стоп» соответственно пускают и приостанавливают программу контроля рабочих органов и двигателя при выполнении ТП. Команда «САВ» запускает программу коррекции системы автоматического вождения.

Команда «АРЗ» (автоматическое регулирование загрузки) запускает программу формирования сигнала уровня загрузки уборочной машины. Он формируется контроллером на основании информации о частотах вращения вала двигателя и отдельных рабочих органов. Этот сигнал передается в электронный блок и далее на управление пропорциональным электрогидравлическим сервомеханизмом, который изменяет скорость поступательного движения МСА при отклонении значения сигнала загрузки от заданного. Таким образом осуществляется стабилизация технологической загрузки МСА.

Бортовая автоматизированная система управления технологическими, энергетическими и эксплуатационными режимами работы МСА. Она предназначена для получения, обработки, хранения и выдачи оператору информации о технологических, энергетических и эксплуатационных режимах работы МСА, о действиях, которые рекомендуется выполнить оператору для обеспечения наи-

более эффективной работы мобильного агрегата, а также об отклонениях от нормальной работы технологических и энергетических режимов МСА. Бортовая автоматизированная система (БАС) позволяет в целом повысить технический и экологический уровни МСА за счет контроля и учета их основных показателей работы, снижения расхода топлива, улучшения условий труда операторов, увеличения срока службы двигателя и МСА в целом, снижения вредного воздействия МСА на окружающую среду, растительность, человека, а также существенного повышения производительности работы МСА.

БАС включает:

1. Комплект датчиков: нагрузки двигателя, действительной скорости поступательного движения МСА, частоты вращения колес трактора (теоретической скорости поступательного движения МСА), вращения коленчатого вала двигателя, вращения ВОМ, вращения узлов прицепной машины (орудия), номера включенной передачи, температуры охлаждающей жидкости двигателя, температуры масла двигателя, давления масла в двигателе, давления масла в гидросистеме МСА, уровня топлива в баке, заряда аккумуляторной батареи.

Исходя из требований безопасности и своевременной остановки МСА в критических ситуациях информационные параметры, приведенные ниже, следует считать аварийными: температура охлаждающей жидкости, давление масла в двигателе, температура масла двигателя, давление в гидравлической системе, частота вращения ВОМ, рабочих органов, заряд аккумуляторной батареи.

Отдельные датчики БАС могут быть штатными для трактора (комбайна).

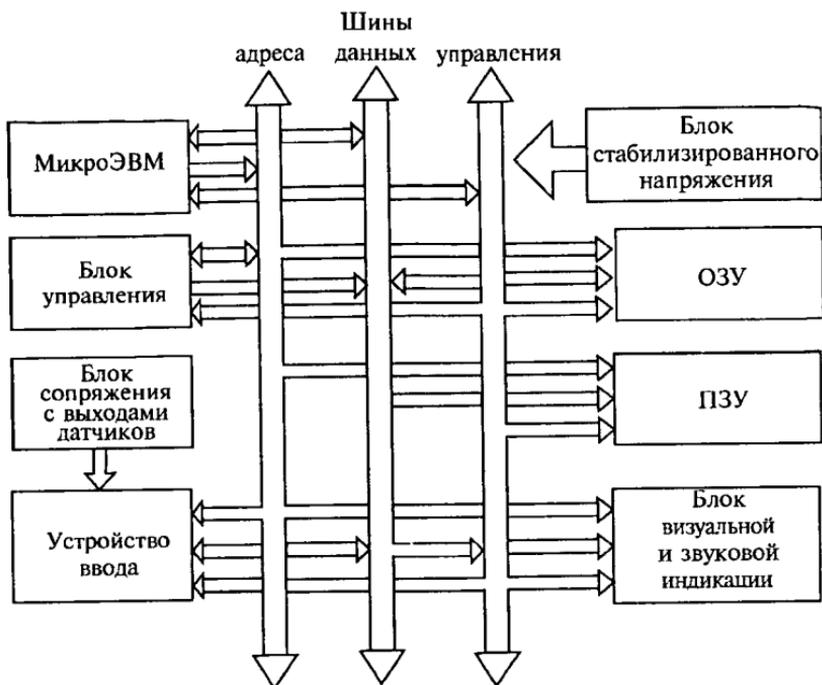
2. Блок хранения, обработки и выдачи информации.

3. Блок стабилизированного напряжения.

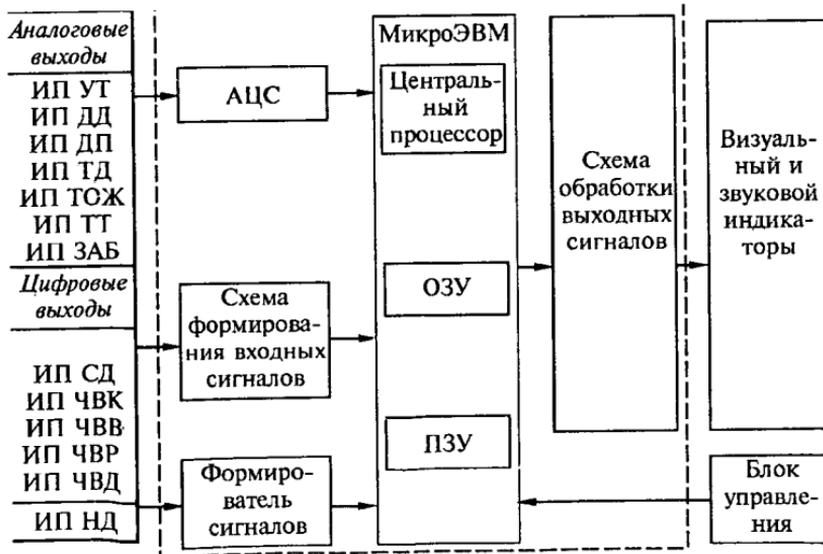
Структура БАС приведена на рисунке 6.18, а. Она включает следующие основные узлы: микроЭВМ с центральным процессором, блоки управления, визуальной и звуковой индикации, сопряжения с выходами измерительных преобразователей, устройство ввода, запоминающие устройства оперативное (ОЗУ) и постоянное (ПЗУ), блок стабилизированного напряжения.

МикроЭВМ с центральным процессором и ОЗУ — основной базовый узел, осуществляющий управление и синхронизацию работы всех узлов БАС. Связь микроЭВМ с другими блоками организована с помощью 8-разрядных шин данных и управления, а также 12-разрядной адресной шины. МикроЭВМ представляет собой функционально-законченное устройство, содержащее на одном кристалле центральный процессор, ОЗУ данных, многоканальный интерфейс ввода-вывода, 8-разрядный таймер-счетчик, схему прерываний, тактовый генератор, устройство синхронизации.

Блок управления предназначен для выбора вводимой для БАС и выводимой на световой индикатор (монитор) информации, коррекции работы таймера (часов), задает различные режимы работы БАС.



а



б

Рис. 6.18. Структура бортовой автоматизированной системы

Блок визуальной и звуковой индикации позволяет представлять контролируемые БАС информационные параметры работы МСА в цифровом (например, скорость МСА, расход топлива, время, температуру, давление и др.) или аналоговом (тахометр, уровень топлива в баке, нагрузка двигателя, уровень заряда аккумуляторной батареи и др.) виде. Такой блок индикации позволяет также инициализировать контролируемый параметр с помощью светодиодных указателей различных пиктограмм, например аварии в какой-либо системе МСА (путем зажигания надписи «Стоп»). Звуковая индикация формирует прерывистые сигналы в случае появления аварийных режимов работы каких-либо систем (узлов) МСА.

Блок сопряжения с выходами датчиков обрабатывает аналоговые и цифровые сигналы датчиков в удобные для восприятия БАС. Такие устройства включают аналого-цифровую систему сбора данных (АЦС), усилители-ограничители, схему устранения дребезга контактов, делители напряжения.

Устройство ввода предназначено для ввода цифровой информации в микроЭВМ. Основу устройства составляет программируемый параллельный интерфейс.

ОЗУ предназначено для временного хранения информации, данных или промежуточных результатов вычислений.

ПЗУ предназначено для хранения и вывода 8-разрядного кода данных из ячеек памяти в соответствии с 12-разрядным кодом адреса и управляющими сигналами, поступающими с микроЭВМ. Программы хранятся в ПЗУ независимо от подачи на него напряжения питания.

Блок стабилизированного напряжения преобразует напряжение аккумуляторной батареи в стабилизированное напряжение +5 В, необходимое для питания всех интегральных микросхем БАС.

Виды используемых в БАС датчиков различных информационных, энергетических, технологических и эксплуатационных параметров МСА приведены на развернутой структурной схеме, показанной на рисунке 6.18, б.

В качестве измерительных преобразователей используют следующие датчики: УТ — уровня топлива в баке, ДД — давления масла в двигателе, ДП — давления в пневматической системе, ТД — температуры в двигателе, ТОЖ — температуры охлаждающей жидкости в двигателе, ТТ — температуры масла в трансмиссии МСА, ЗАБ — напряжения аккумуляторной батареи, СД — скорости поступательного движения МСА, ЧВД — частоты вращения коленчатого вала двигателя, ЧВК — частоты вращения колес (трактора или комбайна), ЧВВ — частоты вращения ВОМ, ЧВР — частоты вращения рабочих органов, НД — нагрузки двигателя.

Обработывают сигналы всех датчиков в микроЭВМ. В системе используют микроЭВМ с однополярным источником питания (+5В). При выходе какого-либо параметра МСА за допустимые пределы на индикаторе загорается надпись «Стоп» и подается пре-

рывистый звуковой сигнал. В новой системе возможны выдача на информационное табло рекомендаций — советов (выбор конкретного номера передачи, увеличение или уменьшение подачи топлива, изменение скорости движения МСА и др.), прогнозируемых значений отдельных информационных параметров.

Основными блоками БАС являются микроЭВМ и аналого-цифровая система (АЦС). С учетом технических требований, предъявляемых к БАС, простоты и надежности аппаратных средств, а также минимизации их стоимости в качестве микроЭВМ выбран однокристальный микропроцессор. Существенные преимущества последнего: дешевизна, однополярность питающего напряжения, совместимость входных и выходных сигналов с современными микросхемами. Применение АЦС вместо традиционных АЦП значительно повышает технические и эксплуатационные характеристики БАС. Основными преимуществами такой АЦС являются: организация связи с микропроцессорными устройствами по принципу прямого доступа к памяти, реализация алгоритма последовательной обработки аналоговых сигналов по всем (восьми) независимым входам, возможность функционирования с одним (по полярности) источником питания, низкая мощность потребления, монотонность и стабильность передаточной характеристики.

В функциональный состав АЦС сбора данных входят (рис. 6.18, б): аналоговый мультиплексор; аналого-цифровой преобразователь; ОЗУ с организацией памяти 8×8 ; схема фиксации адреса и выбора канала; буферный регистр с тремя уровнями логических состояний.

Аналоговый мультиплексор выполняет последовательное переключение всех (восьми) аналоговых каналов, по каждому из которых статическое ОЗУ (емкостью 8×8 бит) сохраняет результаты преобразования по каждому из аналоговых каналов. Схема фиксации адреса и выбора канала обеспечивает последовательный опрос каналов АЦС, фиксацию адреса, запись в ОЗУ по сигналу *WR* и считывание по сигналу *RD*. Буферный регистр осуществляет согласование уровней сигналов с разрядной шиной данных. Схема работает в однополярном режиме для входных напряжений положительной полярности с амплитудами от 0 до 2,5 В.

После включения питания БАС выполняет самотестирование, после чего переходит в режим информирования с отображением на панели контролируемых параметров МСА. В процессе работы оператор может вызвать на дисплей показания и значения любого из контролируемых параметров технологического или энергетического режима работы МСА. БАС одновременно информирует оператора о выходе отдельных параметров (например, скорости движения МСА, его буксования и др.) за пороговые значения.

При движении МСА импульсы, пропорциональные его скорости движения, поступают в процессор. В последнем вычисляются соответствующие параметры: истинная скорость, значение буксо-

вания, пройденный МСА путь, размер обработанной площади и др. Оператор может значение любого параметра вызвать на дисплей нажатием соответствующей клавиши на панели управления. Истинная скорость непрерывно сравнивается с заданными допустимыми ее значениями. При выходе значения скорости за допустимые пределы включается визуальная и звуковая сигнализация, продолжающаяся до того момента времени, пока значение скорости не войдет в заданный диапазон. Аналогично контролируется величина буксования.

Принцип действия датчика нагрузки дизельного двигателя основан на известном положении, что в моменты касания ограничителем подачи топлива его упора мощность, развиваемая двигателем, будет максимальной, а режим его работы по топливной экономичности — близким к оптимальному. Регистрация датчиком соответствующего положения ограничителя с учетом тенденций изменения частоты вращения вала двигателя позволяет прогнозировать нагрузку последнего. Кроме того, такой измеритель нагрузки дает возможность в полевых условиях контролировать реальную рабочую характеристику двигателя, что достигается непрерывной регистрацией (в нагрузочной характеристике двигателя) точки перехода корректорной ветви на регуляторную.

Измерение скорости поступательного движения МСА (трактора, комбайна, машины) позволяет: контролировать его действительную (в отличие от теоретической) скорость движения; измерять буксование движителей энергетического средства; оперативно определять обработанную площадь или пробег. Действительную скорость МСА измеряют с помощью радарных датчиков, работающих на основе доплеровского эффекта. Использование доплеровского эффекта осуществляется излучением электромагнитных или акустических колебаний на опорную поверхность (на почву, дорогу) под определенным углом α и приеме отраженных от этой поверхности колебаний. Излучатель и приемник устанавливают на МСА. При движении излучателя отраженный от земли сигнал, принятый приемником, будет иметь частоту Доплера $f_{Д}$, отличающуюся от излученной на

$$f_{Д} = \frac{2v_{тр}}{\lambda} \cos \alpha, \text{ откуда } v_{тр} = \frac{f_{Д}\lambda}{2\cos \alpha},$$

где $v_{тр}$ — действительная скорость МСА; λ — длина волны излучаемых колебаний; α — угол наклона оси излучателя к поверхности.

Действительную скорость движения МСА вычисляет микропроцессор, в программу которого заложено приведенное выше выражение. Для определения буксования движителей кроме значения действительной скорости необходимо знать теоретическую ско-

рость v_T движения МСА. Ее находят по частоте вращения или угловой скорости любого вала трансмиссии, соответствующему передаточному числу и радиусу ведущего колеса. Вычисленную по этим данным теоретическую скорость бортовой компьютер сопоставляет с действительной скоростью энергетического средства по известной формуле. Если результаты расчета бортового микропроцессора вывести на панель приборов, то в процессе работы можно контролировать текущее значение действительной скорости и коэффициент буксования движителей энергетического средства:

$$\delta = \frac{v_T - v_{TP}}{v_T}.$$

Зная действительную скорость и ширину захвата агрегируемого с трактором орудия, можно контролировать текущую производительность МСА.

В БАС датчик действительной скорости МСА реализует также принцип радиолокационного измерения. Он включает СВЧ приемо-передающий блок интегрального исполнения и антенну с фазированной решеткой. Приемо-передающий блок содержит транзисторные генератор и смеситель. Излучаемый сигнал имеет частоту 12 ГГц. Ширина диаграммы направленности антенны составляет около 10° . На выходе датчика формируется сигнал, пропорциональный частоте Доплера. Для снижения негативного воздействия вибраций и колебаний (продольных и поперечных) трактора на датчик действительной скорости последний устанавливают вблизи центра масс на корпусе, задней полураме или на раме двигателя (соответственно для тракторов К-701, Т-150К, МТЗ-82). Высота установки такого ИП колеблется от 500 до 1100 мм от поверхности земли. Диаграмма направленности ИП скорости должна быть сконцентрирована в колесе трактора.

ИП теоретической скорости (стандартный индукционного типа с импульсным выходом) установлен на ведущем мосту трактора (для трактора К-701 можно использовать штатный ИП оборотов спидометра) и измеряет частоту вращения его ведущих колес. В БАС с учетом радиуса и частоты вращения ведущего колеса осуществляется расчет теоретической скорости МСА.

Контрольные вопросы и задания

1. Изложите особенности реальной работы МСА. 2. Объясните назначение систем автоматического контроля и управления режимами работы МСА. 3. Объясните принцип работы САК посевных агрегатов. 4. В чем заключается принцип работы САК уборочных машин? 5. Каков принцип работы САУ положением рабочих органов МСА? 6. Расскажите о работе САУ загрузкой уборочных комбайнов. 7. Как САУ управляет движением МСА? 8. Расскажите, как работает функциональная схема микропроцессорной системы управления МСА.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА****7.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА**

Согласно научно обоснованным нормам питания человек должен равномерно в течение всего года потребить 130...150 кг овощей и 120 кг картофеля. Однако суровые климатические условия не позволяют получать овощи из открытого грунта равномерно в течение круглого года. Так, в первой половине года населению поступает менее 10 % овощей, а в июле—сентябре — более 90 % огурцов и 70 % томатов. С целью равномерного потребления населением овощей в течение года около 25 % всего их количества должно выращиваться в сооружениях защищенного грунта (теплицах, парниках, утепленном грунте и т. п.).

Теплицы, особенно зимние, представляют собой весьма сложные, дорогостоящие и энергоемкие технические объекты с разветвленными системами электро-, тепло- и водоснабжения и канализации.

На производство 1 кг тепличных овощей в средней полосе расходуется до 200 МДж тепловой и 2,3 кВт·ч электрической энергии. Для обогрева 1 га площади зимних теплиц требуется за сезон более 2 тыс. т условного топлива, т. е. на порядок больше, чем для обогрева такой же площади жилых помещений.

Механизация и автоматизация ТП в сооружениях защищенного грунта резко сокращают затраты труда и себестоимость продукции, повышают энерговооруженность труда и на 10...15 % урожайность овощей, затраты труда на 1 га защищенного грунта достигают 180 тыс. чел.-ч в год.

Сооружения защищенного грунта разделяют на утепленный грунт, парники и теплицы.

Утепленный грунт — это необогреваемые и обогреваемые земельные участки, предназначенные для выращивания рассады и ранних овощей. *Необогреваемый грунт* характеризуется малогабаритными пленочными укрытиями или переносными укрытиями из матов, рогож, пленок, используемых для укрытия огородных грядок на ночь и на период резких похолоданий. В необогреваемом грунте в качестве источника теплоты используется солнечная энергия. В *обогреваемом грунте* источником теплоты служит солнечная энергия, биотопливо (свежий навоз, растительные отходы), горячая вода или электрическая энергия.

Парники — это полностью или частично заглубленные в почву каркасные сооружения со съемным светопрозрачным покрытием на небольшой земельной площади, обслуживаемой снаружи. Парники предназначены для выращивания рассады для открытого грунта и получения ранних овощей. Парники, заглубленные на 0,4...0,8 м, шириной до 1,4 м любой длины изготавливают из дере-

вянных или железобетонных стен и закрывают стеклянными и пленочными рамами стандартного размера 1,06 × 1,60 м, а на ночь и на период похолодания — дополнительно соломенными матами размером 1,2 × 2 м при толщине 50...60 мм. Почва в парниках обогревается солнечной энергией, биотопливом, горячей водой или электроэнергией. Наиболее совершенны парники с техническими видами обогрева, позволяющими легче управлять температурой воздуха и почвы в парниках.

Теплицы — это наиболее совершенный и технически оснащенный вид сооружений защищенного грунта. Теплица позволяет при помощи технических средств выращивать растения в любое время года. В отличие от парников все работы по выращиванию овощей в теплице ведут внутри культивационного сооружения. Теплицы предназначены для выращивания ранних и внесезонных овощей, а также рассады для открытого и защищенного грунта.

По виду профиля поперечного сечения зимние теплицы делят на ангарные (однопролетные) и блочные (многопролетные).

Ангарные теплицы представляют собой сооружения площадью 600...3000 м² с двухскатной арочной светопроницаемой кровлей без внутренних опорных стоек. Несущими опорами для крыши служат металлические или деревянные арки, закрепленные непосредственно на фундаменте или опорных стойках стен теплицы.

Блочные теплицы представляют собой объединение нескольких ангарных теплиц с заменой примыкающих одна к другой боковых стен опорными стойками. Стыки крыши смежных секций шириной 6,4 м соединяют желобами, которые являются опорой для элементов кровли и служат для отвода дождевой воды. В целом все секции образуют единое помещение площадью от 1 до 3 га. Благодаря такой компоновке металлические конструкции блочных теплиц изготавливают на заводах. Эти теплицы самые экономичные при строительстве, так как расход металла составляет 7...9 кг/м². Оптимальная площадь блочной теплицы 1 га, а тепличного комплекса, состоящего из 3...12 отдельных блоков, — 18...60 га.

Преимущества ангарных теплиц — лучшая освещенность, возможность применения почвообрабатывающих и транспортных машин. Но из-за большой высоты и ширины ангарной теплицы площадь светопроницаемых ограждений ее завышена, что увеличивает теплопотери. Эти теплицы на 30...35 % дороже, но зато выдерживают большие снеговые нагрузки, не требуют специальных устройств для стаивания снега зимой и хорошо вентилируются летом. Ограждения теплиц выполняют из листового стекла толщиной 4 мм, укладываемого внахлест по металлическим направляющим.

Применяют также двойное остекление и полимерные покрытия достаточной прочности и высокой теплоизолирующей способности. С целью уменьшения теплопотерь используют трансформирующиеся (свертывающе-развертывающиеся) экраны из полимерных материалов (акрил). При этом экономия теплоты достигает 30...40 %.

По срокам использования теплицы делят на *зимние* (работающие круглогодично) и *весенние* (функционирующие с февраля по октябрь). Зимние теплицы в 2...3 раза дороже весенних из-за массивных строительных конструкций и большей насыщенности теплотехническими установками.

Башенные гидропонные теплицы — это многоэтажные стеклянные или светонепроницаемые сооружения высотой 20...40 м при экономном использовании земли. По высоте теплицы сооружен непрерывный конвейер со стеллажами для растений и питательного раствора. При движении конвейера растения на стеллажах в нижнем положении получают минеральную подкормку и увлажнение. Такую теплицу можно строить в любом месте: на бросовых землях или как пристройку к многоэтажному дому в городе.

7.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ СООРУЖЕНИЙ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Для сравнительной оценки сооружений защищенного грунта используют ряд показателей, характеризующих световой, тепловой, водный, воздушно-газовый и питательный режимы.

Световой режим определяется степенью использования солнечной энергии, которая характеризуется интегральным коэффициентом проницаемости световой и инфракрасной солнечной энергии через светопроницаемые ограждения защищенного грунта.

Коэффициент проницаемости $k_{\text{п}}$ равен отношению потока солнечной энергии $\Phi_{\text{т}}$, прошедшего через ограждения, к потоку энергии $\Phi_{\text{п}}$, поступившему от солнца: $k_{\text{п}} = \Phi_{\text{т}}/\Phi_{\text{п}}$.

Значение $k_{\text{п}}$ зависит от коэффициентов пропускания $k_{\text{м}}$, затенения $k_{\text{з}}$ и загрязнения $k_{\text{т}}$ светопроницаемого материала, а также от коэффициента $k_{\text{γ}}$, зависящего от угла падения светового потока на плоскость светопроницаемого материала:

$$k_{\text{п}} = k_{\text{м}} (1 - k_{\text{з}}) (1 - k_{\text{т}}) k_{\text{γ}}.$$

Коэффициент пропускания $k_{\text{м}}$ характеризует светопроницаемость материала. Например, для стекла он равен 0,8...0,85, для синтетических пленок — 0,85...0,9, для стеклопластика — 0,75...0,85.

Коэффициент затенения характеризует площадь светонепроницаемых ограждений. Он равен отношению площади тени от светонепроницаемых ограждений $S_{\text{н}}$, закрывающей защищенный грунт, к общей площади защищенного грунта $S_{\text{т}}$: $k_{\text{з}} = S_{\text{н}}/S_{\text{т}}$. Коэффициент затенения для современных теплиц составляет 0,03...0,1, а для воздухонаполненных приближается к нулю.

В процессе эксплуатации поверхность ограждения может загрязняться, вследствие чего светопроницаемость снижается до 50% ($k_{\text{т}} \leq 0,5$). Для уменьшения значения проникающего потока солнечной энергии на летний период остекленные ограждения забеливают 10%-м раствором мела.

В теплицах на Севере овощи выращивают при искусственном свете (электросветокультура). Для этого применяют электрические лампы накаливания и люминесцентные лампы с установочной мощностью для огурцов до 700 Вт и для томатов до 900 Вт на 1 м², стремясь создать освещенность растений не менее 5...8 тыс. лк.

В центральной климатической зоне электродосвечивание применяют только в рассадном отделении с удельной мощностью до 200 Вт/м².

Тепловой режим сооружений должен обеспечивать оптимальные температуры воздуха и почвы в соответствии с фазами роста и типом растений, способом выращивания и освещенности. Оптимальная температура воздуха для теплолюбивых культур (томат, огурец, баклажан, перец) при солнечной погоде равна 24 ± 4 °С, в пасмурную погоду 22 °С, ночью 15...20 °С, для умеренно требовательных к теплоте культур (редис, салат, сельдерей, укроп и т. п.) 16 ± 4 °С. Оптимальное значение среднесуточной температуры почвы для первых культур должно быть 22...26 °С, для вторых — на 3...4 °С ниже. При прорастании семян всех культур температуру почвы поддерживают на уровне 20...25 °С, а после появления всходов снижают до 18...20 °С для теплолюбивых и до 6...8 °С для умеренно требовательных к теплоте растений.

Тепловой режим культивационных сооружений поддерживают при помощи технических средств обогрева и вентиляции. Он определяется коэффициентами теплопроводности и теплопередачи ограждений, а также конструктивными особенностями сооружений.

Коэффициент теплопроводности зависит от материала ограждения: для стекла он равен 0,34 Вт/(м · К), для синтетических пленок — 0,26...0,29, для стеклопластика — 0,24 Вт/(м · К).

Коэффициент теплопередачи зависит не только от материала ограждения, но и от условий теплообмена. В существующей практике для теплиц с ограждением из стекла толщиной 4 мм его принимают равным 6,38 Вт/(м² · К), для однослойных пленочных ограждений — 9,1...11,6, для двухслойных пленочных ограждений — 4,72...6,94 Вт/(м² · К).

Конструктивные особенности сооружений характеризуются коэффициентами ограждения k_o и объема k_v . *Коэффициент ограждения* k_o равен отношению площади светопроницаемого ограждения S_c к инвентарной площади $S_{п.}$ теплиц:

$$k_o = S_c / S_{п.}$$

Для ангарных теплиц $k_o = 2...2,5$, а для блочных теплиц — 1,15.

Коэффициент объема определяют как отношение объема теплицы к инвентарной ее площади. Этот коэффициент численно равен средней высоте сооружения. При вычислении коэффициента объема исходят из возможности создания оптимальных условий для роста растений и механизации технологических процессов.

Однако с увеличением высоты теплицы повышаются коэффициенты ограждения и соответственно затраты на обогрев.

Водный режим. Урожайность в культивационных сооружениях существенно зависит от влажности почвы и относительной влажности воздуха. Влажность почвы необходимо поддерживать на уровне 75...90 % полной полевой влажности (ППВ), а относительную влажность воздуха для рассады огурцов и баклажанов — 65...75 %, томата и перца — 55...65, салата и капусты — 60...70 %. В послерассадный период относительная влажность воздуха для огурцов и баклажанов должна быть 85...95 %, томата и перца — 55...65, салата и капусты — 75...85 %.

Влажностью почвы и воздуха управляют при помощи различных устройств орошения (дождевание, полив из шлангов, подпочвенный полив, капельный полив). Температура воды для полива должна быть на уровне температуры почвы и воздуха в теплице (20...25 °С).

Воздушно-газовый режим в значительной мере определяет продуктивность фотосинтеза и конечную урожайность овощных культур. Растениям необходим кислород для дыхания и диоксид углерода (углекислый газ) для фотосинтеза. Наибольшее значение имеет диоксид углерода (CO_2), оптимальное значение которого в воздухе для огурцов должно составлять 0,25...0,35 %, для томата — 0,1...0,15 %, т. е. в 3...12 раз больше, чем в открытой воздушной среде.

Содержание CO_2 в теплицах повышают, сжигая природный газ в специальных горелках или используя газы из котельных.

Для нормального роста растений и предохранения их от заболеваний необходима постепенная смена воздуха в надземной части растений. Оптимальный воздушно-газовый режим обеспечивает повышение урожая до 20 %.

Режим питания. Интенсивное использование почвы в теплицах под две-три культуры за сезон предъявляет повышенные требования к составу субстратов и минеральному питанию.

Почвенные смеси для теплиц и парников приготавливают легкими, плодородными, структурными. Для приготовления таких смесей используют дерновую и полевую землю, перегной, торф, песок, древесные опилки, навоз, соломенную резку и т. п. с оптимальным содержанием азота, фосфора, калия, магния и других минеральных удобрений. На основе агрохимических анализов почвенных смесей применяют корневые и внескорневые подкормки растворами минеральных макро- и микроэлементов.

Большую роль в жизнедеятельности растений играет реакция среды, которая определяется значением pH. Необходимость управления величиной pH возникает при подготовке и внесении в почву жидких минеральных удобрений.

Выращивание овощей без почвы на питательных растворах называется *гидропонным методом* (гидропоника в переводе с греческого означает «работа водой»).

При использовании гидропонного метода в качестве заменителя почвы используют твердые инертные субстраты (щебень, гравий,

керамзит), органические субстраты (древесные опилки, мох, верховой торф) и ионитные смолы. Заменители почвы засыпают в стеллажи, в которые затем высаживают рассаду и по соединительным каналам из резервуара подают специальный питательный раствор.

Стоимость таких теплиц в два раза выше, чем почвенных, из-за необходимости оснащения гидропонных теплиц стеллажами для размещения субстрата, растворным узлом с резервуарами для хранения отдельных видов жидких концентрированных удобрений и приготовления растворов минерального удобрения, системой распределительных трубопроводов питательного раствора. Технология использования раствора предусматривает периодическое (через два-три дня) регулирование значения рН, проведение еженедельного агрохимического анализа на содержание основных элементов питания и через месяц — полную замену питательного раствора.

В связи с уменьшением затрат из-за отсутствия обработки почвы удельные затраты труда в них в два раза ниже, а урожайность, по многолетним наблюдениям, выше на 20...50 %. Кроме того, сокращается период от посева до плодоношения овощей.

Гидропонный способ незаменим там, где невозможно использовать грунтовые теплицы.

7.3. СПОСОБЫ ОБОГРЕВА ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

В практике защищенный грунт обогревают за счет солнечного излучения, биологического топлива (биотоплива), горячей водой или паром от котельных, отходами теплоты промышленных предприятий, а также электронагревательными установками.

Солнечный обогрев используют в сооружениях защищенного грунта наряду с другими дополнительными видами обогрева.

Солнечные лучи, проникая через светопрозрачные ограждения, нагревают почву, воздух, растения. Нагретые тела испускают инфракрасные тепловые излучения, которые через светопрозрачные ограждения обратно практически не проникают. Поэтому внутри сооружений происходит накопление теплоты. Однако при солнечном обогреве сильно колеблются значения суточной температуры: днем она повышается, а ночью резко снижается. Солнечный обогрев в утепленном грунте и парниках широко распространен в южных районах, а также на Крайнем Севере в период полярного дня.

Биологический обогрев осуществляют за счет теплоты, выделяемой органическими материалами в процессе их разложения микроорганизмами. В качестве биотоплива используют навоз животных, городской отбросы и органические отходы промышленных предприятий. После заправки защищенного грунта биотопливом температура его постепенно за одну—три недели повышается до 60...70 °С, затем снижается до 20...30 °С и держится на этом уровне до двух месяцев. Биологический обогрев наиболее удобен в парниках и весенних небольших теплицах, где постепенное снижение температуры биотоплива компенсируется увеличением солнечно-

го излучения. Однако на заправку биотопливом требуются большие затраты труда, и в то же время практически невозможно управлять температурой его разложения.

Водяной обогрев — самый распространенный вид обогрева благодаря высоким эксплуатационным и экономическим показателям. Он характеризуется простотой устройства и низкой трудоемкостью, легкостью управления и безвредностью для растений и обслуживающего персонала, доступностью и высоким процентом использования теплоты (65...70 %).

Зимние теплицы обогревают водой температурой 70...90 °С, парники — 50...70 °С, утепленный грунт — 40 °С.

Для водяного обогрева почвы в парниках на глубине 60...65 см в песчаной подушке укладывают асбоцементные трубы диаметром 50...100 мм, а для обогрева воздуха вдоль стен под рамами прокладывают металлические трубы диаметром 50 мм с уклоном 0,003. Циркуляцию горячей воды создают принудительно при помощи электронасоса.

В блочных теплицах трубы для циркуляции горячей воды укладывают внутри и по поверхности почвы, а также вдоль стен и под стеклянной кровлей (рис. 7.1).

Основные потребители теплоты в защищенном грунте — системы обогрева воздуха и почвы в теплице. Еще примерно 14 % ее суммарного количества расходуется на обогрев коридора и служебных помещений, нагрев поливной воды и т. д. Суммарная мощность систем обогрева зимних теплиц в средней полосе России составляет около 7 МВт на 1 га.

Важнейшая характеристика теплицы — конструкция системы обогрева. В большинстве зимних теплиц применяют трубный водяной обогрев с использованием гладкотрубных регистров, размещение которых в теплицах разного типа показано на рисунке 7.1.

Основа системы обогрева — регистры обогрева шатра, лотков и кровли, требующие почти 80 % суммарной мощности системы. Ос-

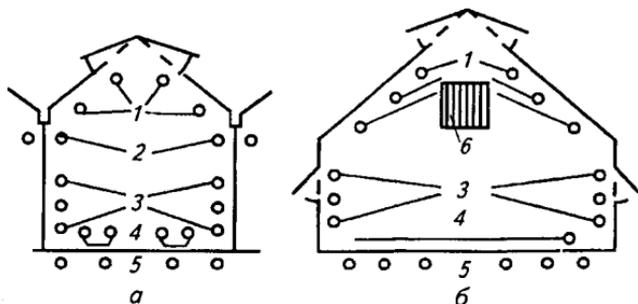


Рис. 7.1. Расположение нагревательных элементов в многопролетной (а) и ангарной (б) теплицах:

1 — кровельных; 2 — подлотковых; 3 — шатровых; 4 — надпочвенных; 5 — подпочвенных; 6 — калориферного

тальной обогрев обеспечивается надпочвенными 4 (14 %) и подпочвенными 5 (6 %) регистрами.

Высокую экономическую эффективность обогрева защищенного грунта дает использование отходов теплоты промышленных предприятий. Так, в себестоимости тепличных овощей около 60 % затрат приходится на стоимость обогрева. В то же время, используя теплоту, получаемую только от тепловых электростанций, можно обогревать около 120 тыс. га теплиц, т. е. на порядок больше имеющихся площадей теплиц. Построены теплицы, которые обогреваются низкотемпературными тепловыми отходами промышленных предприятий или геотермальными водами. Они позволяют снизить себестоимость продукции на 5...10 % и сократить расход топлива в 3...10 раз.

Электрический обогрев используют в основном в парниках. Он бывает почвенный, воздушный и комбинированный — почвенно-воздушный. Для электрообогрева применяют специальные нагревательные провода, трубчатые, оголенные проволочные, асфальтобетонные, электродные и другие нагревательные элементы.

В качестве трубчатых нагревательных элементов используют оцинкованную проволоку диаметром 2,5...3 мм, протянутую внутри керамических или асбоцементных труб диаметром 75...100 мм. Трубы прокладывают в слое песка на глубине не менее 200 мм от поверхности почвы на теплоизоляционной подложке из шлака и гравия.

Средняя удельная мощность нагревательных элементов в теплицах для южных зон должна составлять 150...180 Вт/м², а для остальных зон 180...200 Вт/м².

Оголенные проволочные нагревательные элементы выполняют из стальной оцинкованной проволоки диаметром 3...4 мм, которую укладывают в теплоаккумулирующем слое песка петлями под обогреваемой почвой и закрепляют на натяжных планках в торцах обогреваемого участка. При этом используют сниженное напряжение питания элементов (12...50 В) от специальных понижающих трансформаторов.

Электропромышленность выпускает специальные нагревательные провода ПОСХВ, ПОСХП, ПОСХВТ (провод обогревательный сельскохозяйственный с изоляцией соответственно из поливинилхлорида, полиэтилена или поливинилхлоридного пластика). Длительно допустимая температура нагрева изоляции не должна превышать 90 °С, что соответствует удельной мощности 8...11 Вт на 1 м длины провода. Провода заливают теплоаккумулирующим слоем, состоящим из цементно-песочной смеси (1 : 10), а сверху насыпают слой почвы. Провод подключают к напряжению 380/220 В.

Асфальтобетонные нагревательные элементы выполняют в виде плит толщиной 6...7 см на все дно площади парников. В плитку закладывают зигзагом стальную оцинкованную проволоку диаметром 2...3 мм, которую подключают к напряжению 380/220 В.

Электродный способ обогрева заключается в том, что в почву закладывают металлические электроды и при их помощи через почву пропускают ток, нагревающий ее. Однако этот способ не используют в практике из-за большого расхода металла (8...9 кг на 1 кВт установленной мощности обогрева), непостоянства сопротивления почвы и большой неравномерности распределения температуры по площади почвы. Как правило, установленная мощность 1 м длины электронагревателя для парника составляет 100...230 Вт, а для пленочной весенней теплицы — 100...120 Вт.

7.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ (ОПЕРАЦИИ), МЕХАНИЗИРУЕМЫЕ И АВТОМАТИЗИРУЕМЫЕ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Защищенный грунт характеризуется ежегодными затратами труда до 18 чел.-ч на 1 м² площади. Растения хорошо развиваются и плодоносят только при оптимальных значениях параметров микроклимата теплиц. Степень механизации и автоматизации технологических процессов в теплицах достаточно высокая.

Около 40 % общих затрат труда приходится на подготовительные работы, которые выполняют при помощи машин: приготовление почвенных смесей; замена, стерилизация и предпосевная обработка почвы; дезинфекция конструкций теплиц; текущий ремонт; предпосевная обработка семян; изготовление питательных кубиков; предпосевное внесение удобрений и т. д. В процессе выращивания и сбора урожая средства механизации и автоматизации используют при посеве семян и уходе за рассадой, поливе и подкормке растений, опылении растений и их защите от болезней, сборе и транспортировке овощей и растительных остатков, а также для управления параметрами микроклимата.

Для механизации подготовительных работ используют как специальные, так и сельскохозяйственные и строительные машины общего назначения. Дёрн для почвенных смесей вскрывают тракторным плугом, сгребают бульдозером, погружают на транспортные средства погрузчиком-бульдозером или экскаватором. Аналогичным образом механизирована доставка навоза, рыхлящих материалов и минеральных удобрений. При составлении почвенных смесей применяют различные экскаваторы, бульдозеры, погрузчики и специальные машины для приготовления почвенных грунтов.

В сооружениях защищенного грунта почву рыхлят на глубину 10...12 см перед каждым посевом, а перед пропариванием и при заделке навоза — на глубину не менее 22 см с оборотом пласта. Для этого используют, если позволяют конструкции культивационных сооружений, почвообрабатывающие машины общего назначения, а также специальные ротационные плуги и самоходные

электрофрезы. Для междурядной обработки почвы в теплицах в непосредственной близости от растений и сплошной обработки почвы в парниках используют ручные электромотыги.

В малых теплицах почвосмеси при сильном заражении их болезнями и вредителями меняют один раз в 2...4 года, а в тепличных комбинатах ежегодно дезинфицируют и затем промывают почвосмеси без их замены. Из многих способов дезинфекции наиболее эффективно пропаривание. При этом почву покрывают термостойкой пленкой и подводят под нее пар температурой 110...120 °С при давлении до 50 кПа. Расход пара 45...50 кг/м², длительность пропаривания 8...10 ч. После пропаривания почвосмеси для уменьшения концентрации солей промывают дождеванием в три—пять приемов с общим расходом воды 200...400 л/м².

Для борьбы с вредителями и болезнями используют также химические методы протравливания семян, обрабатывают конструкции сооружений и опрыскивают растения. Стоимость обработки почвы пестицидами составляет 20...70 % паровой, но при этом в почву вносят токсические вещества. Торфоперегнойные питательные кубики (горшочки) изготавливают на специальных станках конвейерного типа. Станок — простой по устройству. Он состоит из бункера, конвейера и штампа с электроприводом. Принцип работы следующий: при подъеме штампа лента конвейера закружачется из бункера ровным слоем торфоперегнойной массы и перемещается под штамп. Когда штамп идет вниз, лента останавливается, происходит прессовка и нарезка нескольких сот кубиков размером до 100 × 100 мм.

В защищенном грунте должен быть точный высеv, благодаря чему экономится до 40 % дорогостоящих семян овощных культур и снижаются затраты на последующее прореживание. Для посева применяют специальные парниковые сеялки. Для полива и подкормки растений минеральными удобрениями в крупных тепличных комбинатах используют стационарную систему дождевания, а в малых теплицах и парниках — передвижные насосные станции.

При подвязке растений к шпалерам, обрезке побегов и листьев, уборке и перевозке урожая применяют передвижные платформы, стремянки и ручные тележки. Готовую продукцию и оборудование перевозят с помощью электрокаров и самоходных шасси, снабженных для облегчения труда тепличными специальными поддонами и подъемниками. Для перевозки рассады из блока в блок теплиц по открытому холодному воздуху применяют крытые фургоны. Автоматизация технологических операций в сооружениях защищенного грунта дает существенный эффект: увеличивается производительность и улучшаются условия труда, экономится топливо и электроэнергия, снижается заболеваемость посадочного материала и взрослых растений, повышается урожайность и сокращаются сроки созревания растений и овощей. Условия труда и

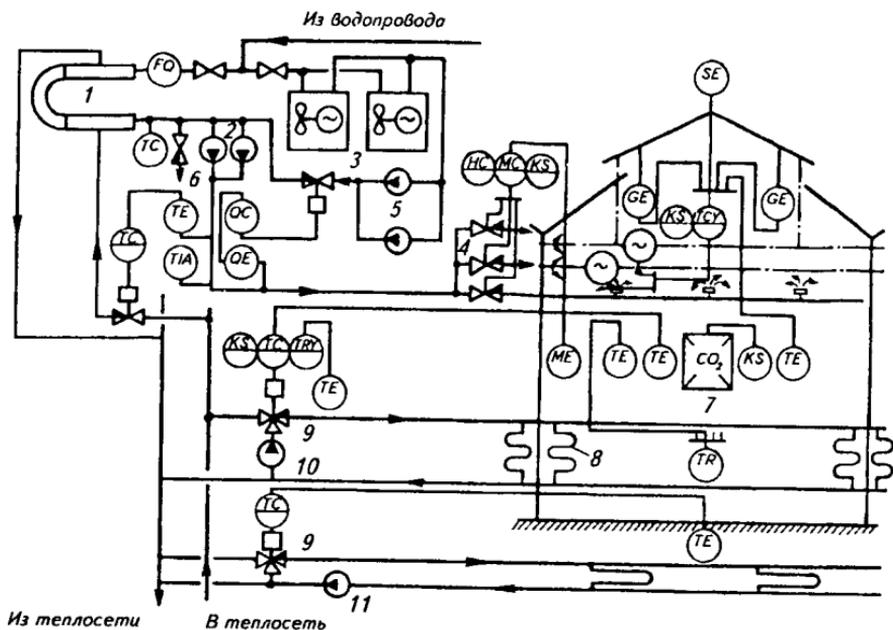


Рис. 7.2. Схема автоматизации технологического процесса в блоке многопролетной теплицы:

1 — подогреватель поливной воды; 2 — насосы-дозаторы; 3 — растворные баки с мешалками; 4 — клапаны полива; 5 — насосы; 6 — клапан сброса; 7 — генератор CO_2 ; 8 — регистры обогрева; 9 — трехходовой смесительный клапан; 10 — подмешивающий насос; 11 — циркуляционный насос

быта рабочих на автоматизированных тепличных комплексах не хуже, а иногда лучше, чем на промышленных предприятиях.

В малых теплицах и парниках уровень автоматизации по контролю и управлению микроклиматом пока невысокий и ограничивается в основном одним параметром — температурой.

На тепличных комплексах промышленного типа площадью от 3 га используют автоматические контроль и управление многими параметрами, а именно: температурой и влажностью почвы и воздуха, содержанием диоксида углерода, степенью освещенности, температурой воды для полива почвы, влажностью воздуха, вентиляцией и скоростью перемещения воздуха в теплице, концентрацией растворов минеральных удобрений почвы, значением pH и др. Для выбора оптимального режима в соответствии с внешними погодными условиями предусмотрено автоматическое слежение за ними (температурой, скоростью ветра и освещенностью) и соответствующее изменение внутренних параметров микроклимата. Средства автоматики также широко используют на вспомогательных установках тепло-, энерго-, водоснабжения и др.

Проектный объем автоматизации ТП в зимних теплицах на примере блока многопролетной теплицы площадью 6 га показан на рисунке 7.2. Допустимые отклонения температуры воздуха в теплице от уровня, заданного агротехническими требованиями, составляют $\pm 1^\circ\text{C}$, относительной влажности воздуха $\pm 5\%$, температуры воды в системе надпочвенного обогрева $\pm 2^\circ\text{C}$ и т. д.

7.5. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА И ПОЧВЫ

Важнейшие факторы, определяющие рост растений: температура, освещенность, влажность воздуха и газовый состав окружающей среды.

На Земле существует равновесие между теплотой, поступающей за счет солнечного излучения, и ее потерей. В теплице это равновесие менее устойчиво, ибо ограждение задерживает часть теплоты солнечного излучения, отраженного от почвы. Это явление называется «парниковым эффектом». Равновесие, конечно, наступает. Однако важно, чтобы это произошло при той температуре, которая нужна растению. Следует также иметь в виду, что температура самого растения может значительно (иногда на $5...10^\circ\text{C}$) отличаться от температуры почвы и окружающего воздуха.

Регламентации подлежит не только температура окружающего воздуха, но и скорость изменения, поскольку массивные части растения прогреваются медленнее и на них возможна конденсация влаги, приводящая к заболеваниям растений.

Задача системы управления микроклиматом состоит в обеспечении условий для максимальной интенсивности фотосинтеза, который зависит от температуры, так как при высоких ее значениях дыхание (обратный фотосинтезу процесс) начинает превалировать над фотосинтезом. Оптимальное значение внутренней температуры зависит от вида и фазы развития растения.

Внутренняя температура должна возрастать при увеличении освещенности. Нарушение этого условия зимой, когда температура в теплице может быть высокой, а освещенность недостаточной, вызывает дефицит углеводов и истощение растений.

Известно, что структура и параметры любой САУ определяют в соответствии с характеристиками объекта автоматизации и требованиями к качеству стабилизации параметра.

Теплицы, как ОУ температурным режимом, относятся к наиболее сложным объектам автоматизации. Определение их характеристик сопряжено с известными трудностями, обусловленными особенностями объектов и условиями их функционирования.

Основные управляющие воздействия в холодное время года — изменения температуры и расхода теплоносителя в системе обо-

грева теплицы, режима работы калориферов, в теплое время года — открытие вентиляционных форточек.

Основные контролируемые возмущающие воздействия — изменения наружной температуры, скорости ветра и уровня естественной освещенности. Кроме перечисленных параметров, на температурный режим теплицы влияют также влажность наружного воздуха, осадки и другие метеорологические факторы.

Статические и динамические характеристики объекта зависят от начальных значений расхода и средней температуры воды в системе трубного обогрева. Эта зависимость слабеет только при больших расходах теплоносителя, что объясняется стабилизацией коэффициента теплоотдачи от воды к внутренней поверхности труб при скоростях движения воды, превышающих 0,1 м/с.

Постоянная времени теплицы по каналам управляющих воздействий определяется тепловой емкостью системы трубного обогрева и собственно теплицы. Запаздывание изменения температуры воздуха в теплице при изменении мощности системы трубного обогрева зависит от конструкции самой теплицы и ее системы обогрева, направления движения теплоносителя в трубах и места расположения измерительных преобразователей. Время запаздывания для различных каналов управления неодинаково.

Наличие зеленой массы растений в значительной степени определяет нестационарность теплицы как ОУ температурным режимом. За время от высадки рассады до начала сбора урожая из-за увеличения зеленой массы в объеме теплицы постоянная времени объекта увеличивается в 1,1...1,3 раза, коэффициент теплопередачи уменьшается в 1,5 раза, а время запаздывания, зависящее от скорости распространения воздушных потоков, увеличивается на 300...400 с.

Таким образом, если инерционность объекта оценивать по отношению τ/T , то теплица относится к числу наиболее сложных объектов. Кроме того, решение задачи автоматизации осложняется большими абсолютными значениями τ и T , очень малой инерционностью объекта по каналам передачи возмущающих воздействий и достаточно жестким требованием к точности стабилизации температуры ($\pm 1^\circ\text{C}$).

В теплый период года температурный режим в теплице поддерживается системой естественной вентиляции, образованной многочисленными поворотными форточками (фрамугами), приводи-

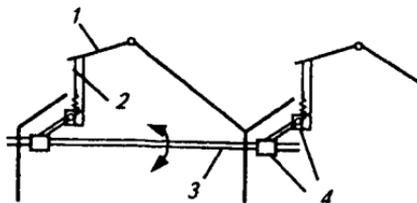


Рис. 7.3. Схема механизма открытия форточек в теплице:

1 — форточка; 2 — рейка; 3 — вал;
4 — редуктор

мыми в движение специальными исполнительными механизмами (рис. 7.3). Суммарная площадь поднимающейся кровли составляет 25...50 % в зависимости от зоны размещения тепличного комбината.

Технические решения по автоматизации управления температурным режимом в многопролетных блочных и ангарных теплицах различаются, а потому далее рассмотрены самостоятельно.

7.6. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ В БЛОЧНЫХ ТЕПЛИЦАХ

СУ температурным режимом для холодного (режимом обогрева) и теплого (режимом вентиляции) времени года существенно различаются.

СУ режимом обогрева. В холодное время года управление температурным режимом в теплице может быть обеспечено за счет изменения температуры t (качество) или расхода G (количество) теплоносителя.

Температуру теплоносителя изменяют с помощью трехходового смесительного клапана 9 (см. рис. 7.2), сконструированного таким образом, что при перемещении плунжера h (рис. 7.4, а) расходы горячей G_1 и охлажденной G_2 воды изменяются в равных долях, но с разным знаком. Поэтому суммарный расход воды через клапан G_T от положения плунжера не зависит, но температура t_T ее изменяется. Заметим, что это положение выполняется только при стабильном и одинаковом давлении в обоих входных патрубках ($p_1 = p_2$).

Типовой вариант САУ — одноконтурная система управления отклонением температуры $t_{вн}$ внутри теплицы (рис. 7.5).

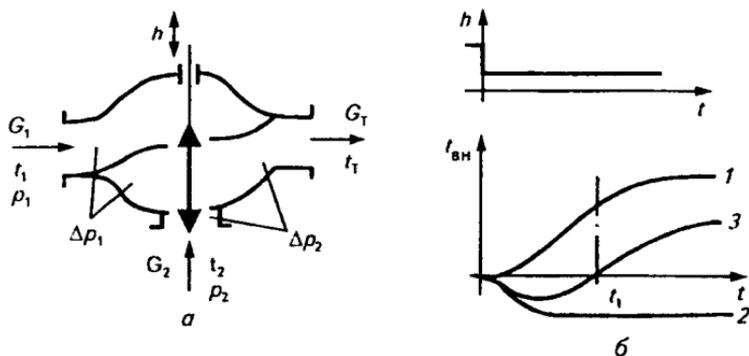


Рис. 7.4. Трехходовой смесительный клапан (а) и кривые разгона для теплицы по каналу $h \rightarrow t_{вн}$ (б):

1, 2, 3 — кривые разгона

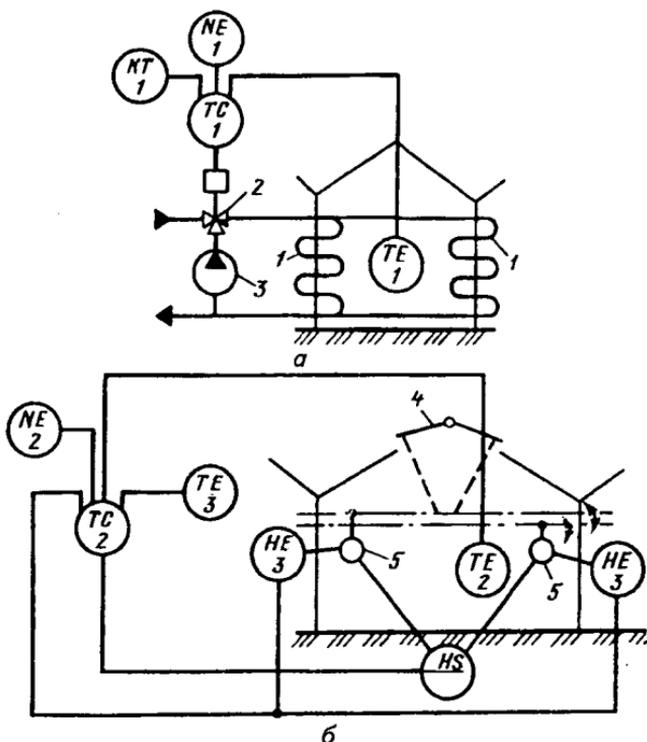


Рис. 7.5. Функциональная схема САУ температурой в блочной теплице в режиме обогрева (а) и в режиме вентиляции (б):

1 — системы трубного обогрева; 2 — трехходовой смесительный клапан; 3 — насос; 4 — форточки; 5 — исполнительные механизмы привода форточек

Горячая вода из тепловой сети поступает во входной горизонтальный патрубок трехходового смесительного клапана 2. Одновременно насос 3 подает во входной вертикальный патрубок определенное количество охлажденной воды, прошедшей уже по трубам системы обогрева теплицы 1. Образующаяся в результате смешивания потоков вода с температурой t_r поступает в систему обогрева теплицы. Температура в средней точке теплицы (измерительный преобразователь $TE1$) поддерживается ПИ-регулятором $TC1$, управляющим клапаном 2.

В ночные часы, когда фотосинтеза нет, температура в теплице должна быть понижена на 4...6 °С. Операция понижения температуры называется технологическим переходом «день—ночь» и выполняется по команде реле времени $KT1$ (см. рис. 7.5, а). Это реле должно быть настроено таким образом, чтобы к восходу солнца теплица была уже разогрета.

В дневные часы температура воздуха в теплице автоматически корректируется в зависимости от уровня естественной освещенности, измеряемой преобразователем *NE1*. В корпусе преобразователя объединены фотодиод и усилитель. Корпус накрыт рассеивателем света шарообразной формы.

Кривая 3 разгона для теплицы (см. рис. 7.4, б) представляет собой результирующую двух кривых: 1 — по каналу $t_t \rightarrow t_{\text{вн}}$ и 2 — по каналу $G_t \rightarrow t_{\text{вн}}$.

СУ режимом вентиляции. В теплое время года управление температурным режимом в теплице может быть обеспечено за счет изменения степени открытия форточек или за счет действия системы испарительного охлаждения.

Требуемая степень открытия форточек обеспечивается работой самостоятельной одноконтурной САУ отклонением температуры в средней точке теплицы (рис. 7.5, б).

Независимость действия обеих САУ температурным режимом возможна благодаря тому, что регулятор температуры в режиме вентиляции срабатывает при температуре на 2...4 °С выше, чем регулятор в режиме обогрева.

Регулятор температуры *TC1* (рис. 7.5, а) действует по П-закону, поддерживая соотношение между температурой в теплице (преобразователь *TE2*, рис. 7.5, б) и степенью открытия форточек 4 (преобразователь *HE3*). Диапазон срабатывания регулятора автоматически корректируется в зависимости от уровня естественной освещенности (преобразователь *NE2*), а предельная степень открытия форточек — в зависимости от текущего значения наружной температуры, контролируемой измерительным преобразователем *TE3*.

В зависимости от направления и силы ветра регулирующее воздействие с помощью переключателя *HS* может быть направлено к одному из двух рядов форточек или к обоим одновременно.

В современных САУ вентиляцией теплиц применяют устройства защиты, закрывающие форточки при аварийной скорости ветра. Соответствующая команда выдается спустя 60 с после того, как чашечный анемометр зафиксировал аварийную ситуацию. Спустя 2500 с (время хода исполнительного механизма) должен поступить сигнал, подтверждающий закрытие форточек. Запрет на открытие форточек снимается только через 300 с после того, как скорость ветра понизится до нормального значения.

7.7. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ МИКРОКЛИМАТОМ В АНГАРНЫХ ТЕПЛИЦАХ

В ангарных теплицах в основном используется комбинированный обогрев: водяной (почвы и воздуха) и калориферный (воздуха). Основной обогрев обеспечивают греющие регистры, а дополнительный — калориферы. От калориферов подогретый воздух

подается по воздуховодам и распределяется вентиляционной системой по всей теплице. Благодаря малой инерционности калориферного обогрева можно с высокой точностью управлять температурой воздуха.

Вентиляция теплицы осуществляется через форточки, расположенные в боковых стенах и на кровле. Увлажнение воздуха происходит путем распыления воды через форсунки, закрепленные в подвешенных в теплице водопроводах на расстоянии примерно 3 м одна от другой. Для сбора и отвода воды, образующейся на конструкциях теплицы при распылении и конденсации влаги, устроены специальные желоба, по которым вода стекает в канализацию. Вода, необходимая для увлажнения воздуха и полива почвы, поступает из водоподогревателя под постоянным давлением, создаваемым насосной станцией. Для полива используют дождевальную установку или шланги. Температура воды должна быть 16...25 °С.

В сельском хозяйстве применяют несколько комплектов оборудования для управления микроклиматом теплиц, например АМТ-600, СК-2, ОРМ-1, УТ-12 и др. В качестве примера рассмотрим принцип работы комплекта УТ-12.

Основная элементная база этого комплекта — микропроцессорные логические элементы.

Оборудование комплекта УТ-12 размещено в отдельных шкафах и включает в себя САУ:

температурой воздуха в теплицах, бытовых помещениях и коридоре;

температурой почвы;

температурой поливной воды;

влажностью почвы и воздуха;

концентрацией растворов минеральных удобрений;

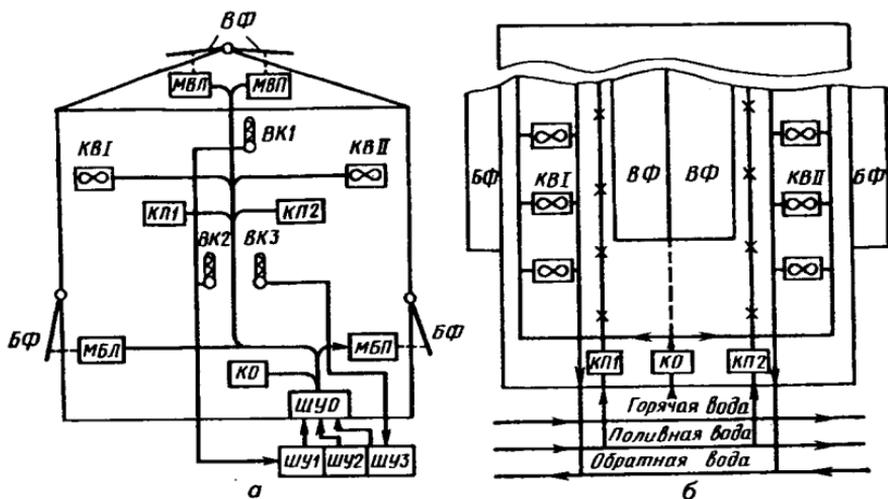
подачей диоксида углерода и облучением растений.

Комплект рассчитан на управление указанными параметрами в 12 отделениях теплиц, а также температурой в соединительном коридоре и в бытовых помещениях. Он поддерживает температуру воздуха, почвы и поливной воды с точностью до $\pm 1,5$ °С в диапазоне заданных температур (0...40 °С) и концентрацию растворов минеральных удобрений. Кроме управления параметрами микроклимата, комплект УТ-12 измеряет и регистрирует их.

В первом шкафу управления ШУ1 (рис. 7.6, а, б) размещены САУ температурой воздуха и почвы в 12 теплицах, температурой воздуха соединительного коридора и бытовых помещений, а также контрольно-регистрационная система температуры воздуха в 12 теплицах.

Во втором шкафу управления ШУ2 размещены САУ влажностью почвы и воздуха, а также подачей диоксида углерода и облучением растений в 12 теплицах.

В третьем шкафу ШУ3 расположены САУ температурой поли-



Оборудование		Состояние оборудования при отклонении температуры от заданной, град												
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
Клапан отопления		0	т	к	в	ь	т		з	а	к	р	ы	т
Вентиляция	верхняя	правая												
		левая												
	боковая	правая												
		левая												
Отопительные calorиферы	КВ I	Включен												
	КВ II	Отключен												

в

Рис. 7.6. Схема размещения оборудования УТ-12 в теплице (а — вид с торца; б — вид сверху) и последовательность его работы (в)

вной воды, концентрацией растворов минеральных удобрений, система контроля температуры наружного и внутреннего (в 24 точках) воздуха, а также система контроля скорости ветра.

В четвертом шкафу расположена пускозащитная аппаратура насосов поливной воды и насосов подачи концентрированного раствора минеральных удобрений, а также пускозащитная аппаратура технологических установок приготовления минеральных удобрений и управления температурой воздуха коридора и бытовых помещений.

В пятом шкафу управления установлена промежуточная аппаратура, предназначенная для управления электромагнитными вентилями полива и другим оборудованием теплицы. В соединительном коридоре для каждой теплицы расположены местные шкафы управления оборудованием (ШУО).

В теплице устанавливают панели датчиков температуры и влажности, а также датчики освещенности, скорости ветра, температуры поливной воды, концентрации растворов минеральных удобрений и др.

Электропитание шкафов осуществляется от специальных блоков, подключаемых к трехфазной сети 220/380 В.

САУ температурой воздействует на 16 исполнительных механизмов, охватывающих 12 отделений тепличного блока, соединительный коридор, бытовое помещение и две системы почвенного обогрева.

Управление температурой воздуха в теплице осуществляется при помощи двух групп водяных калориферов *КВИ* и *КВИI*, коньковой (верхней) *ВФ* и боковой *БФ* систем вентиляции (форточек). Греющая вода из котельной подается в теплицу через клапан отопления *КО*, а теплая вода для полива — через клапаны *КП1* и *КП2*. Верхние и боковые форточки открываются и закрываются исполнительными механизмами верхней левой *МВЛ* и правой *МВП*, а также боковых левой *МБЛ* и правой *МБП* систем вентиляции.

Последовательность работы и состояние оборудования управления температурой в теплице зависят от значения и знака отклонения температуры от заданной (рис. 7.6, в).

СУ включает соответствующие исполнительные механизмы в зависимости от отклонения температуры воздуха от заданной. Правая (левая) верхняя коньковая система вентиляции (*ВФ*) включается при повышении температуры в теплице на 2 (3) °С, а правая (левая) боковая стенная система вентиляции *БФ* — при повышении температуры на 4 (5) °С.

При отклонении фактической температуры от заданной на 1 °С открывается «шагами» клапан отопления *КО* (один «шаг» за один цикл опроса). При отклонении ее на 3 °С включается первая отопительная группа калориферов *КВИ*, а на 4 °С — вторая их группа *КВИI*. При отклонении температуры от заданной на ± 6 °С срабатывают пороговые элементы, включаются аварийные звуковая и световая сигнализации. О значениях отклонений температуры с указанием номера контролируемой теплицы сигнализирует индикатор, выполненный на сигнальных лампах. Заданное значение температуры в 16 объектах устанавливают с помощью задатчиков.

Блок освещения с 12 датчиками автоматически корректирует заданное значение температуры в зависимости от освещенности в 12 теплицах. При освещенности более 10 клк срабатывает реле, контакты которого включают сигнальную лампу и резистор, вызывающий температурную надбавку установки до 5 °С. При снижении освещенности до 10 клк срабатывает другое реле, которое включает сигнальную лампу «Пасмурно» и соответствующую температурную надбавку около 2,5 °С. При низкой освещенности, например в ночное время, срабатывает третье реле, которое включает сигнальную лампу и выдает своим контактом задание на управ-

ление температурой, соответствующей темному периоду суток. Перевод схемы с автоматического управления на ручное и обратно выполняют в соответствующем местном шкафу управления ШУО.

В случае необходимости экстренного закрытия форточек или изменения их положения одновременно во всех 12 теплицах используют соответствующую кнопку. Возможно также автоматическое полное закрытие форточек по команде от анемометра при предельно допустимой скорости ветра. Положения форточек, значения температур вне и внутри теплицы контролируют соответствующие приборы.

7.8. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОЙ ПОЧВЫ И ТЕПЛОЗАЩИТНЫМ ЭКРАНОМ

Температура почвы мало отличается от температур окружающего воздуха и достаточно стабильна. Однако при понижении температуры замедляется поглощение растением питательных веществ и воды, а при повышении — чрезмерно развивается корневая система.

Температуру почвы в теплице поддерживают с помощью системы подпочвенного обогрева, монтируемой обычно только в теплицах для рассады. Слой обогреваемого грунта обладает громадной тепловой емкостью, и автоматизация осуществима только потому, что объект практически не подвержен действию внешних возмущений, поскольку температура воздуха в теплице достаточно стабильна, а солнечные лучи задерживаются растениями.

Наиболее значительное возмущение — изменение температуры греющей воды. Для автоматизации объектов этого класса рекомендуются каскадные автоматические САУ (рис. 7.7). Система включает в себя два контура управления: внутренний (малоинерционный), обеспечивающий стабилизацию температуры воды, поступающей в систему обогрева (измерительный преобразователь $TE2$), и внешний (инерционный), стабилизирующий температуру почвы на глубине 15 см от поверхности (измерительный преобразователь $TE1$).

Задача внешнего контура — компенсировать возмущения, вызванные изменением температуры воздуха, влажности и т. п.

Во внутреннем контуре стабилизации температуры воды обычно действует ПИ-регулятор ($ТС1$), а во

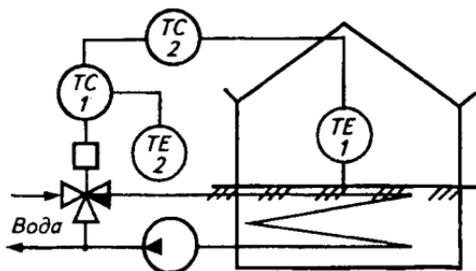


Рис. 7.7. Функциональная схема автоматической СУ температурой почвы в теплице

внешнем — П-регулятор ($ТС2$), выходной сигнал которого может быть ограничен, чтобы исключить опасность повышения температуры воды. Схему управления дополняют элементом защиты, вырабатывающим запрет на дальнейшее открытие регулирующего клапана при аварийном повышении этого параметра.

Теплозащитные экраны экономят большое количество теплоты, но управление ими должно быть автоматизировано, поскольку возможны ситуации, когда экран рационально развернуть даже в дневное время, если уровень освещенности мал и фотосинтез слаб, а тепловые потери сооружения значительны.

Разворачивается экран быстро, а сворачивается с остановками, для того чтобы исключить попадание холодного воздуха из подэкранного пространства в зону размещения растений. В ночные часы возможно частичное сворачивание экрана, чтобы понизить относительную влажность и повысить температуру воздуха между экраном и ограждением. При снегопаде экран обязательно свертывают (или вырабатывают запрет на его развертывание), чтобы создать лучшие условия для таяния снега.

Регулирующее устройство должно иметь достаточную зону нечувствительности и выдержку времени, для того чтобы частота срабатывания привода экрана не была чрезвычайно большой. Развертывание экрана существенно изменяет динамику каналов управления температурным режимом теплицы и потому должно сопровождаться соответствующей перенастройкой СУ.

Дальнейшее совершенствование аппаратной базы систем управления температурным режимом предусматривает широкое внедрение микроЭВМ и микропроцессорных комплексов, в основу алгоритма функционирования которых могут быть положены принципы автоматизации управления температурным режимом, рассмотренным в настоящей главе.

7.9. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТЬЮ ВОЗДУХА И ПОЧВЫ, ТЕМПЕРАТУРОЙ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ

Автоматическое управление влажностью. Относительную влажность воздуха в теплице регулируют стационарной системой увлажнения (рис. 7.8, а).

Режим работы системы увлажнения выбирает оператор с помощью переключателя $HS1$ в зависимости от выращиваемой культуры: для огурца команда на включение форсунок подается при повышении температуры $t_{вн}$, для томатов — при понижении $\varphi_{вн}$, причем заданное значение $t_{вн}$ корректируется в зависимости от уровня естественной освещенности. При снижении уровня освещенности до определенного предела налагается запрет на включение увлажнения.

Средство понижения влажности — «сухое отопление» также

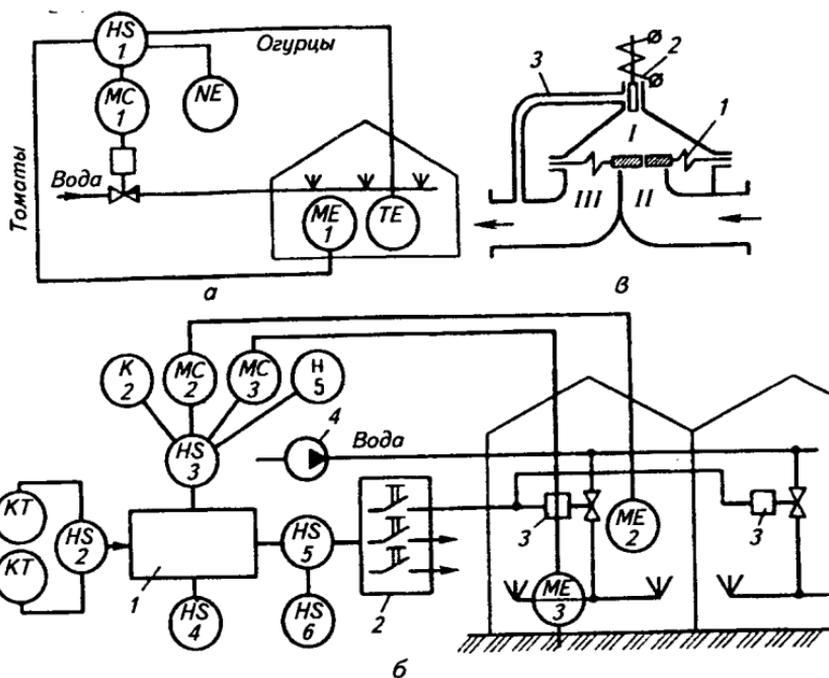


Рис. 7.8. Функциональные схемы разных САУ и технологическая схема мембранного вентиля с электромагнитным приводом:

а — САУ влажностью воздуха; *б* — САУ влажностью почвы: 1 — обогревающее устройство; 2 — переключатель набора программы полива; 3 — мембранный вентиль; 4 — насос поливной воды; *в* — схема мембранного вентиля: 1 — мембрана; 2 — электромагнит; 3 — канал сброса воды из надмембранной полости

выполняется автоматически. В процессе выполнения этой операции сначала повышается температура воздуха и затем открываются форточки, в результате чего нагретый воздух покидает теплицу, унося с собой влагу. На время выполнения операции «сухое отопление» регулятор температуры воздуха блокируют.

Регулятор влажности воздуха *NE* работает с электролитическим измерительным преобразователем.

К системам управления влажностью воздуха можно отнести систему управления туманообразованием, используемую в процессе черенкования. Измерителем влажности в таких системах служит модель листа или так называемый «электронный лист», изготовленный из неэлектропроводного материала с пленочным смачиванием. Электрическое сопротивление пленки влаги на поверхности «листа» характеризует степень увлажнения укореняемых растений.

Задача систем управления поливом почвы — поддержание влажности почвы в определенных пределах. В некоторых случаях

одну и ту же систему используют и для полива почвы, и для увлажнения воздуха.

Наиболее эффективны струйные и капельные системы полива, хотя широко распространены стационарные дождевальные системы с распылителями дефлекторного типа, вода к которым подается через мембранный вентиль с электромагнитным приводом (рис. 7.8, в). При обесточенном электромагните 2 давление воды в камерах I и II вентиля одинаково и мембрана I прижата к седлу усилием, пропорциональным площади всей мембраны. При подаче питающего напряжения на электромагнит вода из надмембранной полости I сбрасывается в выходной патрубок III через трубку 3 и мембрана поднимается давлением воды во входном патрубке II. Путь воде в систему полива открыт. Преимущество конструкции мембранного вентиля — отсутствие сальникового уплотнителя штока, имеющего низкую эксплуатационную надежность.

В связи с ограниченной мощностью источника водоснабжения одновременный полив всех теплиц блока невозможен и автомат полива (рис. 7.8, б) действует по заданной программе, запускаемой по команде оператора (HS) от реле времени (K2) или от измерительных преобразователей влажности воздуха (ME2) и почвы (ME3). Программа полива, набираемая оператором с помощью переключателя 2, реализуется обтекающим устройством 1.

Одновременно с включением насоса поливной воды 4 обтекающее устройство 1 начинает вырабатывать команды на поочередное открытие мембранных вентилях 3 на трубопроводах подачи воды к оросителям почвы. Экспозицию полива (увлажнения) также устанавливает оператор.

С технологической точки зрения требуемое количество воды нужно подать в несколько приемов. Заданную кратность полива устанавливают специальным переключателем HS4.

При необходимости программу полива можно прервать, повернув переключатель HS5. С помощью переключателя HS6 можно осуществить полив любого участка теплицы. В этом случае экспозиция полива не ограничена.

Некоторые конструкции автоматов полива несколько отличаются от рассмотренного. Так, при поступлении информации о снижении относительной влажности воздуха в одной из теплиц блока программа полива прерывается и система быстро переключается на увлажнение воздуха в той теплице, из которой поступил сигнал. По окончании цикла увлажнения автомат возвращается к выполнению прерванной программы полива. Команда на повторное увлажнение воздуха в теплице может выполняться как через заданный интервал времени, так и через интервал времени, зависящий от уровня освещенности (чем выше освещенность, тем интервал меньше).

Программа полива (увлажнения) автоматически прерывается при уменьшении расхода воды (импульс от реле протока), аварий-

ном повышении температуры воды и снижении уровня естественной освещенности (обычно до 2 клк).

Главный недостаток всех рассмотренных систем управления поливом — ручное задание норм полива.

Автоматическое управление температурой поливной воды. В соответствии с агротехническими нормами температура поливной воды должна быть 22...25 °С. САУ температурой поливной воды работает следующим образом. Датчик температуры поливной воды *ТС2* (рис. 7.9) и задатчик *RI* температуры подсоединяют к блоку регулирующего прибора *БРП1*. При отклонении температуры от заданной на ± 1 °С срабатывают соответствующие пороговые элементы в блоке *БРП2* и включается реле *KV1* или *KV2*. При снижении температуры на 1 °С включается реле *KV1*, которое вызывает срабатывание исполнительного механизма (*ИМ*), увеличивающего открытие регулирующего клапана *KP*, а следовательно, и количество горячей воды, поступающей в подогреватель *ППВ*. При повышении температуры на 1 °С включается реле *KV2*, которое подает *ИМ* сигнал на уменьшение количества греющей воды, проходящей через регулирующийся клапан. Чтобы исключить перерегулирование при изменении открытия *KP*, применяют импульсный прерыватель *БД1* (генератор импульсов) и реле *KV3*. На реле *KV3* от *БД1* через каждые 20 с поступают импульсы установленной при наладке длительности от 1 до 10 с. Изменение пропускаемого количества греющей воды происходит кратковременно только при замкнутом положении контактов реле *KV3* и *KV1* (или *KV2*), что исключает перерегулирование температуры из-за инерционности *ППВ*.

Логометр *P* при помощи датчика *ТС1* измеряет температуру поливной воды и ограничивает ее максимальное значение в случае возникновения аварийной ситуации. При достижении максимально допустимого значения температуры воды логометр замыкает контакты *P1* и замыкает контакты *P2*, что вызывает форсированное закрытие регулирующего клапана *KP*. Затем при снижении температуры воды до установленного значения контакты логометра возвращаются в исходное положение и вводят в работу систему регулирования температуры воды. Сигнальные лампы показывают следующее: *HL1* — температуру воды меньше заданной, *HL2* — больше заданной, *HL3* — обрыв, *HL4* — короткое замыкание в цепи датчиков.

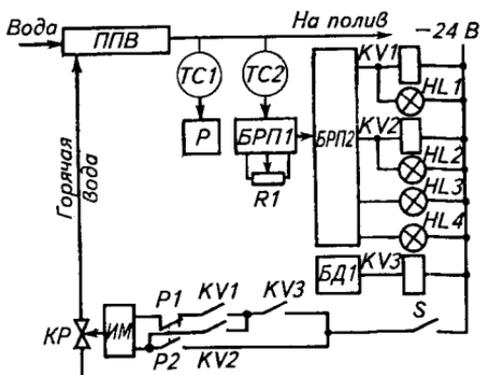


Рис. 7.9. Принципиальная схема управления температурой поливной воды

7.10. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ РАСТВОРОВ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Автоматическая система управления концентрацией растворов минеральных удобрений (рис. 7.10) позволяет измерять концентрацию растворов в диапазоне от 0 до 0,2 МПа осмотического давления с точностью до $\pm 10\%$ и управлять ею. Концентрированный раствор минеральных удобрений готовят в специальном бассейне Б, откуда насосами-дозаторами НД подают его через регулирующий клапан КР1 в поливную воду.

Концентрацию удобрений в поливной воде измеряют датчиком ДКУ кондуктометрического типа (по электропроводности раствора). Он имеет встроенный терморезистор, предназначенный для компенсации температурой погрешности.

Датчик устанавливают в трубопровод за участком смешения концентрированного раствора и поливной воды. Его присоединяют через анализатор удобрений АУ к регулирующему прибору РП, который настраивают на двухпозиционное управление исполнительным механизмом ИМ1 при помощи реле КВ1 «Концентрация больше» и КВ2 «Концентрация меньше». Например, если концентрация минеральных удобрений в поливной воде больше заданной, то срабатывает реле КВ1, которое включает исполнительный механизм на уменьшение пропуска клапаном КР1 концентрированного раствора. При этом загорается сигнальная лампа НЛ1. Если концентрация удобрений меньше заданной, то срабатывает реле КВ2 и исполнительный механизм открывает регулирующий клапан КР1. При достижении концентрации заданного значения реле КВ1 или КВ2 отключает исполнительный механизм. Для улучшения качества двухпозиционного регулирования используется импульсный

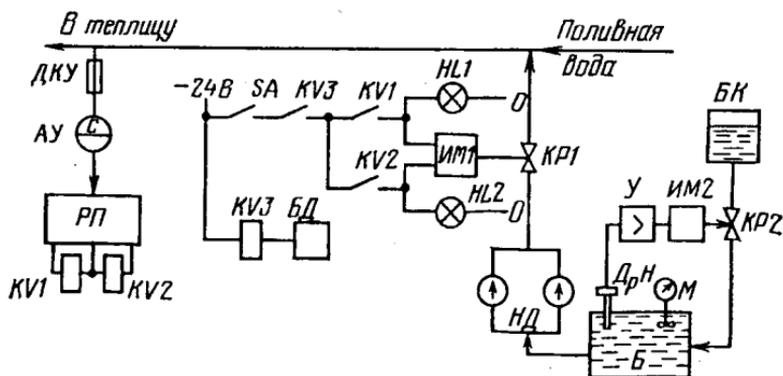


Рис. 7.10. Принципиальная электрическая схема управления концентрацией растворов минеральных удобрений

прерыватель, состоящий из реле *KV3* и блока *БД* генератора импульсов с периодом 20 с. Его принцип действия приведен в описании системы регулирования температуры поливной воды (см. рис. 7.9).

Одной из основных характеристик растворов минеральных удобрений является показатель *pH*, который обеспечивает протекание кислотно-щелочной реакции в гидропонной теплице. Теоретически *pH* может изменяться от 0 до 14. При *pH* < 7 реакцию считают кислой, при *pH* > 7 — щелочной.

Характер реакции питательного раствора оказывает сложное и разностороннее влияние на рост и развитие растений. При этом в разные периоды роста растений требуется различное оптимальное значение *pH*. При *pH* < 4 рост большинства растений затормаживается из-за снижения усвоения растением катионов минеральных веществ из почвы. При *pH* > 8 также резко снижается рост растений из-за того, что многие минеральные вещества осаждаются на поверхности корней и затрудняют дыхание и питание растений.

Для большинства растений оптимальное значение *pH* находится в пределе от 5 до 7. В процессе роста растений *pH* тепличной почвы изменяется, поэтому необходимо управлять значением *pH* питательного раствора.

Значение *pH* определяют методами физико-химического анализа. Из экспрессных методов наиболее подходит электрометрический метод измерения *pH*, принцип действия которого основан на определении потенциалов на электродах, помещенных в исследуемый раствор. Такой электродный датчик измеряет концентрацию водородных ионов (*pH*) в растворе и выдает сигнал в виде гальванического напряжения. Датчик измеряет *pH* с точностью до 0,1 *pH*, а для растений допускаются отклонения до $\pm 0,2$ *pH*, а иногда и до $\pm (0,3...0,5)$ *pH*.

Схема управления значением *pH* раствора минеральных удобрений показана в правой части рисунка 7.10. При отклонении *pH* раствора от заданного значения на выходе датчика *ДрН* изменяется гальваническое напряжение, которое повышается усилителем *У* с большим входным сопротивлением. С усилителя сигнал поступает на исполнительный механизм *ИМ2*, который изменяет степень открытия регулирующего клапана *КР2*. Это приводит к изменению подачи из бака *БК* специального раствора, корректирующего значение *pH* раствора удобрений в бассейне *Б*. Мешалка с электроприводом *М* обеспечивает выравнивание концентрации минеральных удобрений и значения *pH* по всему объему раствора.

Значением *pH* обязательно надо управлять при выращивании растений в гидропонных теплицах.

7.11. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕМ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И ДОСВЕЧИВАНИЕМ РАСТЕНИЙ

Интенсивность фотосинтеза в теплице зависит от концентрации CO_2 . В ночные часы концентрация его возрастает до 0,05 %, а в дневные падает до 0,01 %. В случае увеличения концентрации CO_2 в воздухе теплицы с 0,03 до 0,15 % интенсивность фотосинтеза значительно возрастает, а урожайность повышается на 10...20 %. Очевидно, требуемая по агротехническим нормам концентрация CO_2 может быть достигнута только в результате применения специальных систем подкормки, т. е. искусственной подачи CO_2 в теплицу.

Содержание диоксида углерода поддерживают на определенном уровне, сжигая природный газ в специальных генераторах или подавая в теплицу дымовые газы из тепличных котельных (реже из специальных газовых баллонов, содержащих CO_2).

Схема управления подкормкой CO_2 работает по заданной временной программе с 24-часовым циклом.

В оптимальном режиме работы теплицы подача CO_2 в расчете на 1 га составляет 50...70 кг/ч

Генератор, вырабатывающий CO_2 , представляет собой дистанционно управляемую газовую горелку, заканчивающуюся керамическим насадком 1 (рис. 7.11), в каналах которого происходит смешивание газа с воздухом, а на поверхности — сжигание смеси. Для подготовки генератора к работе нажимают на кнопку клапана 4 и разжигают факел запальника 7, пламя которого «лижет» насадок и спай термопары 6. После 20...30 с прогрева вырабатываемой термопарой ЭДС достаточно для удержания клапана 4 в открытом состоянии. Генератор включают в работу, дистанционно открывая клапан 3. В случае погасания факела запальника термопара остывает и клапан 4 закрывается. Все генераторы (их 16 на 1 га) включают в светлое время суток по команде реле времени или по импульсу от газоанализатора. Схема автоматического управления подкормкой CO_2 блокируется при снижении уровня освещенности, а также при открытии фор-

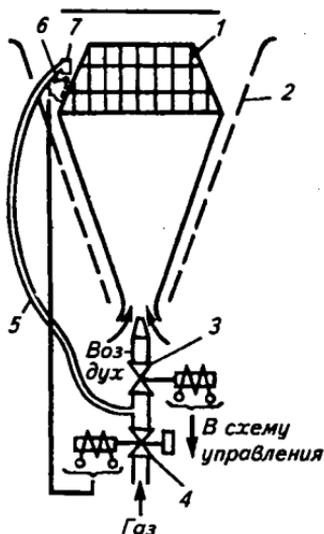
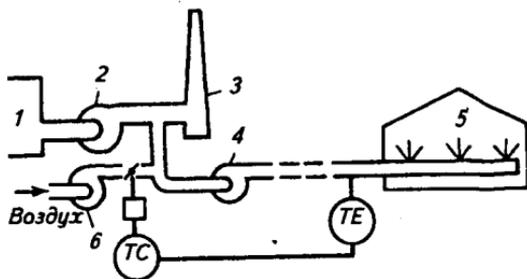


Рис. 7.11. Схема генератора, вырабатывающего CO_2 :

1 — керамический насадок; 2 — защитный экран; 3, 4 — магнитные клапаны; 5 — резиновый шланг; 6 — термопара; 7 — запальник

Рис. 7.12. Функциональная схема автоматизации подкормки растений дымовыми газами из котельной:

1 — котел; 2 — дымосос; 3 — дымовая труба; 4, 6 — вентиляторы; 5 — теплица; TE — измерительный преобразователь; TC — датчик



точек из-за повышения температуры или относительной влажности воздуха в теплице.

Продукты сгорания газообразного топлива в котельных содержат 8...12 % CO_2 и тоже могут быть использованы для подкормки растений (рис. 7.12). Дымовые газы из котла 1 дымососом 2 направляются в дымовую трубу 3. Часть этих газов вентилятором 4 перекачивается в теплицу 5, где равномерно распределяется через перфорированный воздухопровод. При необходимости допустимая температура газов перед теплицей может быть понижена за счет подмешивания наружного воздуха, подаваемого дополнительно установленным вентилятором 6. В этом случае желательна установка регулятора, стабилизирующего температуру дымовых газов на входе в теплицу.

Подкормка уходящими дымовыми газами котельной экономически оправдана лишь при небольшом расстоянии между котельной и теплицами.

Автоматизация рассмотренных схем подкормки растений диоксидом углерода несложная, но наибольшего эффекта следует ожидать от системы авторегулирования, поддерживающей оптимальное соотношение между облученностью растений и концентрацией CO_2 в теплице.

Следует иметь в виду, что оба рассмотренных вида подкормки приводят к увеличению концентрации оксидов азота и других вредных компонентов в воздухе теплицы.

Искусственное облучение в сооружениях защищенного грунта применяют при выращивании рассады и в селекционных целях. Несмотря на увеличение себестоимости рассады, досвечивание эффективно, поскольку увеличивает урожай на 20...30 % и ускоряет его получение на 10...15 дней.

В качестве источников искусственного освещения используют чаще всего ртутные и ксеноновые лампы, спектр излучения которых близок к солнечному (400...700 нм). Мощность излучателей в зависимости от зоны расположения теплицы от 100 до 300 Вт/м².

Системы досвечивания включаются от фотореле или реле времени. При этом суммарная продолжительность светового дня должна быть не более 18 ч. Особенность этих систем управления —

строгая последовательность (поочередность) включения отдельных групп ламп, позволяющая избежать ударных нагрузок на источник электроснабжения.

7.12. АВТОМАТИЗАЦИЯ ГИДРОПОННЫХ И ПЛЕНОЧНЫХ ТЕПЛИЦ, ПАРНИКОВ

Идея гидропонного способа производства овощей заключается в замене грунта искусственным субстратом, периодически смачиваемым питательным раствором, содержащим все необходимые для развития растений компоненты.

Гидропонный способ имеет ряд преимуществ (повышение урожайности, уменьшение затрат на обслуживание и т. д.), однако требует дополнительного оборудования теплиц стеллажами (поддонами) 1 (рис. 7.13), резервуарами 4, устройствами для приготовления раствора 6, насосами 3 и 5.

В связи с большим объемом стеллажей одновременное их заполнение раствором потребовало бы очень большого объема резервуара 4. Поэтому питание стеллажей происходит последовательно через распределитель 2. При заполнении очередного стеллажа отработанный раствор из следующего поддона сливается в бак. Система распределения питательного раствора включается по команде от реле времени, причем переключение циклов подачи и слива раствора осуществляется с помощью сблокированных между собой электрифицированных задвижек или дискового распределителя с электроприводом.

В гидропонной теплице используют САУ температурным режимом, досвечиванием растений, параметрами питательных растворов и др.

Регулятор температуры питательного раствора поддерживает ее на уровне 22...27 °С за счет изменения расхода горячей воды, циркулирующей по трубам системы обогрева раствора. Регулятор уровня раствора в резервуаре включает насос 5 при поступлении команды от датчика уровня, но с выдержкой времени, необходимой для полного слива раствора со всех стеллажей.

Пленочные теплицы и парники эксплуатируют только в теплое время года при температуре воздуха выше 15 °С (к этому времени почва должна быть разогрета до 12 °С). Они дешевле зимних теп-

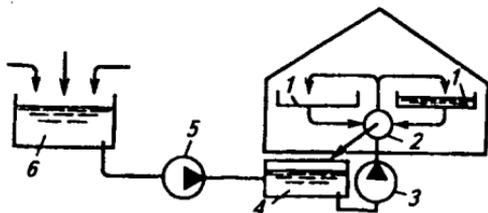


Рис. 7.13. Схема циркуляции раствора в гидропонной теплице:

1 — поддон; 2 — дисковый распределитель раствора; 3, 5 — насосы; 4 — резервуар для питательного раствора; 6 — устройство для приготовления раствора

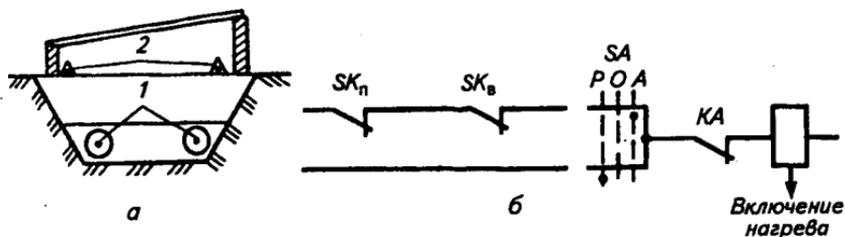


Рис. 7.14. Парник с электрообогревом (а) и схема его автоматизации (б):

1 — почвенный обогрев; 2 — воздушный обогрев. Условные обозначения: SK_п, SK_в, SA — переключатели; KA — токовое реле

лиц, проще по конструкции, а объем их автоматизации ограничивается в основном регуляторами температурного режима.

Эффективная система обогрева для односкатного парника (рис. 7.14, а) — электрическая, например с помощью нагревательного провода, проложенного в грунте (почвенный обогрев 1) и вдоль стенок (воздушный обогрев 2). Схема управления обогревом парника (рис. 7.14, б) включает нагреватели с помощью датчиков температуры почвы SK_п и воздуха SK_в при снижении температуры почвы и воздуха до заданных пределов. Отключаются же нагреватели, как только один из указанных параметров достигает оптимального значения.

С целью ускорения разогрева парника нагреватели могут быть переключены со схемы «звезда» на схему «треугольник». При недостаточной мощности источника электроснабжения рекомендуются схемы, исключающие одновременное включение систем обогрева многих парников.

Пленочные теплицы обогреваются системой воздушного, газового или электрообогрева. В первом случае используют воздушно-отопительные агрегаты (калориферы), работающие на горячей воде. Принципы автоматизации таких систем рассмотрены ранее. Во втором случае применяют специальные универсальные тепличные газовые обогреватели (типа УТГО и др.), подающие в теплицу смесь продуктов сгорания газа с воздухом, а также микрофакельные горелки и горелки инфракрасного излучения.

Микрофакельная горелка разжигается раскальной спиралью. Факел горелки контролируется терморпарой. При погасании факела («огневой дорожки») подача газа в горелку прекращается. Горелка отключается также и при снижении давления газа до аварийно низкого значения (0,4 кПа).

Горелка инфракрасного излучения представляет собой разновидность инжекционной горелки, работающей с малым избытком воздуха. Газ сгорает на поверхности керамических плиток, образующих насадок. Температура плиток составляет 1000...2000 °С, в

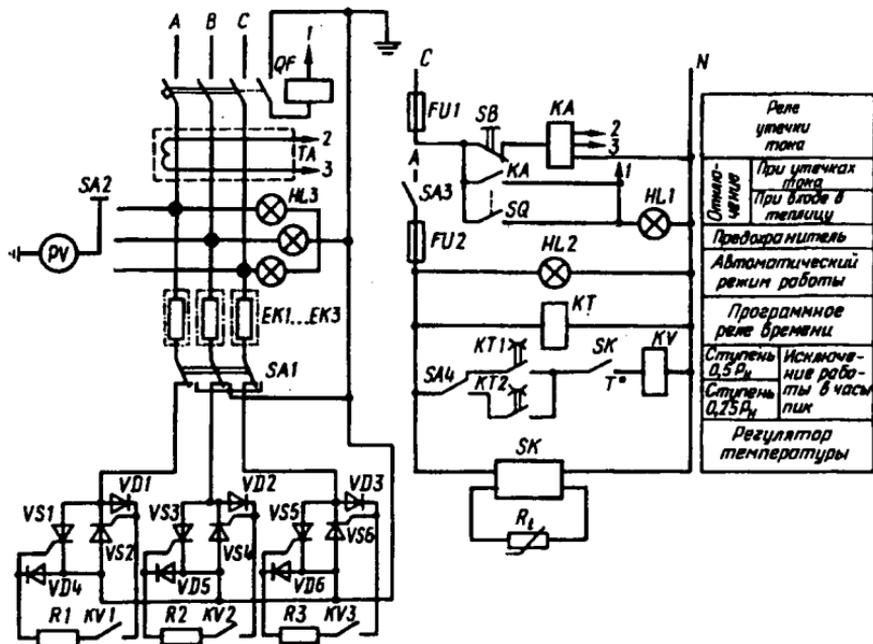


Рис. 7.15. Принципиальная электрическая схема комплектного устройства типа КЭПТ для регулирования мощности системы электрообогрева почвы в пленочных теплицах

результате чего до 60 % тепловой мощности передается излучением. Розжиг горелки инфракрасного излучения производится дистанционно искрой от высоковольтного трансформатора.

Если одна из горелок погасла, то в течение 20 с подается сигнал на ее повторный розжиг. Если розжиг не получился, то вся группа горелок автоматически отключается.

Для автоматизации пленочных теплиц с электрообогревом разработано комплектное устройство типа КЭПТ (рис. 7.15), основу которого составляет тиристорный блок (ТБ) из трех пар включенных встречно-параллельно мощных тиристоров $VS1...VS6$ (номинальный ток 100 А). Тиристоры включены после нагревательных элементов, что исключает необходимость дополнительных RC -цепей для защиты вентилях от перенапряжения.

При разогреве нагревательные элементы $EK1...EK3$ включаются на полную мощность P_n . В дальнейшем мощностью нагревателей управляет двухпозиционный регулятор SK . При понижении температуры регулятор включает реле KV , контакты которого замыкают управляющие цепи тиристоров и включают нагревательные элементы.

В связи с тем что объект регулирования характеризуется боль-

шой инерционностью и с целью улучшения качества процесса регулирования в выходные цепи регулятора включен специальный прерыватель, выполненный на базе реле времени *КТ*. В зависимости от положения переключателя *SA4* используется одна из двух программ реле времени: включенное и отключенное состояние по 20 мин, что соответствует $0,5 P_H$, или включенное состояние на 15 мин, а отключенное на 45 мин, что соответствует $0,25 P_H$.

В период максимального энергопотребления реле времени отключает нагреватели. Работа нагревателей прекращается также при увеличении тока утечки (реле *КА*) и в случае открытия двери в теплицу с помощью конечного выключателя *SQ* и автомата *QF* с целью защиты персонала от поражения электрическим током.

Реле *КА* подключено по цепям 2, 3 к трансформатору тока *ТА*. Оно срабатывает при касании персонала любой фазы напряжения.

7.13. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛИЦ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБОВ

Условия выращивания грибов существенно отличаются от условий выращивания овощей. Так, температура воздуха в период роста шампиньонов должна поддерживаться в узком диапазоне $15...16^\circ\text{C}$. Выход за пределы диапазона вызывает ухудшение качества плодовых тел и снижение урожайности. Очевидно, столь жесткие условия могут быть обеспечены только при оборудовании теплицы системой кондиционирования воздуха.

Теплица для выращивания грибов должна иметь хорошую вентиляцию, но освещение ее необязательно.

Шампиньоны относятся к мезофитам, т. е. к организмам, требующим для нормального роста и плодоношения повышенной влажности компоста. Чтобы поддержать этот параметр на уровне $45...50\%$, но без частых поливов, отрицательно сказывающихся на росте и плодоношении шампиньонов, обеспечивают высокую влажность воздуха — $85...90\%$.

Особенность технологии выращивания шампиньонов заключается в том, что оптимальные параметры микроклимата зависят от фазы развития растений, меняясь на протяжении цикла выращивания несколько раз.

Теплица площадью 1 га для выращивания грибов представляет собой одноэтажное здание, в котором по обе стороны «чистого» коридора располагаются 24 камеры и машинное отделение, где установлены кондиционер и холодильные установки. Каждая камера имеет два выхода: в «чистый» коридор и «рабочий», используемый для набивки камеры компостом, выгрузки отработавшего компоста и других операций.

Весь цикл выращивания шампиньонов длительностью 84 дня разделен на строго регламентируемые операции.

Функциональная схема автоматизации процесса выращивания

грибов в одной из камер теплицы показана на рисунке 7.16. Стабильная температура воздуха в период плодоношения обеспечивается пропорциональным регулятором 9, управляющим мощностью трубного обогрева через исполнительный механизм и трехходовой смесительный клапан. При помощи переключателя 6 воздействие регулятора может быть поочередно направлено на электромагнитные клапаны 7 и 8, установленные на трубопроводе подачи горячей воды и пара в камеру или на оба регулирующих органа (7 и 8) одновременно.

Если температура в камере выше нормы, регулятор открывает электромагнитный клапан 5 на трубопроводе подачи холодной воды к калориферу-доводчику 11, установленному в потоке воздуха, нагнетаемого в камеру кондиционером. Количество охлажденного воздуха, поступающего в камеру от кондиционера, регулирует оператор с помощью системы двух механически связанных жалюзи, имеющих дистанционный привод 13. Так, при открытии верхних жалюзи нижние закрываются. При этом количество охлажденного воздуха, поступающего в камеру, увеличивается, а кратность рециркуляции воздуха через нижние жалюзи, обеспечиваемая работой приточных вентиляторов 14, уменьшается. Шибер 10 предназначен для ручного перераспределения охлажденного воздуха между различными камерами при настройке вентиляционной системы. Температуру воздуха в камере можно понизить, включив в работу вытяжные вентиляторы 15, регулирование частоты вращения которых происходит за счет ступенчатого изменения питающего напряжения.

Воздух в камере увлажняется паром, подаваемым в воздухопровод перед приточными вентиляторами 14, перемешивающими воздух в камере. Двухпозиционный регулятор относительной влажности воздуха 3 управляет подачей пара с помощью электромагнитного вентиля 4.

В режиме пастеризации компоста к регулятору 9 подключается также измерительный преобразователь температуры 16. Температура пастеризации должна автоматически поддерживаться в пределах 55...60 °С, т. е. на 3...5 °С выше, чем температура воздуха, измеряемая преобразователем 17.

Воздух, подаваемый в камеры теплицы, обрабатывается в центральном кондиционере, где после двухступенчатой очистки от механических примесей и обеззараживания ультрафиолетовым облучением подогревается до 30 °С и поступает в увлажнительную камеру, а оттуда через каплеуловитель — в воздухоохладитель и затем во всасывающий патрубок вентилятора, нагнетающего его в главный воздушный канал.

Постоянная влажность воздуха в главном канале обеспечивается позиционным регулятором, воздействующим на систему, состоящую из двух электромагнитных клапанов. Система установлена на линии подачи пара в увлажнительную камеру. Температура воздуха

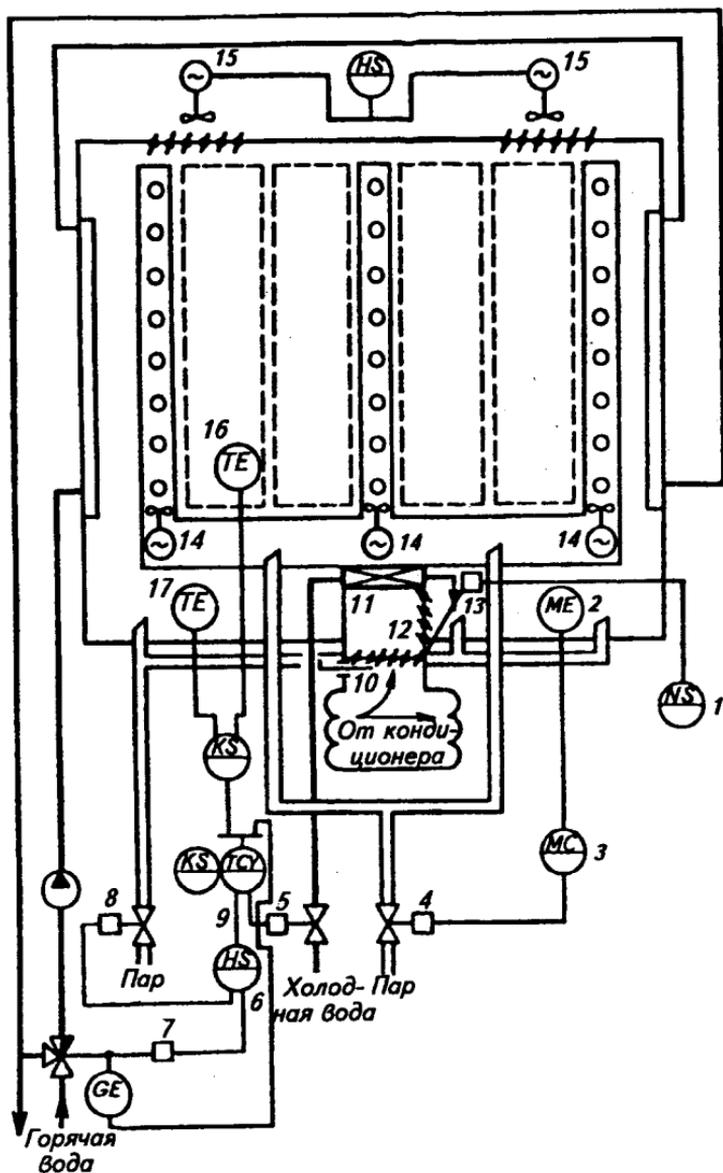


Рис. 7.16. Функциональная схема автоматизации теплицы для выращивания грибов:

1 — устройство управления дистанционным приводом; 2 — датчик относительной влажности воздуха; 3 — двухпозиционный регулятор; 4 — электромагнитный вентиль; 5, 7, 8 — электромагнитные клапаны; 6 — переключатель; 9 — пропорциональный регулятор; 10 — шибер; 11 — калорифер-доводчик; 12 — жалюзи; 13 — дистанционный привод; 14, 15 — вентиляторы; 16, 17 — измерительные преобразователи

после воздухонагревателя и воздухоохладителя поддерживается также автоматически. В первом случае позиционный регулятор воздействует на два смесительных клапана с электромагнитным приводом, а во втором — на пропорциональный регулятор, который управляет трехходовым смесительным клапаном перед насосом, перекачивающим хладоноситель после холодильной установки.

Для хладоснабжения кондиционера используют три мощных холодильных установки. Четвертая установка меньшей мощности работает автономно на калориферы-доводчики в камерах грибницы. Холодильные установки действуют по двухконтурной схеме: их производительность может ступенчато изменяться за счет изменения числа параллельно работающих цилиндров компрессора по команде регулятора, контролирующего температуру воды после воздухоохладителя (нормальная температура 6 °С). Также автоматически устанавливается число одновременно работающих установок.

Разность температур хладоносителя до и после испарителя охладительной установки поддерживается двумя терморегулирующими клапанами, а давление паров хладагента в магистрали к компрессору — регулятором прямого действия.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите виды защищенного грунта. 2. Какие показатели характеризуют защищенный грунт? 3. Какие способы используют для обогрева защищенного грунта? 4. Какие технологические процессы механизуют и автоматизируют в защищенном грунте? 5. Как происходит автоматическое управление температурой воздуха теплицы? 6. Расскажите об автоматическом управлении микроклиматом в ангарной теплице. 7. Как управляют температурой почвы? 8. Объясните назначение и способ управления теплозащитным экраном теплицы. 9. Как автоматически управляют влажностью воздуха и почвы в теплице? 10. Как работает система автоматического управления температурой поливной воды? 11. Как работают автоматические системы управления концентрацией и рН растворов минеральных удобрений в теплицах? 12. Для чего предназначены и как работают схемы автоматического управления подкормкой растений диоксидом углерода? 13. Какие параметры автоматизируют в гидропонных теплицах? 14. Какие параметры автоматизируют в парниках? 15. Какие параметры автоматизируют в теплицах для выращивания грибов?

Глава 8

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

8.1. МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

В соответствии с принятой технологией весь урожай зерновых, бобовых, масличных культур и семян трав после комбайновой уборки подлежит очистке, а около 60 % убранный урожай необходимо подвергать искусственной сушке.

Необходимость в послеуборочной обработке зерна (очистке, сортировании и сушке) вызвана тем, что поступающий из-под комбайнов зерновой ворох наряду с зерном содержит 20...30 % сорных и до 5 % соломистых примесей, а влажность зерна в зависимости от климатических условий значительно отличается от допустимой (14 %) и иногда достигает 30 % и более.

Для послеуборочной очистки и искусственной сушки зерна используют стационарные зерноочистительно-сушильные пункты. Для этих пунктов предназначены зерноочистительные агрегаты типа ЗАВ и очистительно-сушильные комплексы (типа КЗС) производительностью 10...100 т/ч и вентилируемые бункера вместимостью до 100 т. Для очистки и сортирования зернового вороха используют воздухорешетные и триерные машины, а сушат зерно в зерносушилках шахтного, камерного и барабанного типов и в установках активного вентилирования. Каждый агрегат и комплекс, помимо указанных машин, содержит набор транспортеров и норий, зернопроводы и накопительные емкости, устройства для взвешивания, загрузки и разгрузки автотранспорта, воздушные циклоны, щиты и пульты управления машинами. Все машины согласованы по производительности и объединены в единую поточную линию, обслуживаемую одним-двумя операторами.

Объединение машин в поточную линию и их автоматизация позволили повысить производительность труда в 7...10 раз и снизить себестоимость обработки зерна в 2...3 раза по сравнению с использованием этих же машин в разрозненном виде.

Зерноочистительные агрегаты типа ЗАВ предназначены для районов с относительно сухим климатом, в которых влажность зерна из-под комбайна не превышает 18 %. КЗС используют в увлажненных зонах, в которых влажность зерна при уборке превышает 18 %.

В хозяйствах, расположенных в зонах с уборочной влажностью зерна 18...20 %, на комплексах устанавливают бункера активного вентилирования (БВ-12,5, БВ-25, БВ-50) вместимостью 12,5...50 т. В зонах с избыточной влажностью на комплексах КЗС с индексом Ш устанавливают шахтные зерносушилки типа СЗШ производительностью 8...16 т/ч, а с индексом Б — барабанные зерносушилки типа СЗПБ производительностью 2, 4 и 8 т/ч на сушке продовольственного зерна.

Для слаженной работы поточных линий агрегаты и комплексы хорошо электрифицированы и автоматизированы. Агрегаты типа ЗАВ имеют от 6 до 16 электродвигателей суммарной установленной мощностью от 16 до 47 кВт, а комплексы типа КЗС — от 22 до 34 электродвигателей суммарной мощностью от 65 до 150 кВт.

Из средств автоматики на агрегатах и комплексах широко используют приборы контроля и регулирования технологических параметров: датчики уровня сыпучих материалов, температуры нагрева теплоносителя на входе и выходе зерносушилки, темпера-

туры зерна в сушилках и бункерах активного вентилирования; влагомеры для измерения относительной влажности воздуха и влажности зерна; расходомеры зерна; приборы контроля пламени в топке; различные реле; электромагнитные клапаны; конечные выключатели и т. п.

На основе этих средств разработаны пульты и станции автоматического управления агрегатами и комплексами послеуборочной обработки зерна, которые автоматически обеспечивают:

последовательность пуска машин поточной линии в направлении, обратном направлению потока зерна, начиная с машины, установленной в конце линии;

остановку всех машин, предшествующих по потоку зерна любой остановившейся машине в линии;

возможность ручного включения и отключения любой машины при наладке без соблюдения технологических блокировок;

включение аспирационной системы перед пуском машин и отключение всех машин при останове аспирационной системы;

программный розжиг топки и контроль ее работы;

контроль температуры теплоносителя и нагрева зерна;

защиту электрооборудования от токов короткого замыкания и перегрузок;

работу разгрузочных устройств шахт и охладительных колонок сушилки;

световую сигнализацию о включении и отключении всех двигателей машин и механизмов, о предельных уровнях зерна в сушилках и технологических емкостях и об отклонении температуры теплоносителя от заданного значения. Кроме световой, имеется аварийно-предупредительная звуковая сигнализация, которая срабатывает при аварийном останове какой-либо машины, переполнении технологических емкостей и при погасании пламени в топке. В схемах автоматики предусмотрены кнопочные посты для аварийного одновременного останова при необходимости всех работающих машин.

8.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ И СОРТИРОВАНИЯ ЗЕРНА

Технологические и электрические схемы автоматизации рассмотрим на примере автоматизации наиболее широко распространенного зерноочистительно-сушильного комплекса КЗС-20Ш. Автоматизация других агрегатов и комплексов выполнена аналогично.

Комплекс КЗС-20Ш предназначен для послеуборочной обработки зерновых, зернобобовых и крупяных культур. Комплекс состоит из зерноочистительного и сушильного отделений (рис. 8.1). Зерноочистительное отделение включает в себя завальную яму 17,

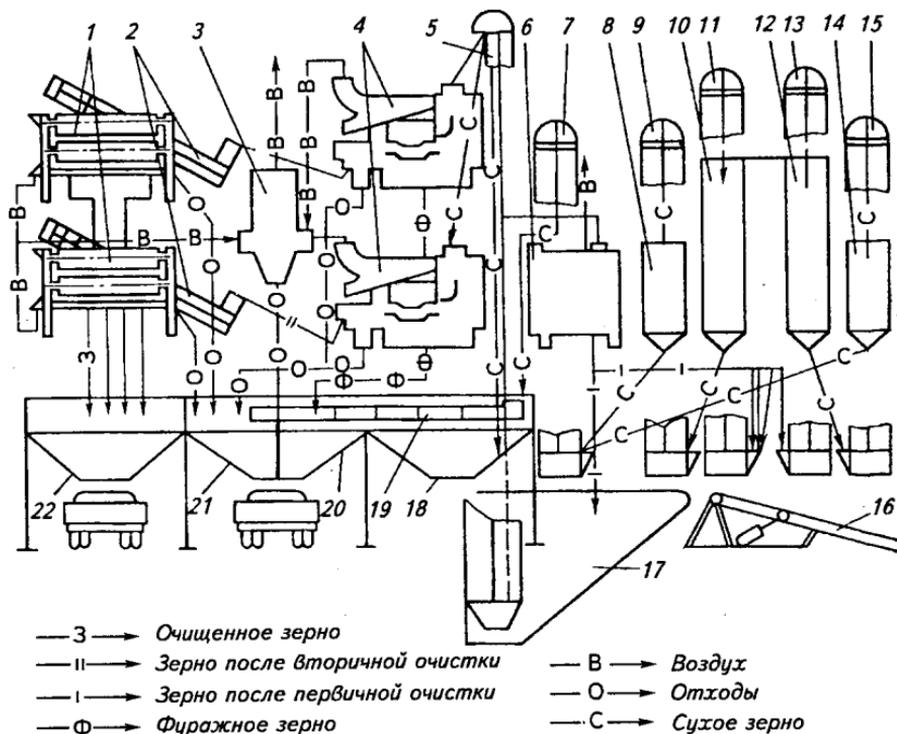


Рис. 8.1. Технологическая схема комплекса КЗС-20Ш:

1— триерные блоки; 2— передаточные транспортеры; 3— аспирационная система; 4— воздушно-решетные машины; 5, 7, 9, 11, 13, 15— нории; 6— машина первичной очистки; 8, 14— охладительные колонки; 10, 12— шахты; 16— автомобилеподъемник; 17— завальная яма; 18, 20, 21, 22— блок бункеров; 19— транспортер отходов

автомобилеподъемник 16, загрузочную двухпоточную норию 5, машину первичной очистки зерна 6, воздушно-решетные машины 4, триерный блок 1, централизованную аспирационную систему 3, передаточные транспортеры 2, транспортер отходов 19, комплект зернопроводов и блок бункеров: очищенного зерна 22, отходов 21, фуража 20 и резервный 18. Все машины и пульта управления смонтированы на блоке бункеров, которые одновременно служат несущей конструкцией и емкостями для промежуточного хранения обрабатываемого зерна. Сушильное отделение имеет сушилку СЗШ-16 с двумя шахтами 10, 12, пять норий 7, 9, 11, 13, 15, охладительные колонки 8, 14 и станцию управления. Очистительное и сушильное отделения технологически связаны между собой зернопроводами.

Технологией и электрической схемой управления предусматривается возможность работы комплекса по семи различным вари-

антам: параллельно или последовательно, с участием в работе всех или отдельных машин. Зерно из кузова автомобиля с помощью автомобилеподъемника 16 выгружают в завальную яму 17, откуда загрузочной норией 5 оно транспортируется в машину предварительной очистки 6, а затем нориями 11 и 13 — в шахты сушилки 10 и 12. Из сушилки высушенное зерно подается с помощью норий 9 и 15 в охладительные колонки 8 и 14 для охлаждения наружным воздухом, а затем норией 7 направляется на воздушно-решетные машины 4 для дальнейшей очистки и транспортерами 2 на триерные блоки 1 для сортирования.

Очищенные семена и отходы поступают в соответствующие секции блока бункеров. Зерносушилка СЗШ-16 имеет две шахты. При влажности зерна до 20 % поток зерна разделяется и одновременно проходит через обе шахты. При влажности свыше 20 % весь поток проходит обе шахты последовательно. При параллельной работе шахт зерно нориями 11 и 13 равномерно и одновременно распределяется по двум шахтам. Высушенное и охлажденное зерно норией 7 подается в резервный бункер 18, откуда самотеком поступает во вторую ветвь загрузочной нории 5.

При последовательной работе шахт зерно из машины первичной очистки 6 норией 13 направляется в шахту 12. Просушенное зерно разгрузочной кареткой выгружается в норию 15 и перемещается в охладительную колонку 14. Охлажденное зерно шлюзовым затвором выгружается из колонки 14 и направляется норией 11 в шахту 10 сушилки. После сушки во второй шахте зерно норией 9 подается в охладительную колонку 8, откуда через шлюзовой затвор порционно выгружается норией 7 в резервный бункер 18, а затем загрузочной норией 5 подается на очистку.

В воздушных каналах от зерна отделяются легкие примеси и по системе воздухопроводов выносятся в осадочную камеру централизованной аспирационной системы 3, где примеси выводятся в секцию отходов, а очищенный воздух вентилятором выбрасывается наружу.

В воздушно-решетных машинах зерновая смесь делится на три фракции: очищенные семена, фуражное зерно и отходы. Очищенные семена передаточными транспортерами 2 подаются на триерные блоки 1, где они дополнительно очищаются от длинных и коротких примесей, не отделившихся в воздушно-решетных машинах.

В зависимости от назначения и степени засоренности зерна триерные блоки настраивают на параллельную или последовательную работу цилиндров. Чистые семена и фракции очистки системой зернопроводов направляются в соответствующие бункера.

Принципиальная электрическая схема управления очистительным отделением комплекса КЗС-20Ш показана на рисунке 8.2. В зависимости от количества и засоренности зерновой массы устанавливают соответствующее положение переключателей SA1 и

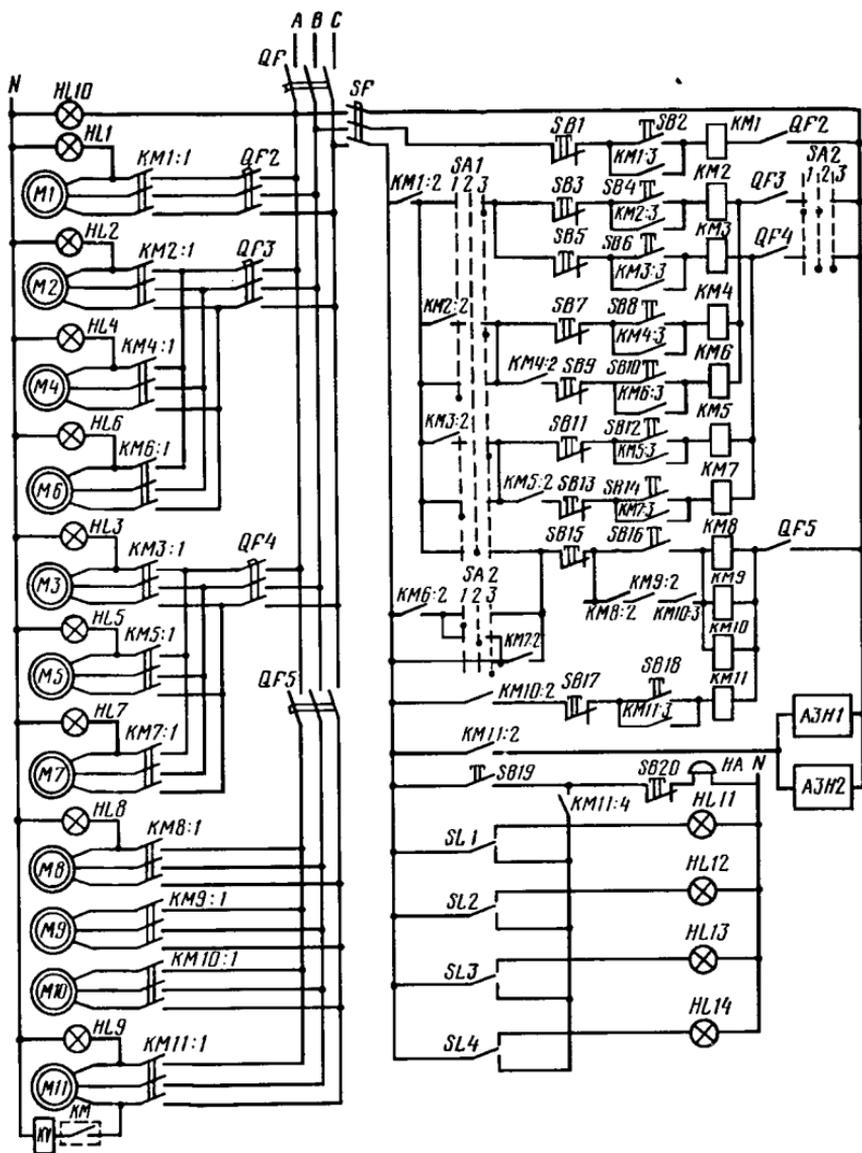


Рис. 8.2. Принципиальная электрическая схема дистанционного управления и сигнализации очистительно-сушильного комплекса КЗС-20III

SA2, которыми задается режим работы оборудования по семи различным вариантам: при переводе переключателя *SA1* в положение 3 возможна работа всех машин предварительной, воздушно-решетной и триерной очистки, а также отдельная работа первой или второй линии машин в зависимости от включения переключателя *SA2* (положение 1 или 2). Если переключатель *SA1* находится в положении 1, то возможна работа машин в вышеуказанных трех вариантах, но без триерных блоков. Когда переключатель *SA1* в положении 2, работает также машина предварительной очистки.

Для предотвращения завала зерна при пуске и останове машин последовательность пуска электроприводов машин противоположна движению зерна, а последовательность остановки совпадает с потоком зерна. В качестве примера рассмотрим работу схемы при включении машин по основному варианту, когда включаются все машины. Сначала включают автоматы *QF...QF5*, переключатель *SA1* ставят в положение 3, а *SA2* в положение 2 и кнопкой *SB19* подают предупредительный звуковой сигнал *HA* о пуске машины, а затем кнопкой *SB2* включают в работу электропривод *M1* (мощностью 14 кВт) централизованной аспирационной системы 3 (см. рис. 8.1). После этого кнопками *SB4* (см. рис. 8.2) и *SB6* включают электроприводы *M2* и *M3* (мощностью по 2,2 кВт) двух блоков триеров 1. Передаточные транспортеры 2 и воздушно-решетные машины 4 работают от электроприводов соответственно *M4*, *M5* (по 1,5 кВт) и *M6*, *M7* (по 1,1 кВт). Их включают кнопками *SB8*, *SB12* и *SB10*, *SB14* после замыкания блок-контактов *KM2:2* и *KM3:2* в цепях магнитных пускателей *KM4...KM7*. Только после этого можно включить кнопкой *SB16* через блок-контакты *KM6:2* или *KM7:2* электроприводы *M8* (3 кВт) нории 7, *M9* (1,1 кВт) машины предварительной очистки 6 и *M10* (1,5 кВт) транспортера отходов 19, а затем кнопкой *SB18* — электропривод *M11* (4 кВт) загрузочной нории 5. Автоматы заслонки нории *A3H1* и *A3H2* открываются автоматически от блок-контактов *KM11:2*.

Останавливают машины в обратной последовательности, нажимая кнопки «Стоп» *SB17...SB1*. В случае переполнения бункеров 18, 20, 21 и 22 переключаются контакты датчиков уровня *SL1...SL4* и включается звуковой сигнал *HA*, а соответствующие сигнальные лампы *HL11...HL14* гаснут.

8.3. ОПТИМИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОЧИСТИТЕЛЬНЫМИ И СОРТИРОВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

Установлено, что существующая система автоматического контроля и дистанционного управления машинами не полностью удовлетворяет требованиям послеуборочной обработки зерна на агрегатах и комплексах и имеет существенные резервы. Оптимизация систем автоматического управления всеми технологическими

процессами позволит повысить производительность машин на 20...25 %, снизить простой машин в 4...5 раз, уменьшить затраты труда в 2...3 раза и обеспечить заданное качество обработанного зерна. Этого можно достичь лишь при применении совокупности автоматических устройств, объединенных в оптимальную систему автоматизированного управления технологическими процессами всего послеуборочного комплекса.

Цель оптимизации автоматического управления зерноочистительной машиной состоит в получении максимальной производительности q_k при заданном значении чистоты ψ_k обработанного зерна.

На рисунке 8.3, а представлена зерноочистительная воздушно-решетчатая машина как объект автоматического управления. Качество работы машины определяют по следующим контролируемым и управляемым параметрам: производительности машин по чистому зерну q_k , чистоте выходного зерна ψ_k , содержанию зерна в отходах аспирации Z_a и содержанию зерна в крупных примесях Z_n . Управляющими входными воздействиями являются: подача зерна в машину q_n , скорость воздушного потока в каналах аспирации v и частота колебания решет ω . Чистота ψ_n , влажность w и натуральный вес j поступающего зерна представляют собой возмущающие воздействия.

Поскольку чистота ψ_k зерна после воздушно-решетчатой машины в основном зависит от его подачи q_n и чистоты поступающего в машину зерна ψ_n , а производительность q_k — от подачи q_n , то структурную схему зерноочистительной машины как объекта оптимального управления можно представить тремя аperiodическими звеньями первого порядка с запаздыванием (рис. 8.3, б).

Постоянные времени T_1, T_2, T_3 и времени чистого запаздывания τ_1, τ_2 и τ_3 близки между собой. Для воздушно-решетчатых машин

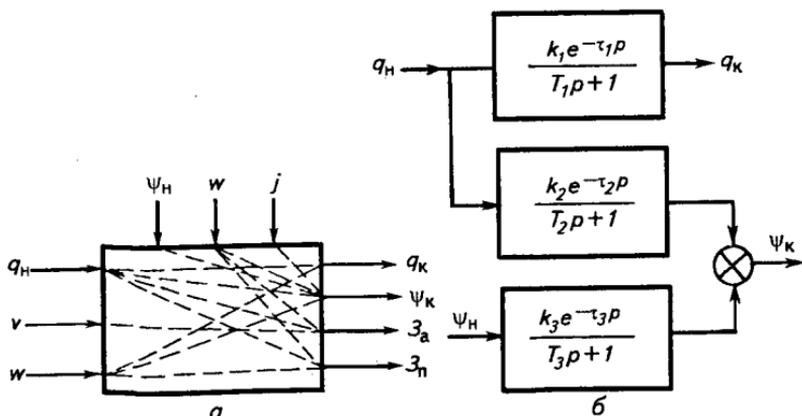


Рис. 8.3. Модель (а) и структурная схема (б) зерноочистительной машины как объекта автоматического управления

вторичной очистки комплекса типа КЗС $\tau_1 \approx \tau_2 \approx \tau_3 = 40 \dots 60$ с, $T_1 \approx T_2 \approx T_3 = 30 \dots 50$ с. Коэффициенты усиления k_1 и k_2 зависят от настройки машины и внешних возмущающих воздействий.

Для получения хорошей чистоты очистки следует регулировать загрузку машины q_n с погрешностью не более ± 5 % заданного значения.

Для высокопроизводительных зерноочистительных машин с целью получения высококачественной очистки экономически целесообразно использовать следующие автоматические СУ оптимальным процессом очистки зерна: СУ чистотой ψ_k для блока подсевных решет; СУ содержанием зерна Z_a в отходах каждого канала аспирации и СУ содержанием зерна Z_p для блока решет, отделяющего крупные примеси. Пока наиболее сложной и практически нерешенной в техническом отношении задачей является разработка датчиков чистоты сортировки и датчиков содержания зерна в каналах аспирации и в крупных примесях.

8.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗЕРНОСУШИЛОК

В сельском хозяйстве нашей страны используют шахтные, барабанные и камерные зерносушилки. Это наиболее ответственные объекты автоматизации зерноочистительно-сушильного комплекса, на которые приходится 85 % всех контролируемых и управляемых операций на комплексе.

Шахтные зерносушилки типа СЗШ (рис. 8.4) имеют две сушильные камеры, два надсушильных бункера 6, две загрузочные нории 7 влажного зерна, две нории сухого зерна 8, разгрузочные устройства 3, две охладительные колонки 9 со шлюзовыми затворами. Теплоноситель из топки 2 по трубопроводу 1 подается в сушильные камеры 4 и 5. Пространство между шахтами используется в качестве диффузора 12, в центральную часть которого снизу подводится теплоноситель. Отработанный теплоноситель отводится с боковых сторон с помощью вентиляторов 13. Внутри камеры размещены пятигранные коробки 11. Одной стороной каждый короб упирается в глухую стенку, в другой его стороне выполнено открытое окно.

Теплоноситель из топки поступает в открытые окна через подводящий диффузор, из них проникает в зерновой слой и поглощает влагу, а затем отводится через другой ряд коробов в отводящие диффузоры и вентиляторами 13 выбрасывается наружу.

Влажное зерно после первичной очистки подается в засыпные ковши норий 7, которые поднимают его и через надсушильные бункера 6 заполняют шахты 10 сушилки. Необходимый уровень зерна в сушилке контролируется датчиками минимального и максимального уровня, которые установлены в надсушильных бункерах 6. Датчики уровня управляют работой порционного разгрузочного устройства: при достижении минимального уровня останав-

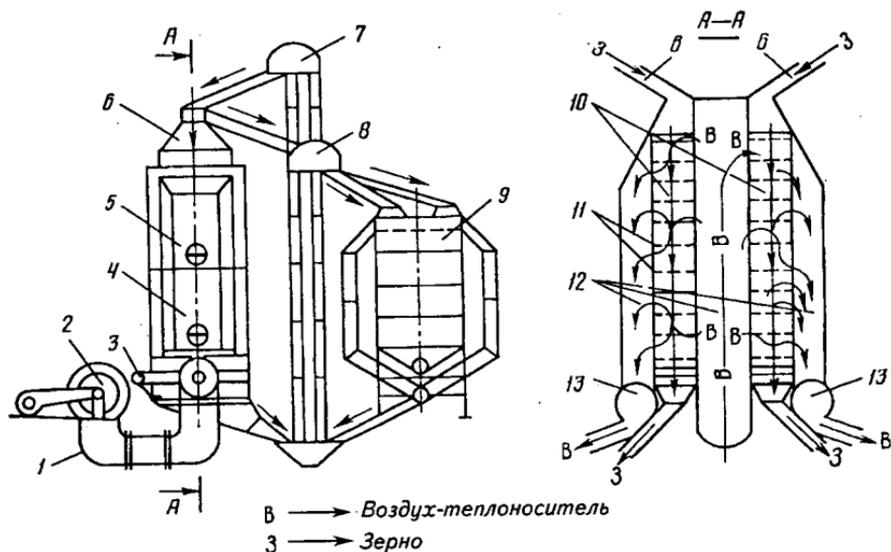


Рис. 8.4. Технологическая схема зерносушилки типа СЗШ:

1 — трубопровод; 2 — топка; 3 — разгрузочное устройство; 4, 5 — сушильные камеры; 6 — надсушильный бункер; 7, 8 — нории; 9 — охлаждающая колонка; 10 — шахты; 11 — коробка; 12 — диффузоры; 13 — вентиляторы

ливаются электродвигатель разгрузочных кареток, при достижении максимального уровня электродвигатель разгрузочных кареток включается снова. Излишек зерна из надсушильного бункера 6 по зерносливам возвращается в завальную яму. В нижней части шахт в патрубках установлены датчики температуры для дистанционного измерения температуры нагрева зерна в потоке.

Высушенное зерно нориями 8 поднимается и сбрасывается в лотковые расходомеры, откуда попадает в охлаждающие колонки 9. Охлаждающие колонки выполнены из двух коаксиально расположенных цилиндров. К малому внутреннему цилиндру сверху присоединен всасывающий патрубок вентилятора, при помощи которого отводится отработанный воздух. Зерно располагается между перфорированными стенками внутреннего и внешнего цилиндров и охлаждается благодаря просасыванию воздуха через его слой. Нижняя часть колонки заканчивается конусом, под которым расположен шлюзовой затвор для периодической порционной разгрузки колонки.

Исполнительный механизм шлюзового затвора управляется от датчиков уровня зерна, контролирующих верхний и нижний допустимый уровень зерна в верхней части колонки. При максимальном уровне зерна шлюзовой затвор открывается, при минимальном — закрывается. Охлажденное зерно подается норией на дальнейшую очистку.

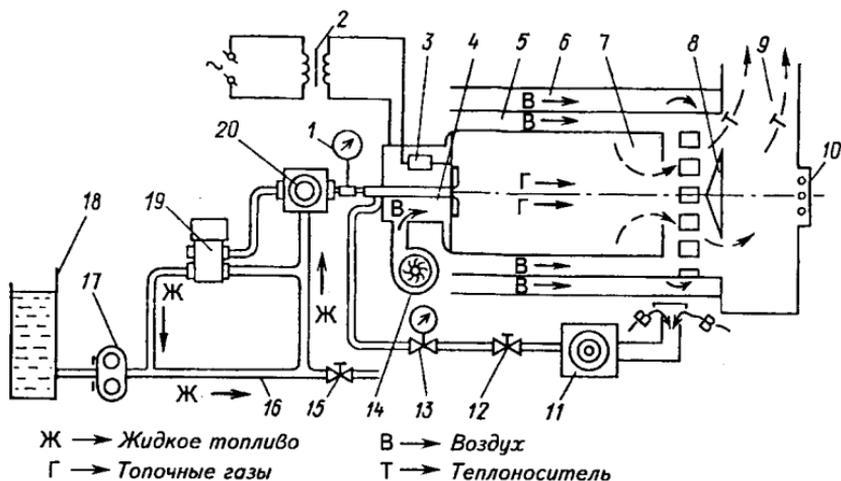


Рис. 8.5. Технологическая схема теплогенератора зерносушилки типа СЗШ:

1 — манометр; 2 — трансформатор; 3 — предохранитель; 4 — форсунка; 5 — экран; 6 — кожух; 7 — камера сгорания; 8 — отражатель; 9 — смесительная камера; 10 — предохранительный клапан; 11 — газодувка; 12, 13 — краны; 14 — дутьевой вентилятор; 15 — сливной кран; 16 — трубопровод; 17 — насос; 18 — топливный бак; 19 — золотник; 20 — дроссель

Технологическая схема теплогенератора для зерносушилки типа СЗШ показана на рисунке 8.5. Система подачи топлива состоит из топливного бака 18, насоса 17, манометра 1, сливного крана 15, дросселя 20, золотника 19, форсунки 4, газодувки 11 и трубопроводов 16 подачи топлива. Камера сгорания 7 топки имеет экран 5 и кожух 6 из углеродистой стали. В передней части смесительной камеры 9 («улитки») установлен предохранительный клапан 10, предотвращающий взрыв топки от внезапного воспламенения паров топлива.

Жидкое топливо к форсунке 4 поступает с помощью шестеренного насоса 17. Подачей топлива управляют дистанционно посредством золотника 19, а давление впрыска устанавливают дросселем 20. Воздух, необходимый для сгорания топлива, подается к форсунке ротационной газодувкой 11 через краны 12 и 13. Дутьевой вентилятор 14 подает в топку воздух (до 9 тыс. м³/ч).

При пуске топки включают электродвигатели вентиляторов топки и топливный насос 17. С помощью трансформатора и высоковольтной свечи зажигания 8 воспламеняется пламя в топке, наличие которого контролируется специальным фотодатчиком. Если топливо не воспламеняется, то через 15 с вентилятор топки и топливный насос отключаются.

При работе топки в смесительную камеру 9 поступают топочные газы, а по кольцевым зазорам между стенками камеры сгора-

ния, экраном 5 и кожухом 6 — наружный воздух. Для лучшего смешивания газов с воздухом установлен отрагатель 8.

Стационарные барабанные зерносушилки типа СЗСБ производительною от 2 до 8 т/ч используют для сушки продовольственного зерна, семян трав, а также для приготовления белково-витаминной травяной муки. Эти зерносушилки включают также в состав комплексов типа КЗС для послеуборочной обработки зерна. Технологическая схема зерносушилок СЗСБ состоит из топki 1 (рис. 8.6), загрузочной камеры 3, сушильного барабана 4 с подъемными лопатками 5, разгрузочной камеры 7, элеватора 9, охлаждающей колонки 10 со шнеком 12. Механизм сушильного барабана включается в работу электродвигателем мощностью 7,5 кВт через двухступенчатый редуктор и приводные ремни. Зерно в сушильный барабан должно поступать равномерным и беспре-

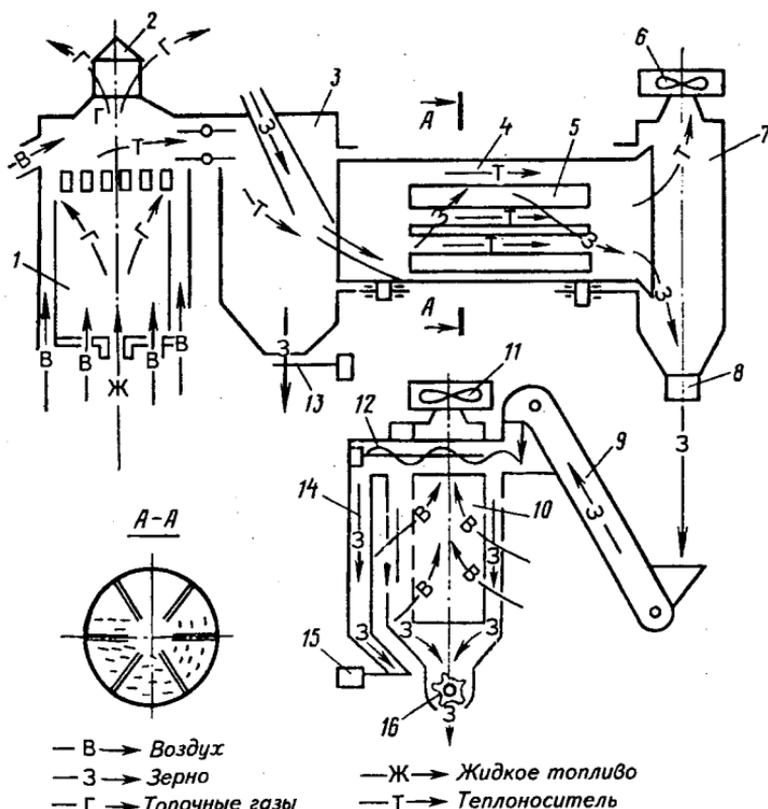


Рис. 8.6. Технологическая схема зерносушилки типа СЗСБ:

1 — топка; 2 — выпускная труба; 3, 7, 8 — камеры; 4 — сушильный барабан; 5 — лопатки; 6, 11 — вентиляторы; 9 — элеватор; 10 — охлаждающая колонка; 12 — шнек; 13, 15 — клапаны; 14 — зернослив; 16 — затвор

рывным потоком. Оно подается в барабан по винтовым дорожкам, избыточное зерно направляется через клапан 13 в приемный бункер.

Под воздействием теплоносителя и лопаток 5 зерно перемещается вдоль барабана и высыпается в разгрузочную камеру 7. Из камеры 7 зерно через шлюзовой затвор 8 направляется элеватором 9 в охлаждательную колонку 10. В охлаждающей колонке зерно перемещается сверху вниз и при помощи вентилятора 11 продувается наружным воздухом и охлаждается. В верхней части колонки расположен горизонтальный шнек 12 для подачи и выравнивания зерна. Излишнее зерно при загрузке колонки попадает в зернослив 14, на конце которого закреплен клапан 15 с контактным датчиком. От контактного датчика и датчика верхнего уровня зерна включается шлюзовой затвор 16, который выпускает порцию зерна. Выпуск зерна прекращается в момент срабатывания датчика минимального уровня, установленного в верхней части охлаждающей колонки.

Теплоноситель готовят в топке 1, сжигая жидкое топливо (керосин или смесь 75 % керосина и 25 % моторного топлива) и нагревая топочными газами воздух, подаваемый в топку. Побочные газы удаляются через трубу 2, отработанный теплоноситель выбрасывается в атмосферу вентилятором 6.

Принципиальная электрическая схема управления двумя барабанными зерносушилками, входящими в комплекс КЗС-20Б, показана на рисунке 8.7. Она состоит из цепей дистанционного пуска и останова агрегатов, управления топкой, световой и звуковой сигнализации. Автоматами *QF1* и *QF2* и переключателем *SA1* выбирают заданный вариант работы оборудования: работа только первой или второй зерносушилки или их совместная работа (положение переключателя *SA1* будет соответственно в 1, 2 или 3). Перед пуском зерносушилки включают автоматы *SA1* и *SA2*, подающие напряжение в схему управления, и кнопкой *SB2* включают магнитный пускатель *KM16*. Блок-контакты *KM16:3* через реле *KV3* включают предупредительный звуковой сигнал *HA*, который после пуска агрегатов отключают кнопкой *SB21* через реле *KV1...KV3*.

Рассмотрим работу технологической (см. рис. 8.6) и электрической (рис. 8.7) схем при пуске первой зерносушилки. Кнопками *SB4* и *SB6* включаются электродвигатели *M1* (мощность 10 кВт) вентилятора 6 сушильного барабана 4 и *M2* (4 кВт) топки 1. От блок-контактов *KM2:3* срабатывает реле выдержки времени *KT1*, которое через 150 с своим контактом *KT1:1* включает трансформатор зажигания *TV1* и электромагнитный клапан *УА1* подачи топлива. При появлении пламени в топке срабатывает фотореле *KV5*, которое контактами *KV5* включает реле *KV4*. Последнее становится на самоподпитку через свой контакт *KV4* и отключает реле *KT1*.

Если в течение 15 с в топке пламя при пуске не возникает, то

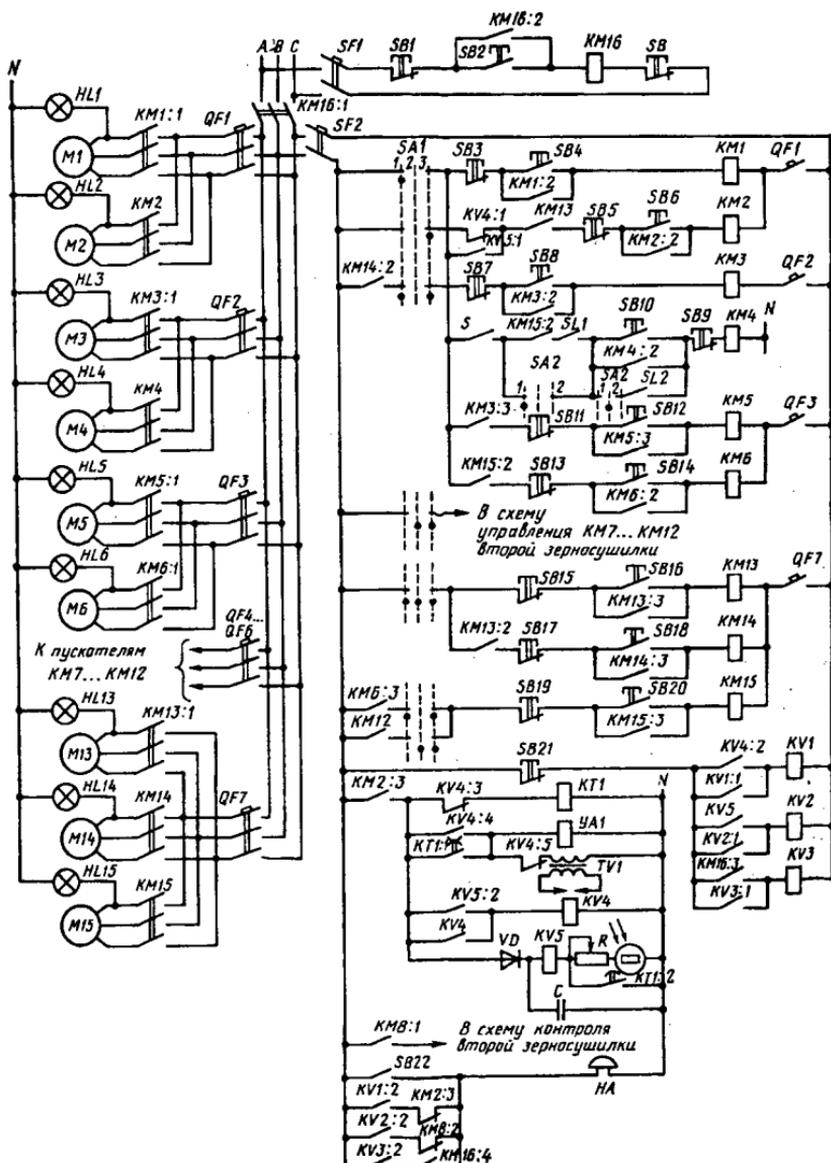


Рис. 8.7. Принципиальная электрическая схема управления барабанными зерносушилками

реле *KT1* через 165 с после пуска шунтирует цепь *R* и этим вызывает срабатывание реле *KV5*, а затем реле *KV4*. Реле *KV4* одним контактом отключает реле времени *KT1*, а вторым контактом разрывает одну из двух цепей питания магнитного пускателя *KM2*. Реле *KT1*, расшунтируя цепь *R*, отключает фотореле *KV5*, а последнее разрывает цепь питания сначала *KV4*, а затем *KM2*, и вентилятор топки выключается. Блок-контакты *KM2*: 3 снимают напряжение с автомата контроля пламени и включают через контакты реле *KV1*: 2 звуковой сигнал *HA*. Аналогичным образом действует схема при погасании пламени в топке по любым причинам. Повторный пуск оператором возможен только после устранения причин погасания пламени.

При успешном пуске топки кнопками *SB12* и *SB14* включают магнитные пускатели *KM5* и *KM6* электродвигателей *M5* (7,5 кВт) сушильного барабана 4 и *M6* (5,5 кВт) вентилятора 11 охлаждающей колонки 10.

Магнитные пускатели *KM13...KM15* с помощью кнопок *SB16...SB20* включают соответственно электроприводы двухпоточных норий: *M13* — охлаждающих колонок, *M14* — разгрузки сушилок и *M15* — промежуточных норий. Мощность каждого электродвигателя нории равна 2,2 кВт. Только после включения разгрузочной нории сушилок можно кнопкой *SB8* включить электропривод *M3* разгрузочного устройства 8 сушилки.

Аналогичным образом включаются и отключаются электродвигатели *M7...M12* второй зерносушилки. Электроприводом *M4* разгрузочного устройства 16 охлаждающей колонки 10 можно управлять вручную при помощи кнопок *SB9* и *SB10* или автоматически при помощи датчиков уровня зерна *SL2* (переключатель *SA2* во втором случае ставят в положение 2). Нижний и верхний уровни зерна в охлаждающей колонке контролируются датчиками уровня *SL1* и *SL2*. Если уровень зерна достигнет предельного нижнего значения, то размыкаются контакты *SL1* и разгрузка охлаждающей колонки прекращается. Когда зерно достигает предельного верхнего уровня, то замыкаются контакты вначале *SL1*, а затем *SL2* и начинается разгрузка колонки.

Зерносушилку останавливает оператор, поочередно отключая оборудование в последовательности, обратной пуску, при помощи кнопок «Стоп» *SB19...SB1*. В экстренных случаях одновременно все машины останавливают кнопкой *SB* или *SB1*.

8.5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА

Активное вентилирование — продувание массы зерна холодным или подогретым воздухом — наиболее эффективный прием временного хранения (консервирования) влажного зерна. Влажное

зерно очень быстро портится при хранении. Из-за увеличенной интенсивности дыхания при повышенной влажности и температуре зерно самосогревается, поражается плесневыми грибами, микроорганизмами и быстро теряет семенные и продовольственные качества. Активное вентилирование, кроме консервации, предупреждает самосогревание, охлаждает и подсушивает зерновые насыпи.

Круглосуточное вентилирование необходимо, если влажность зерна была выше 20 %, а относительная влажность воздуха не превышала 90 %. В дождливую погоду проводят периодическое вентилирование зерна подогретым воздухом в течение 1,5 ч через 4...6 ч.

Для активного вентилирования зерна атмосферным воздухом используют вентилируемые бункера. Вентилируемый бункер имеет цилиндрическую форму и выполнен из штампованных перфорированных секций. Внутри бункера находится воздухораспределительная труба (рис. 8.8). Несколько бункеров объединяют в группы. Зерно засыпают между внутренним и внешним цилиндрами. В основе сушки вентилированием лежит зависимость так называемой равновесной влажности зерна w от относительной влажности воздуха ϕ (рис. 8.8, в). Из-за гигроскопических свойств зерно увлажняется при относительной влажности воздуха выше равновесной и подсушивается при влажности воздуха ниже равновесной. Для уменьшения относительной влажности воздуха его подогревают, на каждый градус нагрева воздуха его относительная влажность снижается примерно на 5 %. Обычно воздух при сушке подогревают на 10...12 °С.

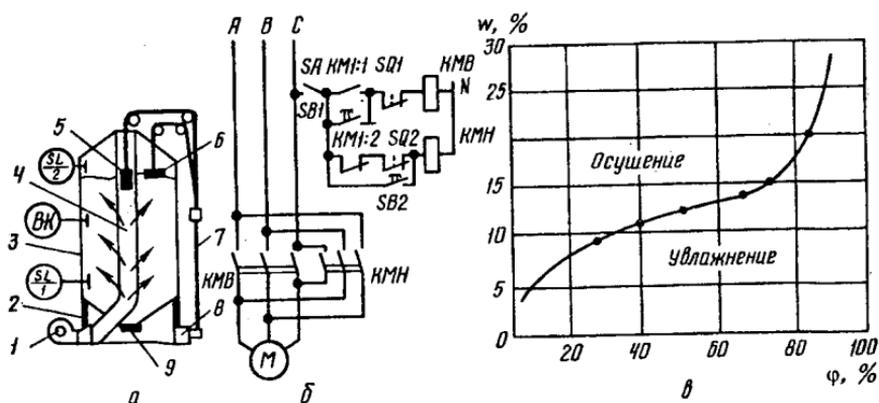


Рис. 8.8. Схемы бункера активного вентилирования (а), управления поршнем-заглушкой (б) и зависимость равновесной влажности зерна w от относительной влажности воздуха ϕ (в):

1 — вентилятор; 2 — электрокалорифер; 3 — бункер; 4 — воздухораспределительная труба; 5 — поршень-заглушка; 6 — датчик; 7 — трос; 8 — электропривод; 9 — люк

Автоматизация бункеров активного вентилирования зерна предусматривает автоматическое управление загрузкой бункеров, воздушораспределением в бункере, температурой и влажностью зерна и продуваемого воздуха. Нория загружает зерно в бункер 3, в котором происходит вертикальное и радиальное воздушораспределение (рис. 8.8, а). В центре бункера установлена перфорированная воздушораспределительная труба 4, а внутри нее от электропривода 8 перемещается поршень-заглушка 5. Разгружается бункер самотеком через люк 9. Вентилятор 1 прогоняет воздух через электрокалорифер 2 и подает его в массу зерна.

Автоматическая СУ воздушораспределением (рис. 8.8, б) воздействует на электропривод *M*, который устанавливает поршень-заглушку в требуемое положение следующим образом. Сигнал на перемещение поршня-заглушки подается от блок-контактов *KM1:1* при пуске загрузочной нории. Блок-контакты *KM1:1* подают питание на катушку *KMB* и двигатель *M*, и тот передвигает поршень вверх, пока не разомкнутся контакты конечного выключателя *SQ1*. Окончание загрузки и отключение нории вызывает замыкание блок-контакта *KM1:2* в цепи включения катушки *KMH* реверсивного пускателя привода заглушки. Теперь заглушка опускается до тех пор, пока датчик 6 (рис. 8.8, а) положения не коснется зерна и, разомкнув контакты *SQ2* (рис. 8.8, б), не отключит катушку *KMH*. При помощи кнопок *SB1* и *SB2* можно дистанционно управлять электроприводом 8 (рис. 8.8, а) и связанной с ним тросом 7 заглущкой.

Схема управления загрузкой, температурой и влажностью зерна бункеров активного вентилирования показана на рисунке 8.9. Пе-

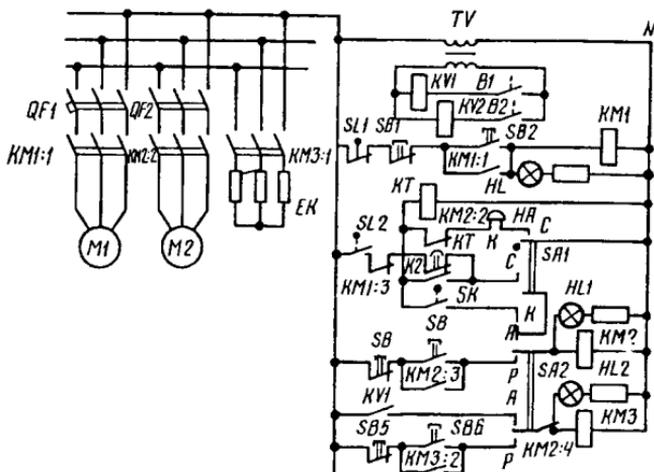


Рис. 8.9. Электрическая схема бункера активного вентилирования зерна

реключатели *SA1* и *SA2* могут быть установлены в два положения: *C* — сушка и *K* — консервация при ручном *P* и автоматическом *A* управлении. Датчики уровня *SL1* и *SL2* контролируют верхний и нижний уровень зерна в бункере. Норию загрузки пускают кнопкой *SB2*, в результате чего магнитный пускатель *KM1* подает питание на электропривод *M1*.

Когда уровень зерна в бункере достигает максимального значения, размыкается контакт *SL1*, из цепи тока выводится пускатель *KM1*, который своими блок-контактами *KM1:3* включает реле времени *KT* и магнитный пускатель *KM2* электропривода *M2* вентилятора (переключатели *SA1* и *SA2* находятся в положениях соответственно *C* и *A*).

Влажность воздуха на входе в слой зерна и выходе из него контролируют влагомерами с контактными датчиками *B1* и *B2*, которые замыкаются при повышенной относительной влажности воздуха соответственно на входе и выходе бункера. Если влажность зерна повышенная, то выносимая воздухом влага замыкает контакты *B2*, в результате чего срабатывает реле *KV2*, которое контактами *K2* включает пускатель *KM2* электропривода вентилятора. Процесс сушки продолжается независимо от положения контактов *KT* до тех пор, пока до установленного значения не снизится вынос влаги из зерна. Тогда размыкаются контакты *B2*, отключается реле *KV2* и лишается питания пускатель *KV2* электропривода *M2* вентилятора 1. Одновременно размыкающие контакты *KM2:2* включают звонок *HA*, сигнализирующий об окончании процесса сушки.

Если при включении вентилятора *M2* влажность воздуха на выходе ниже равновесной, то выноса влаги не будет. В этом случае вентилятор *M2* отключается контактами реле времени *KT* с выдержкой времени, достаточной для выноса влаги из зерна к датчику *B2*.

Электронагревательные элементы *EK* калорифера включаются только при работающем вентиляторе, когда высока влажность воздуха на входе в зерно. В этом случае замыкаются контакты *B1* влагомера и реле *KV1* включает магнитный пускатель *KM3* калорифера. Отключается калорифер автоматически в результате размыкания контактов *B1* при снижении влажности окружающего воздуха.

Чтобы задать режим консервации (хранения) зерна, переключатель *SA1* ставят в положение *K*. В этом случае управление ведется по температуре зерна, которая контролируется датчиком температуры *SK*. Когда температура зерна достигает максимально допустимого значения, замыкаются контакты *SK* и магнитный пускатель *KM2* включает вентилятор. При этом, чтобы снизить (до 65 %) относительную влажность воздуха, его пропускают через электрокалорифер. Вручную оборудованием бункера управляют кнопками *SB1...SB6*, предварительно установив в положение *P* переключатель *SA2*.

Сушка зерна является весьма энергоемким процессом — на каждую 1 т высушенного зерна затрачивается до 10 кг жидкого топлива. Для сокращения энергозатрат предложено несколько методов интенсификации процесса сушки. Наиболее эффективно вентилирование семян так называемым электроактивированным воздухом, содержащим до 10 мг озона и ионоводорода в 1 м³ теплоносителя. Генерация ионов озона производится в высоковольтном электрическом поле с затратой мощности 50...70 Вт на 1 г озона.

Благодаря высоким влагосорбционным свойствам озона и протонирования время сушки и затраты энергии сокращаются в 1,5...1,8 раза по сравнению с сушкой семян подогретым воздухом той же температуры.

8.6. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНОСУШИЛОК КАК ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Режим сушки. В зерноочистительных и сушильных пунктах автоматизация технологических процессов неполная. Рассмотренные схемы автоматизации зерноочистительно-сушильных комплексов обеспечивают дистанционное управление (пуск и останов) и автоблокировку в поточных линиях, защиту от аварийных и ненормальных режимов работы установок и предупредительную сигнализацию, контроль температуры теплоносителя и зерна, измерение предельных значений уровня в емкостях и влажности зерна на входе и выходе сушилки, а также регулирование температуры теплоносителя на входе в сушилку.

Для получения продовольственного и семенного зерна высоко качества параметры процесса сушки необходимо выбирать с учетом как биофизических свойств зерна (вида и типа зерновой культуры, начальной его влажности и температуры), так и технологических показателей процесса сушки (начальной и конечной температуры и влажности теплоносителя, загрузки и экспозиции сушилки зерна на сушилке и др.).

Только с учетом указанных факторов можно обеспечить оптимальное автоматическое управление процессом сушки зерна по температуре и влажности. Как показывает практика, при ручном управлении процессом сушки температура теплоносителя (агента сушки) колеблется в пределе 15...20 °С, температура нагрева зерна — 5...7 °С, а влажность зерна — 4...6 % от требуемых значений. Из-за инерционности изменения параметров управления оператор не в состоянии стабилизировать управляемые параметры на заданных уровнях, что вызывает нарушение процесса сушки, а производительность поточных линий не превышает 70 % номинальной. Например, при заниженной температуре теплоносителя производительность сушилки резко падает и увеличиваются

удельные затраты энергии на сушку. При повышенной температуре клейковина (белок) зерна подвергается денатурации, что приводит к ухудшению качества продовольственного и особенно семенного зерна. В связи с этим семенное зерно сушат при более низкой температуре, чем продовольственное.

Для сушки продовольственного зерна температура теплоносителя должна быть не более $\pm 150^\circ\text{C}$, семян злаковых культур — 70 , бобовых — 45°C соответственно.

Отклонение температуры теплоносителя от номинального значения должно быть не более $\pm 5^\circ\text{C}$, сьем влаги за один проход через зерносушилку не должен превышать 6% для злаковых и $3...4\%$ для бобовых культур, кукурузы, риса, проса и гречихи. Температура зерна, вышедшего из охладительных колонок, не должна превышать температуру наружного воздуха более чем на $10...15^\circ\text{C}$.

Математическая модель зерносушилок в значительной степени облегчает определение управляющих и управляемых величин, учет влияний возмущающих воздействий и выбор структуры и типа регулятора.

Поскольку температура нагрева θ и влажность w зерна на выходе из зерносушилки зависят от температуры θ_T , расхода L и относительной влажности φ подаваемого в сушилку теплоносителя, начальной температуры θ_{T0} и исходной влажности w_0 зерна, скорости v движения и времени t пребывания зерна в сушильной камере, а также от конструктивных параметров K сушилки:

$$\theta, w = \psi(\theta_T, L, \varphi, \theta_{T0}, w_0, v, t, K), \quad (8.1)$$

то для определения взаимосвязей между ними необходимо исследовать математическую модель сушильной камеры (рис. 8.10).

Аналитически определить взаимосвязи между указанными величинами по модели весьма трудно из-за нелинейности зависимостей между параметрами, рассредоточенности и разных их значений по всему объему сушильной камеры, а также из-за разных физико-химических свойств и форм связи влаги зерна. Остается единственный путь — экспериментальное определение передаточных функций сушилки.

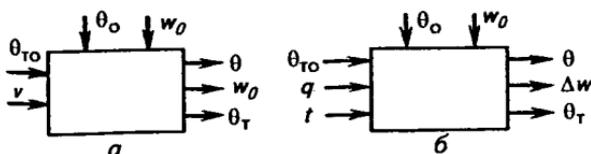


Рис. 8.10. Модели для шахтной (а) и барабанной (б) зерносушилок как объектов управления температурой и влажностью

Экспериментальные исследования показали, что наиболее сильная корреляционная связь в шахтных сушилках наблюдается между начальной w_0 и конечной w влажностью зерна, скоростью движения v и конечной влажностью w зерна, начальной θ_{T0} и конечной θ_T температурами теплоносителя, начальной θ_0 и конечной θ температурами зерна.

В шахтной зерносушилке выходными управляемыми параметрами являются температура θ и влажность w зерна на выходе, а входными управляющими параметрами — температура θ_{T0} теплоносителя и скорость движения v зерна через шахту. Начальные температура θ_0 и влажность w_0 зерна на входе в сушилку с точки зрения автоматического управления являются мешающими воздействиями. Между остальными параметрами связь (8.1) слабая — с коэффициентом взаимной корреляции менее 0,4, поэтому они в модели рисунка 8.10, а не показаны, т. е. ими пренебрегают.

В барабанной зерносушилке скорость передвижения зерна по барабану весьма неравномерна, вследствие этого за входные параметры приняты производительность сушилок q и время t пребывания зерна в сушилке. За выходной параметр влажности удобнее принять влагосъем в сушилке за один проход: $\Delta w = w_0 - w$, где w_0 и w — влажность зерна на входе и выходе сушилки (рис. 8.10, б).

Между указанными на моделях параметрами существуют прямые связи (связь температуры на выходе и входе, влажности зерна на выходе и входе сушилки) и перекрестные. Они определяются для зерносушилок передаточными функциями.

Другими словами, система автоматического управления должна оптимизировать процесс сушки систем по двум-трем управляемым параметрам: θ , w (Δw), θ_T — при помощи изменения входных величин (температуры теплоносителя θ_T , скорости v или производительности q и времени t прохождения зерна через сушилку), по отклонению управляемых параметров и с учетом возмущающих воздействий θ_0 и w_0 .

8.7. АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЗВЕШИВАНИЯ ПРОДУКЦИИ

Сыпучие грузы взвешивают на платформенных рычажных и тензOMETрических весах.

В сельскохозяйственном производстве наиболее распространены **стационарные платформенные весы**, грузоприемный механизм которых состоит из четырех поперечных рычагов, передающих усилие на коромысло или тягу циферблатного указательного устройства. Некоторые из этих весов могут регистрировать результаты взвешивания. На одной оси со стрелкой циферблатного указателя весов этого типа смонтирован барабан, имеющий 13 кодирующих дорожек. На каждой дорожке барабана в определенном порядке расположены отверстия, образующие цифровой код, соот-

ветствующий углу поворота стрелки. Двенадцать дорожек образуют код массы, тринадцатая служит для контроля успокоения подвижной системы весов. Считывание кода с барабана осуществляется фотодиодами, расположенными против каждой из дорожек и освещаемыми специальным источником света через отверстия в барабане. Положение, когда фотодиод освещен, соответствует 1, когда не освещен — 0. Таким образом, определенной схемой размещения отверстий на барабане записан циклический код чисел десятичной системы от 0 до 1000. Результат взвешивания считывается оператором со шкалы, фиксируется на бумажной ленте и может быть передан на пункт централизованного учета.

Широко распространены **весы с тензометрическими силоизмерителями**. Платформа таких весов опирается на тензодатчики, преобразующие давление груза в электрический сигнал, который после усиления может быть передан на значительное расстояние.

Переносные тензометрические весы представляют систему из четырех силоизмерителей, размещаемых на ровной твердой площадке. Весы следует периодически тарировать по эталонному грузу. Если силоизмерительные элементы установлены правильно и отсутствуют горизонтальные составляющие усилия, то ошибка измерения не превышает 2 %.

Взвешивание сыпучих грузов в стационарных условиях осуществляется также с помощью **ленточных весов**, представляющих собой одно из звеньев транспортной системы. Таким образом построены системы взвешивания овощей, зерна, корнеклубнеплодов и т. д.

На предприятиях по переработке и хранению зерна применяют **ковшовые и автоматические порционные весы**. Ковшовые весы представляют собой обычные рычажные весы порционного действия с емкостью ковша от 5 до 100 кг. Автоматические порционные весы-дозаторы имеют бункер, заполняемый питателем.

Для дозаторов дискретного действия характерна динамическая погрешность, вызванная тем, что после отключения питателя в дозатор поступает часть материала, находящаяся в воздухе. Именно поэтому перед окончанием цикла питатель переключается на пониженную скорость (режим досыпки).

Следует учитывать также динамическую перегрузку, связанную с динамическим усилием падающего материала. В зависимости от способа контроля массы возможно старт-стопное, аналоговое или цифровое управление ИМ питателей дозаторов.

Старт-стопное управление (рис. 8.11) реализуется с помощью пусковых выключателей $SQ1$ и $SQ2$, фиксирующих положение стрелки в определенных точках циферблатного указателя.

При подаче сигнала «Пуск» двигатель M питателя начинает работать в режиме номинальной скорости и материал интенсивно заполняет бункер дозатора. Когда укрепленный на стрелке циферблатного указателя флажок войдет в паз бесконтактного выключа-

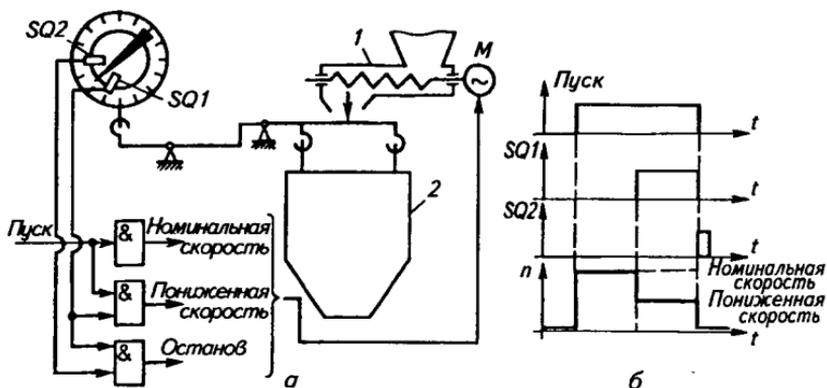


Рис. 8.11. Функциональная схема (а) и временная диаграмма (б) start-стопного управления дозатором дискретного действия:

1 — питатель; 2 — бункер; n — число импульсов, соответствующее углу поворота стрелки выключателей $SQ1$ и $SQ2$; t — текущее время

теля $SQ1$, вырабатывается сигнал, переводящий двигатель питателя M на пониженную скорость. Теперь интенсивность подачи уменьшается и точность дозирования увеличивается. При входе флажка в паз бесконтактного выключателя $SQ2$ питатель отключается.

Аналоговое управление (рис. 8.12, а) осуществляется за счет преобразования угла поворота стрелки в аналоговый сигнал. В качестве преобразователя может быть использована пара сельсин-датчик (BC) — сельсин-приемник (BE), работающая в трансформаторном режиме. Требуемая доза задается изменением углового положения ротора сельсина-датчика BC , а контроль массы материала,

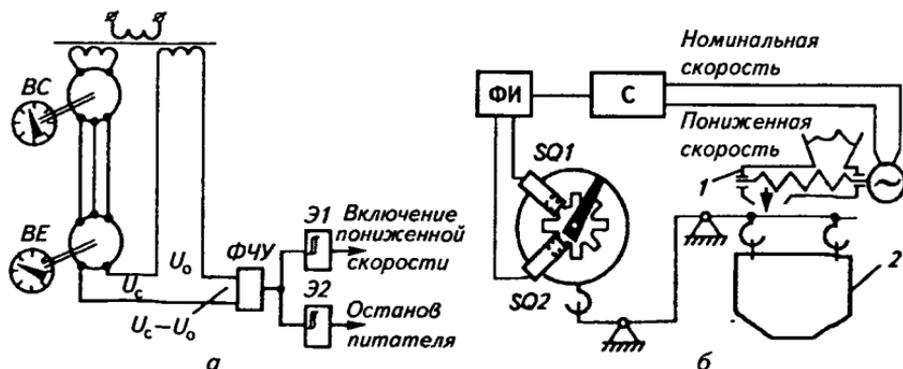


Рис. 8.12. Функциональные схемы управления дозатором дискретного действия:

а — аналоговая; б — дискретная; 1 — питатель; 2 — бункер

поступающего в весовой бункер, — значением разности между выходным напряжением U_c сельсина BE и опорным напряжением U_0 , которое повышается фоточувствительным усилителем ($\PhiЧУ$) и подается на релейные элементы $\mathcal{E}1$ и $\mathcal{E}2$. Релейный элемент $\mathcal{E}1$ настраивают на перевод питателя в режим пониженной скорости, а $\mathcal{E}2$ — на отключение питателя.

Цифровое управление (рис. 8.12, б) обеспечивается преобразованием угла поворота стрелки в цифровой код. Датчики $SQ1$ и $SQ2$ автогенераторного типа с помощью зубчатого диска выдают последовательность импульсов, число которых соответствует углу поворота стрелки. Импульсы поступают сначала в формирователь ФИ, а затем в счетчик С. После отсчета n импульсов питатель I переводится на пониженную скорость, а после отсчета еще m импульсов — останавливается.

Преимущества схемы цифрового управления — отсчет импульсов; отсутствие погрешности в измерениях из-за налипания материала на стенки бункера 2.

Дальнейшее усовершенствование порционных весов — многокомпонентные весовые дозаторы, представляющие собой то же весовое устройство, но приспособленное для последовательного взвешивания в одном бункере нескольких компонентов какой-либо смеси (например, комбикорма).

Контрольные вопросы и задания

1. Какие процессы послеуборочной обработки зерна механизуют и автоматизируют? 2. Расскажите об автоматизации очистки и сортировки зерна. 3. По каким параметрам следует оптимизировать очистку и сортировку зерна? 4. Как осуществляют автоматизацию шахтных и барабанных сушилок? 5. Для чего предназначены бункеры активного вентилирования зерна? Перечислите параметры их автоматизации. 6. Как работает теплогенератор сушилок? 7. Охарактеризуйте зерносушилку как объект автоматизации. 8. Перечислите способы автоматизации взвешивания продукции и регистрации их веса.

Глава 9

АВТОМАТИЗАЦИЯ ХРАНИЛИЩ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

9.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Технология хранения сельскохозяйственной продукции включает в себя процессы подогрева, охлаждения и увлажнения продукции с целью предохранения ее от переохлаждения, перегрева и обезвоживания. Правильное хранение сельскохозяйственной продукции позволяет обеспечить круглогодичное снабжение населения страны продуктами питания и сохранить их высокие питательные и вкусовые качества, внешний вид.

В хранилищах содержат фуражное и семенное зерно, зеленые корма (сено, сенаж, силос), комбикорм, продукцию молочно-варных и птицеводческих ферм, а также картофель, корнеклубнеплоды, различные овощи и фрукты. Потребность сельского хозяйства в типовых хранилищах недостаточно удовлетворена. Из-за неправильных режимов хранения хозяйства несут огромные потери. Например, потери питательных веществ в сене, соломе и силосе при нарушении режимов хранения составляют более 20 %.

При закладке сельскохозяйственной продукции на длительное хранение используют средства механизации и автоматизации транспортировки и загрузки продукции в хранилища, управления параметрами микроклимата и защиты продукции от порчи, сортирования и выгрузки продукции, контроля качества и учета количества продукции при загрузке, хранении и реализации. Средства и способы транспортировки, сортирования, загрузки и выгрузки продукции изучают в курсе «Механизация сельского хозяйства». В настоящей главе рассмотрены средства и способы управления параметрами микроклимата в хранилищах и новые методы контроля и сортирования сельскохозяйственной продукции.

Основные параметры микроклимата в хранилищах — температура и относительная влажность воздуха в массе хранимого продукта. При автоматизации управления температурой в картофеле- и овощехранилищах следует учитывать некоторые особенности.

Во-первых, при хранении большой массы картофеля и овощей в хранилищах, не оборудованных автоматическими СУ, при положительных температурах возникают очаги загнивания продукта, которые быстро распространяются на рядом расположенные клубни картофеля и овощи.

Во-вторых, обычно картофель и овощи стараются хранить при минимально допустимых температурах, а при сильных морозах иногда подмораживается продукция в периферийных слоях.

В-третьих, для визуального контроля сохранности продукции ее закладывают слоем небольшой толщины и оставляют места для прохода обслуживающего персонала, что приводит к относительно малому использованию объема хранилищ. Вследствие этого при хранении картофеля и овощей в неавтоматизированных овощехранилищах полезный объем сооружений составляет 30...40 % общего объема, а количество портящейся продукции достигает 30 % и более.

В нашей стране строят хранилища картофеля и овощей на 500...3000 т, а в специализированных хозяйствах — до 10 000 т с системой активного вентилирования. Овощехранилища строят из кирпича или бетонных блоков с перекрытиями из железобетонных плит. Для лучшей теплоизоляции применяют строительные газосиликат, газобетон и другие теплоизоляционные материалы, а сами хранилища наполовину заглубляют в грунт.

Метод активного вентилирования заключается в том, что через

массу хранимого продукта периодически принудительно продувают воздух, расходуя до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$, а иногда до $300 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 т картофеля. При необходимости в овощехранилищах устанавливают калориферы для подогрева воздуха в зимний период и холодильные машины для предварительного охлаждения вентиляционного воздуха в осенне-весенний и летний периоды.

9.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОВОЩЕХРАНИЛИЩА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ

Активное вентилирование позволяет поддерживать в хранилищах оптимальный температурно-влажностный режим. Одновременно оно обеспечивает удаление с поверхности овощей влаги, а из их массы — продуктов дыхания, ведущих к развитию болезнетворных микроорганизмов.

Воздух в массу хранимого продукта подают при помощи приточных вентиляционных систем, оборудованных центробежными или осевыми вентиляторами. Режим работы вентиляционной системы зависит от температуры наружного воздуха, вида и массы хранимого продукта. Для снижения температуры хранимого продукта наружный воздух нагнетается вентилятором через приточную шахту по вентиляционному каналу в массу продукта. При недопустимо низких и высоких температурах наружного воздуха вентилятор прогоняет через продукт внутренний (рециркуляционный) воздух, а приточная камера в это время закрыта клапаном.

Процессы управления микроклиматом овощехранилищ рассматриваем на примере хранения картофеля. В технологическом процессе хранения картофеля можно выделить три периода: лечебный, охлаждения и хранения.

Лечебный период необходим для быстрого заживления механических повреждений картофеля. С этой целью в межклубневом пространстве насыпи необходимо поддерживать температуру на уровне $14\text{--}18^\circ\text{C}$ и высокую относительную влажность воздуха (более 90 %) с минимальным воздухообменом.

При температуре картофеля выше 18°C должна включаться система активного вентилирования и подавать воздух температурой на $3\text{--}4^\circ\text{C}$ ниже температуры массы хранимого продукта. Если в закрое хранилища заложен больной картофель (пораженный фитотрофой, нематодой и т. п.), то лечебный период проводится при температуре $8\text{--}10^\circ\text{C}$ с последующим охлаждением до $1\text{--}2^\circ\text{C}$.

При закладке мокрого картофеля его немедленно подсушивают усиленным активным вентилированием при относительной влажности воздуха не более 80 %.

Период охлаждения наступает после двухнедельного лечебного периода, температуру хранимого картофеля постепенно снижают до $2\text{--}4^\circ\text{C}$. Для этого клубни картофеля вентилируют наружным

воздухом или смесью его с внутренним воздухом в те периоды суток, когда температура наружного воздуха не менее чем на 4...5 °С ниже температуры насыпи картофеля. Охлаждают клубни медленно: на 0,5...0,6 °С в сутки при максимальной влажности воздуха до 100 %. Период охлаждения длится 20...25 суток.

Период хранения (основной) начинается при температуре картофеля в насыпи 3...4 °С. Вентиляционные установки включаются при температуре в насыпи 4 °С и более. Зимой продукт активно вентилируют смесью наружного и внутреннего воздуха, а при сильных морозах — только рециркуляционным воздухом. В остальные времена года насыпь вентилируют наружным воздухом, который забирают в наиболее холодное время суток, или воздухом, охлажденным в специальных холодильных установках.

Во всех случаях относительная влажность воздуха должна быть максимальной, но без образования конденсата на картофеле. При пониженной влажности вентиляционного воздуха возникают большие потери массы клубней и они теряют свой товарный вид. Аналогичные агротехнические требования предъявляют и к системе автоматического управления микроклиматом других овощехранилищ.

В режимах «Лечение» и «Охлаждение» температура массы хранимой продукции всегда выше заданной, а продолжительность работы системы активного вентилирования зависит от настройки программных реле и температуры наружного воздуха, а также от массы хранимой продукции. При разработке и выборе систем автоматики необходимо знать передаточные функции массы хранимой продукции и верхней зоны в основном режиме «Хранение».

Передаточная функция массы хранимой продукции. Эту функцию можно определить аналитически из уравнения динамики теплообмена массы хранимой продукции и вентилируемого воздуха.

Теплообмен в насыпи штучной сельскохозяйственной продукции представляет собой сложное физическое явление. Температура на поверхности продукта определяется не только интенсивностью отвода теплоты с поверхности, но и ее отводом из внутреннего пространства клубня, которое образуется в результате биохимических процессов внутри продукта.

Интенсивность изменения температуры в массе продукции зависит от скорости прохождения приточного воздуха, толщины слоя h насыпи клубней, скважности слоя μ , а также от начальных значений температур клубней θ и воздуха θ_v .

Опыт показывает, что температура подаваемого воздуха и насыпи клубней неодинакова по высоте слоя. Быстро охлаждаются слои клубней на входе воздуха и в 4...5 раз медленнее на выходе четырехметрового слоя насыпи картофеля. Наиболее высокая температура массы хранимого продукта наблюдается на глубине 0,4...0,6 м от поверхности насыпи.

Установлено, что при подаче воздуха $L \leq 50 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 т насыпи

клубней передаточную функцию можно выразить так:

$$W(p) = \frac{k}{(Tp+1)}, \quad (9.1)$$

а при $L \geq 50 \text{ м}^3/(\text{т} \cdot \text{ч})$:

$$W(p) = k / (T_2^2 p^2 + T_1 p + 1). \quad (9.2)$$

С ростом подачи воздуха от 50 до 250 $\text{м}^3/(\text{т} \cdot \text{ч})$ значение коэффициента усиления k снижается от 0,03 до 0,008. Коэффициент усиления k показывает, на сколько градусов снижается температура насыпи клубней за 1 ч при подаче 1 м^3 воздуха на 1 т клубней. Постоянные времени T также зависят от подачи воздуха: при $L \leq 50 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{т})$ $T = 7 \dots 8$ ч; при $L \geq 50 \dots 250 \text{ м}^3/(\text{т} \cdot \text{ч})$ $T_1 = 8 \dots 6$ ч, $T_2 = 2 \dots 1,6$ ч.

При отключенной вентиляции температура массы хранимого продукта повышается за счет теплоты самосогревания. Передаточная функция массы продукта при самосогревании без отвода теплоты

$$W(p) = k_c / p, \quad (9.3)$$

где k_c — коэффициент усиления, показывающий, на сколько градусов повышается температура массы продукта за 1 ч самосогревания без отвода теплоты: для корнелубнеплодов $k_c = 0,14$, для капусты $k_c = 0,13$.

Передаточная функция верхней зоны овощехранилища. Эта функция выражается тремя составляющими (по числу параллельно действующих возмущений), а именно, для типового овощехранилища вместимостью 1000 т можно принять следующие значения коэффициентов: $k_1 = 0,3$; $k_2 = 0,5$; $T_1 = 2,3$ ч и $T_2 = 0,12$ ч.

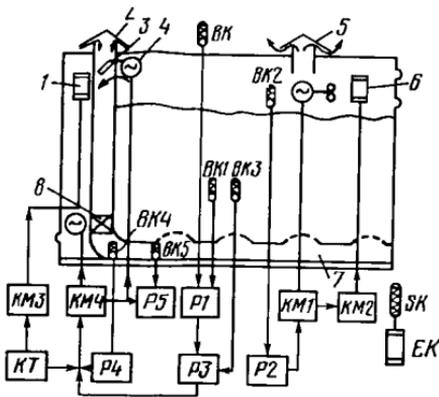
Передаточная функция смесительной камеры. Во всех овощехранилищах с автоматическим управлением микроклиматом используется смесительная камера с регулируемым клапаном, передаточная функция которой определяется как для усилительного звена: $W(p) = k$.

9.3. АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ОВОЩЕХРАНИЛИЩАХ

В отечественной и зарубежной практике используют автоматические СУ только температурными режимами в овощехранилище. Автоматическое регулирование влажности применяют редко из-за отсутствия датчиков, работающих при относительной влажности воздуха более 90%. При необходимости влажностью управляют вручную, включая вытяжные вентиляторы.

Рис. 9.1. Технологическая схема автоматического управления температурным режимом в овощехранилище:

1 — подогреватель; 2, 5 — соответственно приточная и вытяжная шахты; 3 — смесительный клапан; 4 — исполнительный механизм



Для управления микроклиматом в овощехранилищах используют оборудование типа ОРТХ и систему «Среда».

Оборудование для регулирования температуры хранилищ типа ОРТХ обеспечивает техно-

нологически обоснованные температурные режимы приточного воздуха, массы хранимой продукции и воздуха верхней зоны без искусственного охлаждения в хранилищах вместимостью до 1000 т с числом вентиляционных камер не более двух.

В оборудовании типа ОРТХ входят следующие основные устройства (рис. 9.1): смесительный клапан 3 с подогревателем 1 и исполнительным механизмом 4, приточная 2 и вытяжная 5 шахты, два рециркуляционно-отопительных агрегата 6, вентиляционно-распределительный канал 7, вентилятор 8 приточной системы и шкаф автоматического управления системой активного вентилирования (ШАУ-АВ). В шкафу размещены регуляторы температуры $P1...P5$, программное реле времени KT , ключи и кнопки управления. В связи с неблагоприятными для работы аппаратуры условиями предусмотрен автоматический обогрев шкафа от электроподогревателя EK , действием которого управляет контактное термореле $СК$ через промежуточное реле $KV1$ (рис. 9.2). Температуру контролируют датчики $BK...BK5$ (см. рис. 9.1) — терморезисторы и термометры сопротивления, а замеряет логометр P . Система активного вентилирования может работать в режиме ручного дистанционного или автоматического управления.

В ручном режиме переключатели $SA1$ и $SA2$ ставят в положение P и кнопками $SB1$ и $SB2$ управляют вентиляторами и calorиферами двух рециркуляционно-отопительных систем, кнопками $SB3$ и $SB4$ — подогревателем смесительного клапана, кнопками $SB5$ и $SB6$ — приточной вентиляцией. В этом режиме при помощи регулятора $P4$ (типа ПТР-2) автоматически может отключиться только приточный вентилятор, когда температура наружного воздуха снизится до минимально допустимого значения. При допустимой температуре контакт $P4$ замкнут.

В автоматическом режиме переключатель $SA1$ переводят в положение A . Последовательность работы схемы зависит от периода хранения.

В режиме «Лечение» переключатель *SA2* ставят в положение *Л*, а переключатель *SA3* — в положение *Н* (нейтральное), в результате чего действует только приточный вентилятор, который периодически включается и отключается магнитным пускателем *КМ4*, управляемым контактами *КТ* программного реле времени и регулятора *P4*. Программное реле *КТ* настраивают на шестиразовое включение приточного вентилятора в сутки в каждом случае на 30 мин. Перед этим режимом исполнительный механизм *ИМ* через контакты *КМ4:4* закрывает смесительный клапан полностью,

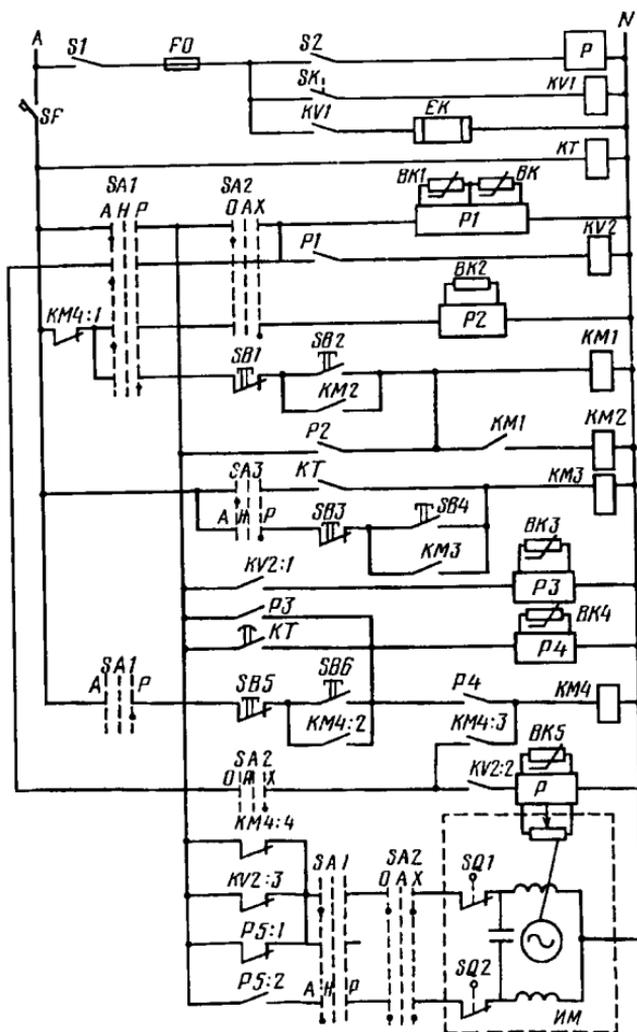


Рис. 9.2. Принципиальная электрическая схема шкафа ШАУ-АВ

а вентиляция картофеля осуществляется рециркуляционным воздухом.

В режиме «Охлаждение» переключатель *SA2* ставят в положение 0 и в работу вводится дифференциальный терморегулятор *P1*, который при помощи датчиков *BK* и *BK1* сравнивает температуры наружного воздуха и в массе хранимого продукта. Если разница между ними больше так называемого дифференциала ($2...3^{\circ}\text{C}$), то срабатывает терморегулятор *P1* и включает промежуточное реле *KV2*. Контактными *KV2: 1* реле *KV2* вводит в работу терморегулятор *P3* (типа ПТР-2), а затем контактом *P3* вводится в работу регулятор *P4*. В результате этого пускатель *KM4* включает приточный вентилятор. Контактными *KV2: 2* включается пропорциональный терморегулятор *P5*, который посредством датчика *BK5* и исполнительного механизма *ИМ* управляет температурой воздуха в системе вентиляции.

При отклонении этой температуры от заданной терморегулятор *P5* своими замыкающими *P5: 2* и размыкающими *P5: 1* контактами включает исполнительный механизм, поворачивающий заслонку смесительного клапана в такое положение, при котором устанавливается необходимая температура смешанного наружного и рециркуляционного воздуха. Охлаждение продолжается до тех пор, пока температура в массе хранимого продукта не достигнет заданного значения, после чего посредством датчика *BK3* и контактов *P3* терморегулятора *P3* отключается магнитный пускатель *KM4* приточного вентилятора. Если температура наружного воздуха длительное время превышает температуру в массе продукта, то вентиляция ведется только рециркуляционным воздухом. Сигнал на включение магнитного пускателя *KM4* вентилятора подается от программного реле времени через контакты *KT*. В этом случае смесительный клапан закрыт и теплый наружный воздух в хранилище не поступает.

В режиме «Хранение» переключатель *SA2* ставят в положение *X*. Приточный вентилятор включается контактами *KT* программного реле времени 4...6 раз в сутки для снятия перепадов температуры в массе продукта. При этом блок-контактами *KM4: 3* магнитного пускателя через переключатели *SA1* и *SA2* подключаются терморегулятор *P1*, реле *KV2* и терморегулятор *P3*. В дальнейшем схема действует так же, как и в режиме охлаждения. Если температура в течение заданного при помощи реле времени *KT* цикла работы не снизилась до нормы, то вентилятор продолжает работать до тех пор, пока не разомкнутся контакты регулятора *P3*. При отключении вентилятора смесительный клапан автоматически закрывается при помощи блок-контактов *KM4: 4*, управляющих работой исполнительного механизма *ИМ*. В том случае, когда температура в верхней части хранилища над продуктом оказывается меньше заданной, что может вызвать выпадение конденсата в продукт, от датчика *BK2* срабатывает терморегулятор *P2* и через

магнитные пускатели *KM1* и *KM2* включает рециркуляционно-отопительные агрегаты.

Рециркуляционно-отопительные агрегаты работают только при выключенном приточном вентиляторе (блок-контакты *KM4:1* замкнуты), отключение их осуществляется контактом *P2* терморегулятора, когда температура верхней зоны равна заданному значению.

Автоматическое управление подогревателем смесительного клапана задают переключателем *SA3* (положение *A*) при снижении наружной температуры до -15°C . Он включается магнитным пускателем *KM3* или автоматически от реле *KT*, или вручную кнопками *SB3* и *SB4* (*SB3* в положении *P*). Желательно включение в состав оборудования хранилища холодильной машины.

Схема ШАУ-АВ предусматривает возможность управления температурой в ручном и автоматическом режимах. При этом в случае повышения температуры в массе продукта выше нормы в момент, когда наружная температура высока, одновременно с включением приточного вентилятора включается и холодильная машина. Тогда температура воздуха, поступающего в магистральный канал, регулируется терморегулятором, входящим в комплект холодильной машины.

Микропроцессорная система управления микроклиматом теплиц «Среда» более совершенна, чем оборудование типа ОРТХ. Как и устройство ШАУ-АВ, она обеспечивает автоматическое пропорциональное регулирование температуры воздуха, направляемого в массу хранимого продукта, двухпозиционное регулирование температуры хранимого продукта и воздуха в верхней зоне хранилища, а также ряд технических измерений, сигнализацию отклонений температуры от заданной в отдельных секциях хранилища и т. д. Система «Среда» может управлять технологическим процессом в восьми секциях хранилища овощей вместимостью до 5000 т. В каждой секции овощехранилища установлены два рециркуляционно-отопительных агрегата, приточный вентилятор, смесительный клапан с приводом от ИМ, обогреватель клапана, несколько датчиков температуры воздуха (в верхней зоне и в магистральном канале), датчики температуры в массе хранимого продукта.

Функциональная схема системы «Среда» показана на рисунке 9.3. В каждой из восьми секций хранилища устанавливаются четыре измерительных преобразователя *I*: для двухпозиционного регулирования температуры в массе хранимого продукта, надзакромном пространстве и два в магистральном канале (для пропорционального регулирования температуры подаваемого воздуха за счет смешивания холодного наружного и теплого рециркуляционного воздушных потоков). Блоки измерения и задания 2 формируют 32 аналоговых сигнала, пропорциональных текущему

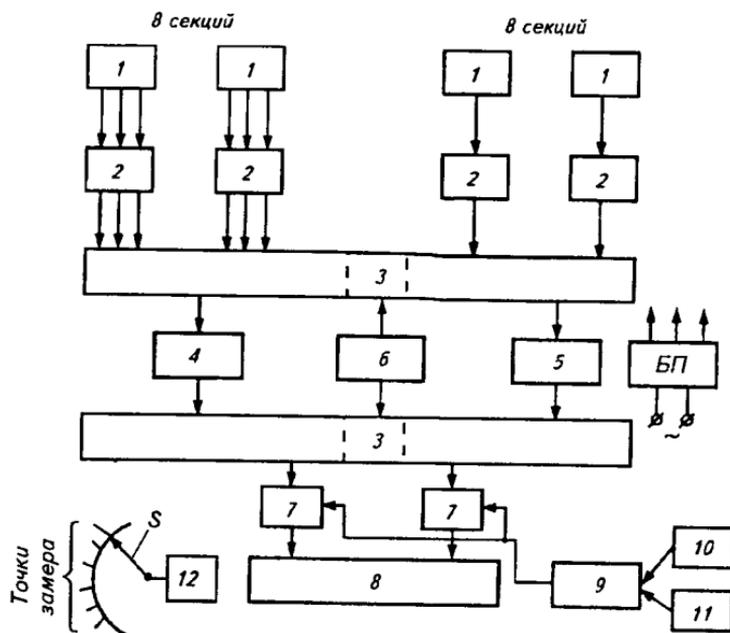


Рис. 9.3. Блок-схема системы «Среды-1» для управления микроклиматом в хранилище:

1 — измерительные преобразователи; 2 — блоки измерения и задания; 3 — блоки переключателей; 4 — двухпозиционный регулятор; 5 — пропорциональный регулятор; 6 — блок синхронизации; 7 — блоки управления; 8 — исполнительный механизм; 9 — регулятор разности температур; 10, 11 — измерительные преобразователи температуры соответственно наружного и внутреннего воздуха; 12 — логометр

значению регулируемого параметра. Эти сигналы через блоки переключателей 3 (коммутаторы) в установленной последовательности подаются на вход двухпозиционного 4 или пропорционального 5 регулятора. Также в синхронной последовательности, задаваемой работой электронного блока 6, через блоки управления 7 осуществляется переключение исполнительных цепей регулятора 4 или 5.

Регулятор 9 разности температур наружного 10 и внутреннего 11 датчиков воздуха в случае повышения наружной температуры до заданного уровня переключает систему на вентиляцию продукта внутренним (рециркуляционным) воздухом. Логометр 12, получающий питание, как и все другие элементы схемы, от блока БП, через переключатель S позволяет проконтролировать температуру в 39 точках по объему хранимого продукта.

Алгоритм функционирования системы «Среды» аналогичен описанному ранее алгоритму функционирования устройства ШАУ-АВ.

9.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ФРУКТО- И ЗЕРНОХРАНИЛИЩ

Автоматизация фруктохранилищ. Конструкции фрукто- и овощехранилищ имеют много общего. Автоматизация хранения фруктов вызвана необходимостью охлаждения продукта и точного поддержания температуры и относительной влажности воздуха. Поэтому в системе автоматизации оборудования фруктохранилища предусмотрено управление воздухоохладительными установками, подачей пара для увлажнения воздуха в камерах и концентрацией газа в газовых хранилищах.

В помещениях для хранения фруктов (фруктохранилищах) концентрацию диоксида углерода поддерживают на уровне, существенно более высоком, чем в атмосферном воздухе: 1 % и более. При этом содержание кислорода уменьшается, а азота увеличивается, благодаря чему улучшаются условия хранения фруктов. Содержание CO_2 регулируют, пропуская циркуляционный воздух через известковое молоко или сжигая газ при контролируемой подаче воздуха. Полученная таким образом газовая смесь, обогащенная также и азотом, охлаждается и подается в хранилище. Рекомендуемая температура хранения — менее 5°C , но не ниже температуры подмерзания плодов — должна поддерживаться с высокой точностью. Большое значение имеет также контроль влажности газовой смеси, от которой зависит потеря влаги хранимыми плодами, и контроль содержания газа этилена, выделяемого плодами.

Для фруктохранилищ вместимостью от 1000 до 3000 т разработан комплект электрооборудования, который обеспечивает автоматическое управление микроклиматом в камерах хранения фруктов, управление работой конденсаторного и испарительного оборудования, управления работой и защиту компрессоров холодильных машин от аварийных режимов, сигнализацию о режимах работы оборудования. Один комплект может автоматически управлять двумя—четырьмя камерами.

Автоматическая СУ микроклиматом предназначена для поддержания в камерах заданных значений температуры, влажности воздуха, циклического его перемешивания в камерах, включения и отключения установок приточной и вытяжной вентиляции, аммиачных и водяных насосов, оттаивания воздухоохладителей, а также для контроля за температурой и влажностью воздуха в камерах и температурой в отдельных точках холодильной установки.

Электрическая принципиальная схема СУ микроклиматом во фруктохранилище показана на рисунке 9.4. Напряжение на схему автоматического управления подают, нажимая на кнопку *SB6*. В случае экстренной необходимости все агрегаты можно одновременно отключить одной из кнопок *SB1...SB5*, расположенных в определенных местах фруктохранилища. С помощью кнопок *SB7*, *SB8* управляют аварийным вентилятором *MI* (мощностью 1,5 кВт).

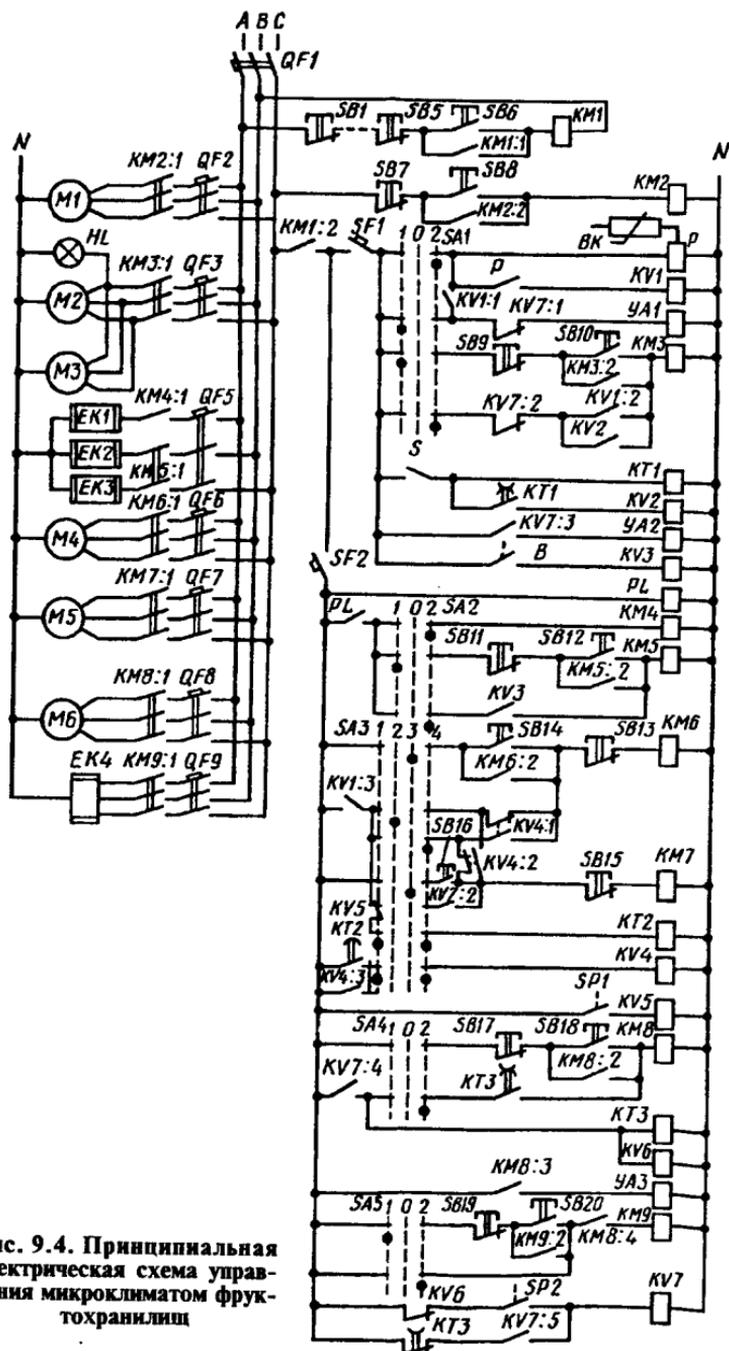


Рис. 9.4. Принципиальная электрическая схема управления микроклиматом фруктохранилищ

Схему СУ температурой и относительной влажностью воздуха первой камеры фруктохранилища включает автомат *SF1*. Переключателем *SA1* выбирают режим работы системы: 0 — отключено управление; 1 — ручной (при накладке); 2 — автоматическая работа.

В автоматическом режиме при повышении температуры в камере срабатывает терморегулятор *P*, который включает реле *KV1*. Реле *KV1* своими контактами *KV1:1*, *KV1:2* и *KV1:3* включает соответственно электромагнитный аммиачный вентиль *УА1*, магнитный пускатель *KM3* электроприводов *M2* и *M3* (мощностью по 2,2 кВт) вентиляторов воздухоохладительных установок и магнитный пускатель *KM6* или *KM7* электропривода одного из аммиачных насосов *M4* или *M5* (по 5,5 кВт) подачи аммиака как хладоносителя в воздухоохладители камер. Когда температура в камере достигает заданного значения, контакты терморегулятора *P* замыкаются и электродвигатели *M2...M5* и электромагнитный вентиль *УА1* отключаются.

Режим работы аммиачных насосов выбирают, устанавливая переключатель *SA3* в одно из положений: 1 — оба насоса отключены; 2 — рабочий насос *M4* (*M5* в резерве); 3 — ручное управление (при наладке); 4 — рабочий насос *M5* (*M4* в резерве). При успешном пуске рабочего насоса срабатывает датчик давления *SP1*, который включает реле *KV5*. Реле *KV5* одним контактом подает напряжение на включение компрессоров холодильной установки (на схеме не показаны), а вторым — отключает реле выдержки времени *KT2*, предназначенное для включения резервного насоса. Если пуска рабочего насоса не произошло или отсутствует давление аммиака в системе рабочего насоса, датчик *SP1* размыкает цепь реле *KV5*, которое включает реле *KT2*. Последнее своим контактом *KT2* через 10 с включает реле *KV4*, которое подключает резервный насос.

Относительную влажность воздуха в камере фруктохранилища регулируют с помощью влагорегулятора *B*. При понижении влажности воздуха контакты *B* включают реле *KV3*, которое при помощи магнитного пускателя *KM5* дополнительно подключает к электроподогревателю воды *EK1* секции *EK2* и *EK3* электропарообразователя. Пар в камеру подается для повышения влажности воздуха включением соответствующей задвижки, установленной на паропроводе. Когда влажность воздуха в камере достигает нормы, подача пара прекращается. Подогреватель *EK1* (0,5 кВт) включен постоянно для предотвращения замерзания воды при низких внешних температурах. В схеме предусмотрена защита парообразователя от «сухого хода» при помощи регулятора уровня воды *PL*. Если уровень воды в увлажнителе понизится, то регулятор уровня разомкнет контакты *PL* и отключит нагреватели *EK1...EK3*.

Для создания более равномерного распределения температурно-влажностного поля воздуха внутри камер предусмотрено циклическое перемешивание воздуха при помощи вентиляторов воз-

духоохладителей. Цепь управления вентилятором первой камеры включают тумблером *S*. Режим управления работой вентилятора (длительность и время включения и отключения) настраивают при помощи программного реле *KT1*, которое через реле *KV2* и магнитный пускатель *KM3* управляет работой электродвигателей *M2* и *M3* вентиляторов.

Системой автоматики предусмотрено управление процессом удаления льда («снеговой шубы»), который постепенно накапливается на поверхности воздухоохладителей. Режим системы удаления льда выбирают переключателями *SA4* и *SA5*, устанавливая их в положения: 1 — наладка; 0 — отключено; 2 — автоматическая работа. Наличие «снеговой шубы» на внешней поверхности воздухоохладителя обнаруживает реле давления *SP2*, которое воспринимает разность давлений до воздухоохладителя и после него. При увеличении этой разности из-за закрытия воздухопроводов «снеговой шубой» замыкаются контакты *SP2*, включается и самостоятельно блокируется реле *KV7*. Kontakтами *KV7:2* реле *KV7* отключает магнитный пускатель *KM3* вентиляторов воздухоохладителей, kontakтами *KV7:1* — аммиачный электромагнитный вентиль *УА1* и одновременно kontakтами *KV7:3* включает электромагнитный вентиль *УА2* воды для оттаивания льда, а kontakтами *KV7:4* — реле выдержки времени *KT3* и реле *KV6*. Реле *KV6* отключает реле *KV7*. Через период времени (выдержка), равный 3 мин и достаточный для стока аммиака из воздухоохладителя, kontakтом *KT3* включается магнитный пускатель *KM8*, который своими kontakтами открывает электромагнитный вентиль воды *УА3*, включает посредством магнитного пускателя *KM8* электропривод *M6* (4 кВт) насоса воды для оттаивания и посредством магнитного пускателя *KM9* — электронагреватель *EK4* (15 кВт) воды для оттаивания. Через 27 мин kontakтом *KT3* выключаются электропривод *M6* насоса воды для оттаивания и электронагреватель *EK4* и под действием пружины закрывается электромагнитный вентиль *УА3* стока воды. Процесс оттаивания прекращается, и через 3 мин kontakтами *KV7* выключается реле *KV7*. Выдержка в течение этих 3 мин обеспечивает сток воды с воздухоохладителя и предотвращает включение электромагнитного аммиачного вентиля и воздухоохладителя сразу же после окончания оттаивания. Реле *KV7* отключает магнитным пускателем *KM8* электродвигатель *M6* насоса, электромагнитные вентили *УА2*, *УА3* и нагреватель *EK4* воды для оттаивания. Это же реле *KV7* размыкающими kontakтами *KV7:1* и *KV7:2* вновь вводит в автоматическую работу аммиачный вентиль *УА1* и магнитный пускатель *KM3* электроприводов *M2* и *M3* вентиляторов воздухоохладителя.

Кроме устройств управления микроклиматом в камерах в рассмотренный комплект входят автоматические системы регулирования и контроля уровня и температуры аммиака, системы управления компрессорно-конденсаторной группой, вентиляцией, воз-

душной завесой, включаемой при открытии камер, и рассольными насосами, а также приборы контроля, сигнализации и защиты электрооборудования.

Автоматизация зернохранилищ. Семенное зерно хранят в мешках или закромах вместимостью от 100 до 5000 т, а фуражное зерно — россыпью в железобетонных силосах или металлических бункерах вместимостью до 10 000 т.

Крупные зернохранилища оборудованы электромеханизированными установками для загрузки и разгрузки зерна с автоматическими системами управления соответствующими параметрами.

Главная цель управления — сохранение жизнедеятельности семян и хлебопекарных качеств зерна. Жизнедеятельность зерна при хранении проявляется в его дыхании, вследствие которого происходит потери сухого вещества, повышаются влажность зерна и межзерновое пространство, а также температура зерновой массы (самогревание). Исходя из этого, интенсивность дыхания при хранении зерновой массы следует свести к минимуму, но без ухудшения качества продукта. Интенсивность дыхания резко увеличивается с повышением влажности зерна, поэтому на хранение надо закладывать зерно с влажностью ниже критической, т. е. ниже 14 %. На интенсивность дыхания также влияет температура. Оптимальный температурный диапазон для семенного зерна 0...10 °С.

Целевой функцией управления процессом хранения является минимизация потерь массы зерна

$$P = f(t_3, w_3, B_3) \Rightarrow \min \quad (9.4)$$

при соответствующих ограничениях по качественным показателям продукта (температура t_3 и влажность w_3 не выше, а всхожесть B_3 не ниже заданной).

Алгоритм оптимального управления процессом хранения семян в соответствии с критерием (9.4) предусматривает контроль температуры t_3 , влажности w_3 и всхожести B_3 зерна.

Температуру и влажность зерна в хранилищах закроного типа контролируют вручную при помощи термометров и влагомеров, погружаемых в различные места закрома. Остальные параметры также периодически контролируют, отбирая пробы и анализируя их в лаборатории. Температуру контролируют не менее двух раз в месяц, влажность — один раз в месяц, а всхожесть — один раз в 4 мес.

9.5. АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА, КОНТРОЛЯ И СОРТИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Контроль и учет сельскохозяйственной продукции позволяют своевременно выявить и устранить все недостатки производства.

Поступающую в хранилище и отпускаемую из него продукцию

обязательно учитывают и регистрируют в специальной ведомости или передают данные в память ЭВМ. Продукцию взвешивают на железнодорожных или автомобильных весах, устанавливаемых непосредственно при въезде на территорию хранилища. Качество хранения сельскохозяйственной продукции контролируют визуально на местах или по отобранному образцам химическими методами в лабораториях хозяйств и районных центральных лабораториях. Результаты анализов фиксируют в специальных журналах и сообщают руководителям и агротехническим службам хозяйств.

При помощи технических средств автоматики контролируют микроклимат в хранилищах, температуру и влажность хранимого продукта, очищают и сортируют его перед закладкой на хранение и перед поступлением к потребителю или на посев.

Зерно и зернопродукты закладывают на хранение предварительно очищенными, просушенными и охлажденными до 10°C и ниже, т. е. до температур, при которых все жизненные функции живых компонентов зерновой массы затормаживаются. Для успешного хранения зерна в складах необходимо периодически контролировать влажность и температуру зерновой массы.

Влажность контролируют в лабораторных условиях путем проверки проб семян, взятых из отдельных мест хранилища, а температуру — по показаниям датчиков температуры, заложенных в отдельные места хранимой зерновой массы. Для семенного зерна нельзя допускать снижение температуры до -2°C , так как из-за наличия свободной влаги и ее замерзания нарушается целостность семени и снижается всхожесть. По показаниям датчиков температуры обнаруживают очаги самосогревания зерновой продукции и гнили в овощехранилищах.

Самосогревание влажной зерновой массы обусловлено протекающими в ней биохимическими процессами и плохой теплопроводностью. При этом температура в самосогреваемом участке насыпи поднимается до 70°C , что ведет к потере посевных, технологических, пищевых и фуражных качеств зерновых продуктов. Самосогревание возникает в неветилируемых местах, в которых находится зерно повышенной влажности, особенно свежееубранное, с большой физиологической активностью. Процесс самосогревания зерновых продуктов и гниения картофеля и овощей сопровождается не только повышением температуры, но и увеличением выделения влаги. Вследствие этого очаги самосогревания и гниения можно обнаруживать не только датчиками температуры, но и по увеличению показаний датчиков относительной влажности воздуха, закладываемых в массу хранимой продукции.

Сортирование сельскохозяйственной продукции. Поскольку существующие способы и устройства очистки и сортирования зерновых культур и продуктов их переработки изучают в дисциплине «Комплексная механизация сельского хозяйства», то здесь рассмотрены новые принципы автоматического сортирования сель-

скохозяйственной продукции по ее оптическим и электрическим свойствам, характеризующим степень зрелости и другие качества плодов томата, яблок, клубней картофеля, корнеплодов, семян, листьев табака.

Сортирование картофеля по размерам, отделение комков земли, камней, клубней, пораженных гнилью и фитозеленью, представляет собой важную послеуборочную операцию. Необходимость сортирования картофеля перед его посадкой вызвана тем, что в процессе хранения до 20 % клубней семенного картофеля поражаются различными гнилями.

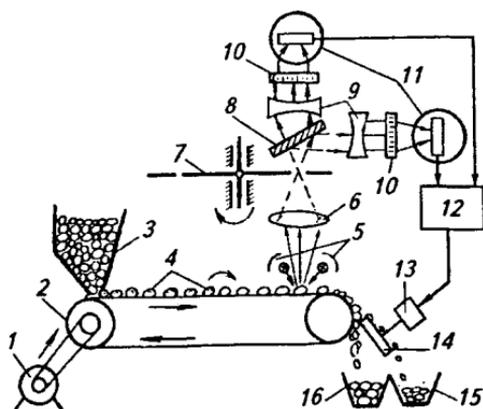
Затраты ручного труда на отделение загнивших клубней перед посадкой составляют 20...30 % общих трудозатрат на производство картофеля, а посадка несортированного картофеля приводит к недобору 15...20 % урожая.

Для сортировки картофеля разработаны оптические, радиоизотопные и температурные методы обнаружения загнивших клубней и клубней, пораженных фитозеленью, а также комков почвы и камней.

Рассмотрим принцип работы оптической установки для автоматического сортирования клубней картофеля (рис. 9.5), использующей спектральную характеристику коэффициентов отражения клубней. Спектральные характеристики коэффициентов отражения здоровых и больных клубней, как и комков почвы и камней, существенно различаются на определенных длинах λ волн. Из бункера-питателя 3 клубни картофеля 4 поступают на роликовый транспортер, который поштучно выстраивает и, вращая, перемещает их в зону оптического осмотра. Отраженный от клубня оптический поток инфракрасных излучений 5 проходит через объектив 6 и анализатор изображения 7 на делитель излучения 8. С делителя излучений оптический поток, разделяемый на два канала, поступает через конденсаторы 9 и фильтры 10 к фотоприемникам 11. Анализатор изображения позволяет поочередно осматривать (ска-

Рис. 9.5. Схема установки для автоматической сортировки клубней картофеля:

1 — электропривод; 2 — транспортер-выстраиватель; 3 — бункер-питатель; 4 — клубни картофеля; 5 — оптические излучатели; 6 — объектив; 7 — анализатор изображения; 8 — делитель излучения; 9 — конденсаторы; 10 — оптические фильтры; 11 — фотоприемники; 12 — блок обработки информации; 13 — исполнительный механизм; 14 — заслонка; 15, 16 — емкости для отходов и здоровых клубней



нироваться) поверхность клубня. От фотоприемников сигналы, пропорциональные коэффициентам отражения оптического потока от поверхности клубня на двух длинах волн (0,95 мкм и 1,25 мкм), поступают на электронный блок обработки 12. Электронный блок вычитает эти сигналы. В результате на выходе блока 12 появляется сигнал, который передается на исполнительный механизм 13 только от поврежденного клубня или комков почвы и камней.

В этом случае электромеханический исполнительный механизм 13 реагирует на отрицательный знак сигнала и поворачивает заслонку 14, направляя клубни или инородные тела в емкость 15 для отходов.

При осмотре здорового клубня разность сигналов от обоих фотоэлементов положительная, исполнительный элемент 13 не срабатывает, а клубень свободно падает в емкость 16. Время передачи клубня из зоны осмотра в емкости согласуется со временем прохождения сигнала и срабатывания механизма 13 так, чтобы последний отбрасывал поврежденные клубни при прохождении их мимо заслонки 14. Производительность одного канала современной установки до 8 клубней в секунду, или около 2 т/ч. Погрешность работы составляет 5...10 % в зависимости от загрязненности поверхности, а на мокрых клубнях достигает 30 %.

Сортировка плодов томатов проводят по размерам и зрелости, а также отделяют плоды, пораженные болезнями. По размеру плоды томатов сортируют на механических калибровочных машинах. При разделении по зрелости и отделении больных плодов измеряют упругость и жесткость кожицы плодов или их оптические отражательные свойства.

На рисунке 9.6, а показан принцип разделения плодов томатов

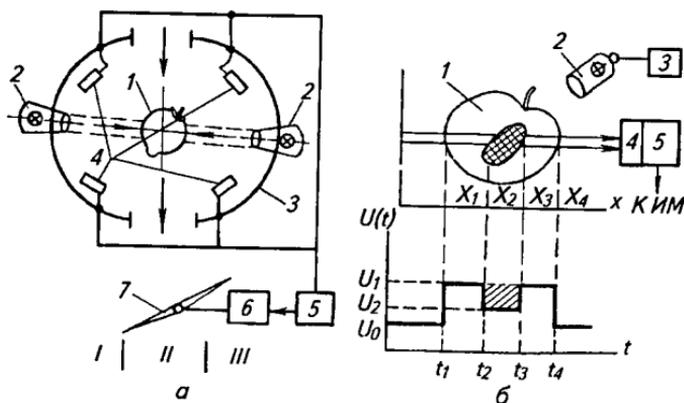


Рис. 9.6. Схемы автоматической сортировки плодов томатов (а) и яблок (б) по оптическим спектральным характеристикам:

1 — плод; 2 — осветители; 3 — фотометрическая камера; 4 — фотоэлементы; 5 — усилительно-преобразовательное устройство; 6 — исполнительный механизм; 7 — заслонка; 8 — привод сканирующего устройства

на три фракции по зрелости, а точнее — по окраске их поверхности. Плод *I* в свободном падении пролетает через центр фотометрической камеры *3*, где он облучается осветителями *2* видимого излучения. Отраженные от плода излучения, многократно преломляясь на внутренней, окрашенной в белый цвет поверхности камеры, попадают на светочувствительные фотоэлементы *4*. При отсутствии плода потоки видимого излучения от источников освещения, направленные навстречу друг другу, создают незначительную освещенность в камере. При пересечении плодом светового потока фотоэлементы *4* воспринимают отраженный поток определенного спектра, зависящего от зрелости (цвета) плода *I*. Сигнал с фотоэлементов суммируется и подается на усилительно-преобразовательное устройство *5*, которое при помощи исполнительного механизма *6* с заслонкой *7* разделяет плоды на три фракции — *I*, *II* и *III* (зеленые, бурые и красные).

Для сортирования плодов яблок, имеющих поврежденную поверхность от механических ударов или пятна на кожуре от болезней, используют сканирующие устройства (рис. 9.6, б). В сканирующей системе видимое излучение от осветителя *2*, управляемого при помощи электропривода *3*, поэлементно освещает поверхность плода. Отраженный луч воспринимается фотоэлементом *4* и направляется в усилительно-преобразовательное устройство *5*. Значение выходного сигнала $u(t)$ фотоэлемента зависит от состояния поверхности и измеряется во времени по форме, показанной в нижней части на рисунке 9.6, б.

Усилительно-преобразовательное устройство *5* вычисляет величину

$$\Sigma n(t_3 - t_2), \quad (9.5)$$

где n — число строк сканирования поврежденного участка поверхности плода (заштрихованная часть на рисунке); t_2 и t_3 — время пересечения сканирующим лучом границ поврежденного и неповрежденного участков.

С выхода устройства *5* к исполнительному механизму *ИМ* сортирующей установки поступает сигнал, пропорциональный площади повреждения S_n :

$$S_n = k \Sigma n(t_3 - t_2). \quad (9.6)$$

Эту же сортирующую установку можно использовать для разделения овощей и плодов по размеру, перенастроив усилительно-преобразовательное устройство на вычисление суммы, пропорциональной площади S_m медианного сечения объекта:

$$S_m = k \Sigma m(t_4 - t_1), \quad (9.7)$$

где k — коэффициент пропорциональности; t_1 и t_4 — время пересечения сканирующим лучом профиля плода; m — число строк сканирования поверхности объекта.

Для автоматического сортирования листьев табака на три товарных сорта предложено использовать отражательные свойства листьев табака и их цветовые характеристики в так называемой стандартной колориметрической системе RGB [первые буквы английских слов *red* (красный), *green* (зеленый) и *blue* (голубой)].

Последний показатель тесно связан с характеристикой сортности листьев: к первому сорту относят желтые листья с содержанием темной зелени до 20 % площади листа, ко второму — с содержанием темной зелени до 50 %, к третьему сорту — с содержанием темной зелени свыше 50 %. Закупочная цена первого сорта в 4...5 раз выше цены низшего сорта табака.

Сортирующее устройство определяет процент темной зелени на площади листа табака. В зависимости от этого процента листья делят на три сорта.

Принцип действия сортирующего устройства показан на рисунке 9.7. Листья табака 4 поступают на транспортер 2 из подающего устройства 3. Транспортер при помощи электропривода 1 переносит лист в зону сканирования. Оптический поток излучателя 5, отражаясь от листа, проходит через объектив 6, отверстие

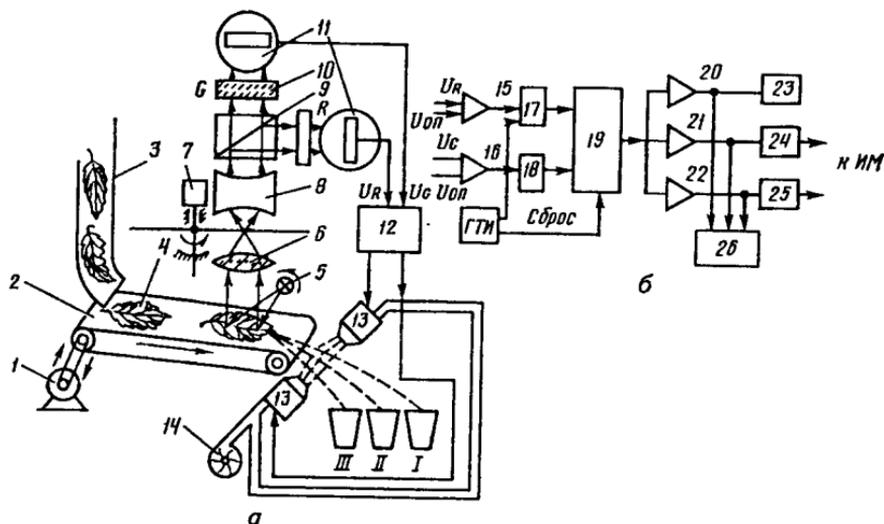


Рис. 9.7. Схемы распознающего устройства (а) и электронного блока (б) автоматической сортировки листьев табака на три товарных сорта:

1 — электропривод транспортера; 2 — транспортер; 3 — подающее устройство; 4 — листья табака; 5 — осветитель; 6 — объектив; 7 — сканирующий диск с электроприводом; 8 — конденсатор; 9 — светорасщепляющая оптика с дихроичными зеркалами; 10 — корректирующие фильтры; 11 — фотоэлементы; 12 — электронный блок анализа; 13 — пневматические исполнительные механизмы; 14 — компрессор; 15, 16 — усилители-компараторы; 17, 18 — логические элементы; 19 — вычислительное устройство; 20, 21, 22 — компараторы; 23, 24, 25 — реле исполнительных механизмов; 26 — блок индикации; I, II, III — емкости для приема листьев табака соответствующего сорта; ГТИ — генератор тактовых импульсов

сканирующего диска 7 и конденсатор 8 на светорасщепляющую оптику 9. В оптике 9 поток отраженного излучения разделяется на два канала, в которых при помощи фильтров 10 выделяются участки спектров G и R . Оптические сигналы, пропорциональные значениям G и R , воспринимаются фотозементами 11 и передаются в форме напряжений U_R и U_G на электронный блок анализа 12. В электронном блоке эти напряжения U_R и U_G сравниваются с опорными напряжениями $U_{оп}$, характеризующими границу разделения цветовых характеристик R и G . Вычислительное устройство 19 совместно с логическими элементами II 17 и 18 определяет темно-зеленую S_G и желтую S_R площади листа, а также процент темно-зеленой площади.

$$K = \frac{S_G}{S_G + S_R} \cdot 100. \quad (9.8)$$

Генератор тактовых импульсов (ГТИ) включает в работу логические элементы только при попадании листа табака в поле объектива и сбрасывает результаты вычисления при уходе листа табака из поля объектива.

Выходной сигнал с вычислительного устройства поступает на компараторы (сравнивающие устройства) 20, 21 и 22, которые разделяют его на три канала в соответствии с определенным сортом листа. С выходов компараторов сигналы проходят на индикатор 26, определяющий количество листьев по сортам, и на реле 23, 24 и 25. Листья первого сорта свободно направляются в емкость II , а листья второго и третьего сортов при помощи реле 24, 25 и пневматических клапанов 13 — в емкости I и III . Питание пневмоклапанов осуществляется от воздушного компрессора 14.

У опытного образца устройства погрешность сортирования 4,5 %, производительность — до 10 листьев в секунду, или 65 кг/ч. Аналогичное устройство используют для сортирования рассады на заданное количество групп в зависимости от суммарной площади листьев.

Схема прибора для определения свежести я и ц перед их закладкой в инкубатор показана на рисунке 9.8, а. Работа прибора основана на оптическом методе измерения положения желтка, которое постепенно всплывает в процессе его хранения. В яйце со временем белок постепенно разжижается при одновременном повышении его плотности, а упругость связей, удерживающих желток в центре яйца, снижается. Вследствие этого расстояние между желтком и скорлупой под желтком увеличивается, а над желтком уменьшается. Для определения свежести яйца его просвечивают излучателем 2. Световые потоки, прошедшие под желтком Φ_n и над ним $\Phi_{н}$, замеряют фотозементами 3 и 5. Сигналы с них поступают на вычислительное устройство, которое определяет так называемый индекс подъема желтка (ИПЖ) по формуле

$ИПЖ = \Phi_n / \Phi_n$. ИПЖ зависит от времени кладки яйца птицей (рис. 9.8, б).

Электрические способы сортирования сельскохозяйственной продукции и материалов основаны на том, что их электрические параметры (электропроводность, диэлектрическая проницаемость, поляризуемость и др.) зависят от состава и структуры строения, спелости и зрелости, биофизических и биохимических свойств, шероховатости поверхности, плотности, жизнеспособности и других свойств сепарируемого материала.

Принцип действия таких сепарирующих устройств рассмотрим на примере диэлектрических сепараторов, применяемых в сельском хозяйстве для выделения биологически ценных семян, очистки семян от трудноотделимых карантинных семян сорных растений и для калибровки семян (по размерам, по однотипности полевых и пищевых свойств и т. п.).

На рисунке 9.9 показана функциональная схема диэлектрического сепаратора семян. На цилиндрическом барабане 3 бифилярно намотана в один слой двухпроводная изолированная обмотка. К несоединенным между собой проводам обмотки от автотрансформатора 1 через кольца 5 и газосветный трансформатор (внутри барабана) подается напряжение 0,5...0,7 кВ промышленной частоты 50 Гц. Значение напряжения устанавливают в соответствии с

видом сепарируемых семян (злаковые, овощные бобовые, масличные, цветочные и другие культуры). Семена из бункера 2, попадая на обмотку 6, притягиваются к ней, а затем под действием силы тяжести и центробежных сил

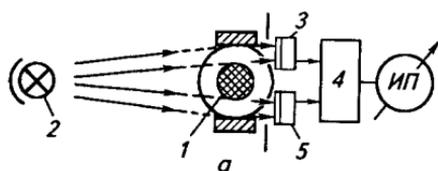


Рис. 9.8. Функциональная схема прибора (а) для определения свежести яиц и зависимость (б) индекса подъема желтка (ИПЖ) от температуры хранения:

1 — желток яйца; 2 — излучатель; 3 — фотоэлементы; 4 — вычислительное устройство

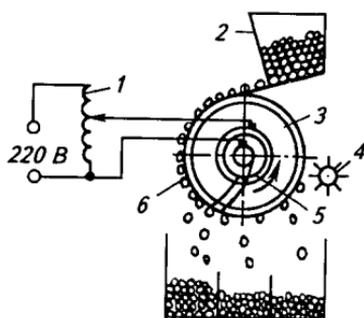


Рис. 9.9. Функциональная схема диэлектрического сепаратора семян:

1 — автотрансформатор; 2 — бункер; 3 — барабан; 4 — щетка; 5 — кольцо; 6 — обмотка

отрываются с нижней части барабана и попадают в различные секции приемного бункера в зависимости от их свойств. Щетки 4 служат для удаления с обмоток прилипшей мелкой и легкой сорной примеси и пыли.

Таким образом выделяется фракция семян (обычно первая по направлению вращения барабана), имеющая лучшие посевные качества. Из такой фракции получается более высокая урожайность (на 15...20 %), снижаются нормы высева почти в 2 раза, наблюдается более раннее одновременное созревание урожая с повышенной на 10...15 % стандартностью продукции.

Электрические, оптические, тепловые и акустические свойства сельскохозяйственной продукции используются также при создании новых приборов контроля зрелости арбузов, посевных качеств семян, содержания жира и белка в молоке, свежести яиц, упитанности животных и т. п.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите назначение и особенности управления микроклиматом в овощехранилищах. 2. Охарактеризуйте овощехранилище как объект автоматического управления. 3. Объясните работу технологической схемы автоматического управления температурой в овощехранилище. 4. Расскажите о последовательности работы электрической схемы ШАУ-АВ в периоды охлаждения, лечения и хранения продукции. 5. Поясните принцип действия блок-схемы «Среда». 6. Назовите особенности автоматизации фруктохранилищ. 7. Как работает электрическая схема управления микроклиматом фруктохранилища? 8. Как и какими параметрами управляют при хранении зерна? 9. Расскажите об автоматизации учета и контроля параметров хранимой продукции. 10. Объясните принципы работы систем автоматического сортирования клубней картофеля, плодов томатов, яблок, листьев табака и яиц. 11. Для чего предназначен и как работает диэлектрический сепаратор семян?

Глава 10

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ КОРМОВ

10.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Прочная кормовая база — основа увеличения продукции животноводства.

Используемые в животноводстве корма могут быть классифицированы на три группы:

связанные с происхождением корма — растительные, животные и минеральные;

зависящие от свойств и состава корма — грубые, сочные, зеленые и концентрированные;

кормовые добавки.

Корма растительного происхождения — грубые (сено, солома и др.), сочные (силос, корнеклубнеплоды), зеленые (трава, ботва

кормовых культур), искусственной сушки (травяная мука), концентрированные (зерно, комбикорм, отходы пищевых производств и др.).

Корма животного происхождения — рыбная и мясокостная мука, сухое обезжиренное молоко и отходы промышленности.

Корма минерального происхождения: соль, известь, мел и кормовые фосфаты.

К кормовым добавкам относятся специальные обогатительные смеси — премиксы и белково-витаминные минеральные добавки.

Наиболее ценный вид корма — комбикорм, т. е. кормовая смесь, в состав которой входят разные сухие кормовые продукты. Сбалансированные по питательным веществам и обогащенные витаминами, микроэлементами и другими стимулирующими добавками комбикорма увеличивают продуктивность животных до 30 %. Достаточно сложное производство комбикормов может быть организовано не только на специализированных комбикормовых заводах, но и в условиях отдельных хозяйств с помощью специально выпускаемого для этих целей автоматизированного комплектного оборудования.

Эффективность использования корма определяется способом его обработки. Основной способ обработки — механический (резанием, ударом, давлением), но применяют также тепловую, химическую и биохимическую обработки.

Промышленность выпускает большое количество отдельных агрегатов и поточных линий для обработки кормов.

Наиболее эффективные способы консервирования зеленых кормов — сушка, гранулирование и брикетирование.

Досушивание сена методом активного вентилирования снижает его влажность с 40...50 до 17 % за счет вентиляции атмосферным воздухом на открытых площадках и в хранилищах. Эта операция позволяет сохранить в корме в 10...20 раз больше каротина и в 2...3 раза больше протеина, чем при обычной воздушной сушке. Подвяленную в поле сенную массу укладывают в скирду специального воздухораспределительного канала, к которому подключают осевой вентилятор. Схема управления установкой предусматривает непрерывную работу вентилятора в течение первых суток. В дальнейшем установку вводят в работу автоматически при повышении влажности воздуха до 85 %. Влажность воздуха контролируют простейшим волосным влагорегулятором типа ВДК. Весь процесс сушки длится двое-трое суток.

10.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТРАВЯНОЙ МУКИ

Агрегаты для приготовления травяной витаминной муки сушат траву (измельченную при скашивании силосоуборочным комбайном) и другие материалы (жом, листья, хвою, зерно), превращая

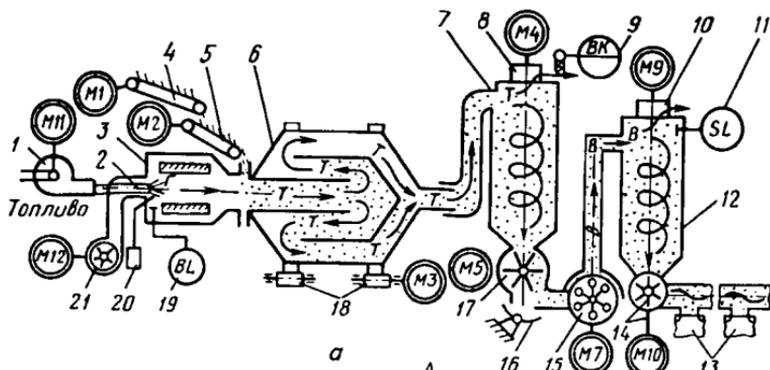
их в муку. В хозяйствах нашей страны эксплуатируют несколько типов агрегатов витаминной муки (АВМ) производительностью 0,4...3 т/ч.

Такие установки отличаются высокой энергоемкостью (210...300 кг жидкого топлива и 120...150 кВт·ч электроэнергии на каждую тонну муки). Вследствие этого автоматизация технологических процессов позволяет получить травяную муку высокого качества и снизить удельный расход энергии на ее производство.

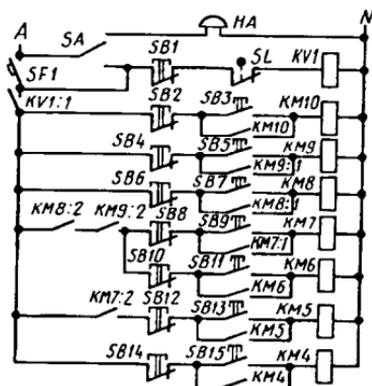
Рассмотрим принцип действия технологической и принципиальной электрической схем агрегата на примере АВМ-1,5 (рис. 10.1, а). Жидкое топливо подается насосом 1 и впрыскивается форсункой 2 в камеру газификации топки 3 под давлением 1,2 МПа. Сюда же поступает воздух от вентилятора 21. Смесь воздуха и топлива воспламеняется от искры, создаваемой трансформатором зажигания 20. Топочные газы, перемешиваясь с воздухом и травяной сечкой, засасываемыми вентилятором 8 циклона 7 сухой массы, образуют теплоноситель температурой 250...300 °С при получении зернофуражной муки и до 900 °С при сушке травяной муки. Сушильный барабан 6 загружают через горловину при помощи конвейерных транспортеров 4 и 5.

Сушильный барабан, состоящий из соединенных в одно целое трех концентрических цилиндров, вращается на роликах 18 при помощи электропривода МЗ. К внутренней части каждого цилиндра приварены лопасти для ворошения и перемещения высушиваемой массы в потоке теплоносителя. В циклоне 7 происходит отделение высушенной массы от потока топочных газов. Температура выбрасываемых газов контролируется датчиком 9. Высушенная масса дозатором 17 подается в дробилку 15. По пути под действием центробежных сил от нее отделяются в камнеуловителе 16 твердые включения (камни, металлические предметы).

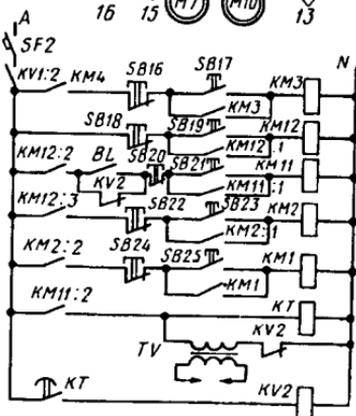
Дробилка превращает высушенную массу в муку, которая вентилятором 10 засасывается в циклон-охладитель 12. Из циклона шнек-дозатор 14 направляет муку к выгрузным люкам 13, у которых прикреплены мешки. Наличие пламени контролирует фотодатчик 19, температуры — термодатчик 9, предельного уровня муки в циклоне-охладителе — датчик уровня 11. Пуск и останов агрегата типа АВМ иллюстрируется временной диаграммой (рис. 10.1, б). Переключателем SA (рис. 10.1, б, в) вначале подают звуковой сигнал HA, а затем включают реле KV1. Кнопками «Пуск» SB3...SB19 поочередно включают электродвигатели установок в последовательности, обратной технологическому потоку: двигатель M10 шнека-дозатора 14, двигатель M9 вентилятора циклона-охладителя 12, двигатели M7 и M8 дробилок 15, двигатели M5 и M6 дозаторов 17 циклонов сухой массы (на рис. 10.1, а показаны только один циклон 7 и одна дробилка 15), двигатель M4 вентилятора 8, двигатель M3 сушильного барабана 6, двигатель M12 вентилятора 21 топки.



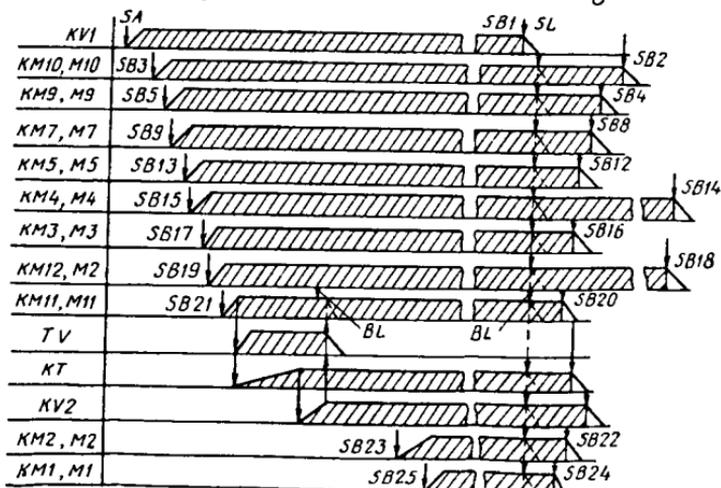
a



б



В



Чтобы зажечь в топке факел, необходимо вручную открыть вентиль на баллоне со сжиженным газом и, нажав кнопку *SB22*, запустить двигатель *M11* топливного насоса. При этом блок-контакты *KM11:2* магнитного пускателя включают трансформатор зажигания *TV* и реле выдержки времени *KT*. При зажженном газовом факеле открывают кран топлива и зажигают основной факел. После этого замыкается контакт датчика *BL* контроля пламени. При невозможности розжига топки (нет пламени) реле *KT* при помощи реле *KV2* отключает с выдержкой времени двигатель *M11* топливного насоса и трансформатор зажигания *TV*.

При успешном розжиге через некоторое время, когда прогреется топка, включают двигатели *M2* и *M1* конвейеров подачи сырой массы в топку. Для экстренного отключения всех механизмов нажимают кнопку *SBI*. Автоматически они отключаются датчиком *SL* предельного уровня травяной муки в циклоне-охладителе *12*. В нормальных условиях агрегат останавливают в обратной последовательности кнопками *SB24*, *SB22*, *SB16...SB2*. Двигатели *M12* и *M4* вентиляторов топки и циклона *7* оставляют включенными до полного остывания топки, а затем отключают кнопками *SB18* и *SB14*.

Процесс сушки ограничен только управлением температуры. Температуру теплоносителя на входе устройства регулируют по температуре газов на выходе из циклона *7*, изменяя подачу топлива к форсунке. При увеличении температуры газов переключаются контакты датчика температуры *BK* (рис. 10.2), которые включают реле *KV2* и электромагнит *УА* вентиля *1*, установленного на обратном трубопроводе. Вентиль *1* открывается, и часть топлива, засасываясь насосом *2* через вентиль обратно, не попадает в форсунку *3*. Интенсивность горения уменьшается, и температура снижается до минимального значения, при котором контакты термодатчика *BK* возвращаются в исходное положение и при помощи реле *KV1* отключают электромагнит *УА* через реле *KV2*. Теперь все топливо проходит через форсунку. Температура увеличивается. Из-за инерционности термодатчика и транспортного запаздывания часто наблюдается пересушивание травяной муки, что резко снижает ее кормовые показатели. Вследствие этого необходимо создать работоспособную систему управления не только температурой, но и влажностью травяной муки на выходе.

Температура топлива, подаваемого насосом в топку, поддержи-

Рис. 10.1. Технологическая (а), принципиальные электрические схемы управления механизмами (б) и сушилкой (в) и временная диаграмма (г) работы АВМ-1,5:

1 — насос; 2 — форсунка; 3 — топка; 4, 5 — конвейерные транспортеры; 6 — сушильный барабан; 7 — циклон; 8, 10, 21 — вентиляторы; 9 — термодатчик; 11 — датчик уровня; 12 — циклон-охладитель; 13 — выгрузные люки; 14 — шнек-дозатор; 15 — дробилка; 16 — камнеуловитель; 17 — дозатор; 18 — ролики; 19 — фотодатчик; 20 — трансформатор зажигания

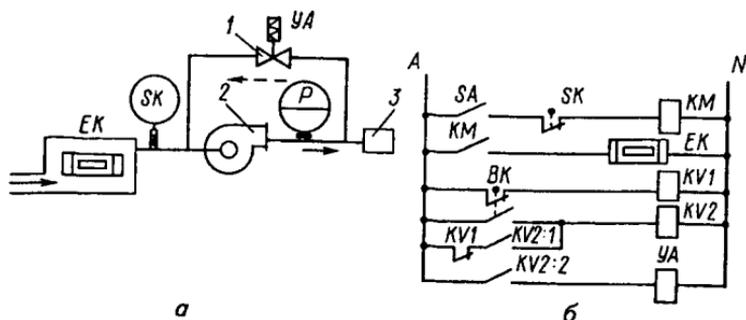


Рис. 10.2. Технологическая (а) и принципиальная электрическая (б) схемы управления температурой топлива и теплоносителя:

1 — вентиль; 2 — насос; 3 — форсунка

вается на уровне 75°C при помощи термодатчика *SK*, управляющего электромагнитным пускателем *KM* электронагревателя *EK*. Давление топлива перед форсункой контролируется манометром *P*. В схемах управления предусмотрены световая сигнализация о работе всех механизмов и общая аварийная звуковая сигнализация.

10.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ И БРИКЕТИРОВАНИЯ КОРМОВ

Технологический процесс прессования и гранулирования кормов имеет высокую степень автоматизации. Прессование кормов необходимо для улучшения их транспортабельности, снижения стоимости перевозок и объема складских помещений, обеспечения лучшей сохранности и поедаемости кормов животными.

Наиболее совершенные способы прессования — брикетирование и гранулирование, обеспечивающие наиболее высокую степень уплотнения. Брикеты размером от 30×30 до 100×100 мм и длиной 20...200 мм получают из сечки стебельчатых кормов длиной 5...50 мм, гранулы в форме цилиндра диаметром 5...15 мм и длиной 10...30 мм готовят из комбикорма, дерти и травяной муки. Процесс прессования кормов состоит из трех основных операций: кондиционирования сырья, его прессования и охлаждения готовых брикетов или гранул. Кондиционирование включает в себя операции дозирования корма, воды, пара или связующих веществ (мелассы, жиров) и смешивание их между собой с целью повышения прочности брикетов или гранул и равномерного распределения в них исходного сырья. В процессе прессования в специальных матрицах исходный материал разогревается. После выхода готовых брикетов или гранул из пресса их охлаждают, чтобы привес-

ти в тепловое равновесие с окружающей средой и снять внутренние остаточные механические напряжения.

Для гранулирования кормов используют смесители-грануляторы производительностью до 100 т в сутки, грануляторы типа ОГМ производительностью от 0,8 до 10 т/ч и оборудование для производства амидно-концентратных добавок АКД (75 % комбикорма, 20 % карбамида, 5 % бентонита натрия) производительностью до 20 т в смену.

Применяют также универсальное оборудование прессования кормов типа ОПК производительностью 2 т/ч, предназначенное для гранулирования и брикетирования комбикормов, травяной муки, сечки травы и кормовых смесей. Технологическая схема прессования кормов при помощи оборудования ОПК показана на рисунке 10.3. Гранулируемый корм горизонтальным шнековым транспортером 2 и вертикальным шнеком загружается в накопительный бункер 4, из которого дозатором 3 выводится в смеситель-питатель 22 пресса 20. Одновременно в корм вводятся или вода (через дозатор 3 из бака 1) или пар (через смеситель 22 из паропровода 2).

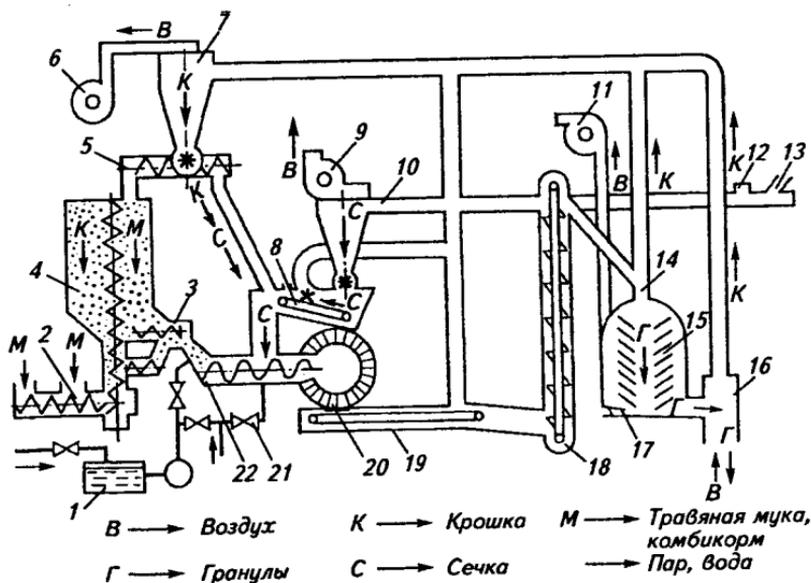


Рис. 10.3. Технологическая схема процесса прессования кормов оборудованием типа ОПК:

1 — бак; 2 — шнековый транспортер; 3 — дозатор; 4 — бункер; 5, 8 — транспортеры; 6, 9, 11 — вентиляторы; 7, 10 — циклоны; 12 — шлюзовый затвор; 13 — заборник; 14, 16 — камеры соответственно предварительного и окончательного сортирования; 15 — охлаждающая колонка; 17 — вибратор-выгружатель; 18 — нория; 19 — ленточный транспортер; 20 — пресс; 21 — паропровод; 22 — смеситель-питатель

Увлажненный корм непрерывно вводится в пресс 20 и продавливается в радиальные отверстия кольцевой неподвижной матрицы, формируя гранулы. Выдавливаемые гранулы обламываются вращающимся обламывателем и перемещаются ленточным транспортером 19 и норией 18 через камеру предварительного сортирования 14 в охладительную колонку 15. Гранулы охлаждаются воздухом, засасываемым вентилятором 11. По мере накопления в охладительной колонке 15 гранулы выгружаются вибратором 17 через камеру окончательного сортирования 16 на затаривание. Крошка и несгранулированный корм в камерах 14 и 16 отделяются от гранул воздушным потоком, создаваемым вентилятором 6, и через циклон 7 возвращаются транспортером 5 в бункер 4.

При брикетировании корма травяная сечка из сушильного агрегата засасывается вентилятором 9 через заборник 13 и накапливается в циклоне 10, а затем через шлюзовой затвор подается транспортером 5 в смеситель-питатель 22. В этом случае вода вводится в выгрузную горловину транспортера 8. Дальнейший путь брикетов — через пресс и далее аналогичен пути гранул. Неспрессованный корм и крошка возвращаются через циклон 7 на транспортер 8. Через шлюзовой затвор 12 в травяной корм можно добавлять соломенную сечку.

При брикетировании кормовых смесей комбикорм подается в пресс транспортером 2, травяная и соломенная сечка — транспортером 8.

Электрическая схема управления оборудованием типа ОПК предусматривает включение и отключение шестнадцати асинхронных электроприводов механизмов, их защиту и сигнализацию о нормальных и аварийных режимах (рис. 10.4). Для облегчения пуска двигателя M15 пресса (мощностью 90 кВт) предусмотрено его переключение со схемы «звезда» на схему «треугольник». Суммарная мощность остальных 15 двигателей не превышает 50 кВт. Электродвигатели к сети подключаются автоматами QF1...QF15, цепи управления защищены автоматами SF16 и SF17.

Электроприводы пускает и останавливает оператор при помощи кнопочных постов SB1...SB20. Для экстренного отключения всего оборудования предназначена кнопка SB.

Режим работы выбирают, устанавливая переключатель SA2 в следующие положения: 1 — «Смеси» — работа всех электродвигателей и брикетирование кормовых смесей; 3 — «Мука» — гранулирование травяной муки или комбикорма. Этим же переключателем переводят схему в режим наладки (на рисунке 10.4, а цепи переключателя, используемые при наладке, а также цепи сигнализации не показаны).

Вид увлажнения при прессовании корма выбирают, устанавливая переключатель SA1 (рис. 10.4, а) в положение 1 «Вода» или 2 «Пар». Тумблером S и реле KV2 включают и отключают вторичные цепи. Переключателем SA4 или SA6 устанавливают ручной или ав-

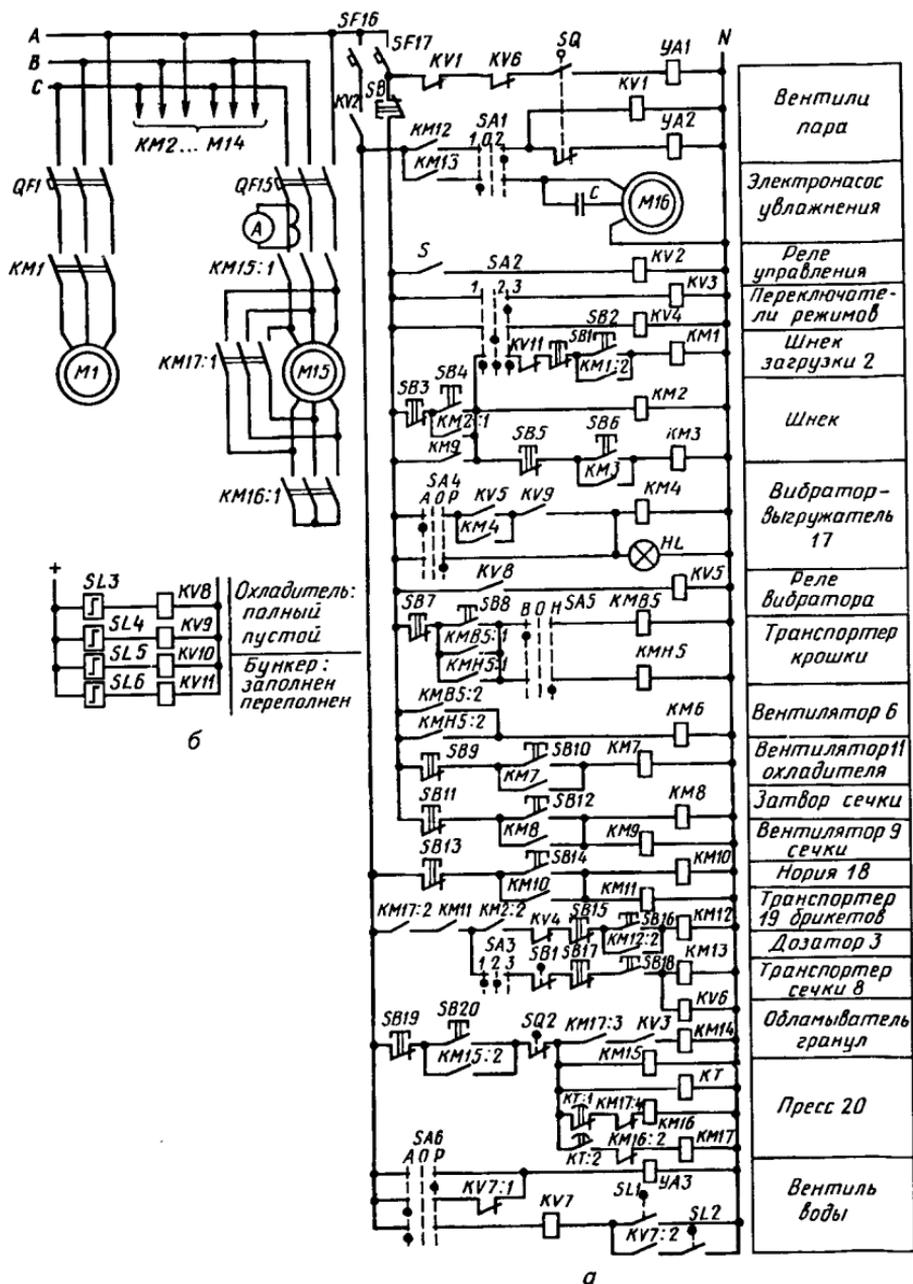


Рис. 10.4. Принципиальные электрические схемы управления ОПК (а), контроля уровня корма (б). Позиции в колонке справа соответствуют позициям на рисунке 10.3

томатический режим работы соответственно вибровыгрузателя 17 спрессованного корма и вентиля УАЗ, подающего воду на увлажнение корма до 17 %.

Уровень исходного сырья в бункере 4 и готового корма в охладителе 15 контролируется бесконтактными датчиками *SL3...SL6* (рис. 10.4, б), уровень воды в баке для увлажнения — электродными датчиками верхнего *SL1* и нижнего *SL2* уровня. Пуск и останов оборудования типа ОПК осуществляет оператор в последовательности, показанной на временной диаграмме рисунка 10.4, в. Перед пуском включают все автоматы, набирают переключателями *SA* заданный режим работы отдельных узлов, а затем кнопочными постами поочередно включают агрегаты. Например, при гранулировании корма *SA3* ставят в положение 3 «Мука», *SA1* в положение 1 «Вода», *SA4* и *SA6* — в положение *A*, *SA5* — в положение *B*, соответствующее транспортированию крошки транспортером 5 в бункер 4. Включают тумблером *S* реле *KV2*, которое запитывает остальные цепи управления и сигнализации. При этом открывается электромагнитный вентиль воды УАЗ. Затем кнопками *SB2*, *SB4*, *SB14*, *SB16*, *SB8* и *SB10* последовательно включают соответственно шнек загрузки 2, вертикальный шнек бункера 4, норию 18 и транспортер брикетов 19, пресс 20, дозатор 3, транспортер 8 крошки, вентилятор 6 сортировки и вентилятор 11 охладителя. Электродвигатель *M15* пресса при помощи реле выдержки времени *KT* вначале магнитным пускателем *KM16* включается по схеме «звезда», а затем магнитным пускателем *KM17* переключается на схему «треугольник». Блок-контактами *KM17*: 3 и *KV3* включается магнитный пускатель *KM14* электропривода обламывателя гранул.

После пуска двигателя при помощи заслонки дозатора 3 и вентиля воды вручную устанавливают по амперметру *A* номинальную загрузку пресса 20. Если по каким-то причинам уровень сырья в бункере 4 превышает заданное значение, то срабатывает датчик уровня *SL6* (рис. 10.4, б) и выключает реле *KV11*, которое отключает шнек загрузки 2. При снижении уровня этот же датчик выдает импульс на повторное включение шнека 2. При заполнении гранулами охладителя срабатывают датчики уровня гранул вначале *SL4*, а затем *SL3*. Последний через реле *KV8* и *KV5* включает привод вибратора-выгрузателя 17. Разгрузка гранул вибратором продолжается до снижения уровня гранул, при котором датчик *SL4* через реле *KV9* отключает вибратор.

Уровень воды в баке поддерживается при помощи электродных датчиков *SL1* и *SL2*, реле *KV7* и электромагнитного вентиля УАЗ.

Отключают оборудование после закрытия вручную заслонки дозатора 3 и вентиля увлажнителя. Кнопками *SB9*, *SB7*, *SB15*, *SB1*, *SB3*, *SB19*, *SB13* отключают соответственно вентилятор охладителя, транспортер крошки и вентилятор сортировки, дозатор, шнек загрузки, шнек бункера, пресс, норию, соблюдая такую последовательность.

При брикетировании травяной сечки и кормосмеси упомянутыми выше переключателями набирают соответствующий режим и кнопками управления включают агрегаты в следующем порядке: шнек бункера 4, шнек загрузки 2, нория 18, пресс 20, транспортер сечки 8, затвор и вентилятор 9 сечки, затвор соломы 12, транспортер крошки, вентилятор 6 сортировки и вентилятор 11 охладителя. Электродвигатель *M15* соединен с прессом через предохранительную муфту со штифтами, которые при попадании твердых предметов в пресс срезаются. При этом срабатывает конечный выключатель *SQ2* и отключает электропривод пресса. Если смеситель-питатель 22 забивается сечкой, то от давления сечки срабатывает конечный выключатель *SQ1* и отключает транспортер сечки 8.

10.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОМБИКОРМОВЫХ АГРЕГАТОВ

Оборудование комбикормовых цехов (ОКЦ) предназначено для производства полнорационных рассыпных комбикормов на межхозяйственных комбикормовых заводах производительностью 15, 30 и 50 т за смену. Оборудование сконструировано в одном или двух блоках: зерновом и мучном. Задача комбикормовых цехов — максимально использовать местное сырье (фуражное зерно, травяную муку, пищевые отходы и т. п.) и белково-витаминные добавки промышленного производства.

Устройство и технология приготовления комбикормов всех цехов ОКЦ аналогичны (рис. 10.5). Фуражное зерно из транспортных средств или транспортером из зерносклада подается на ре-

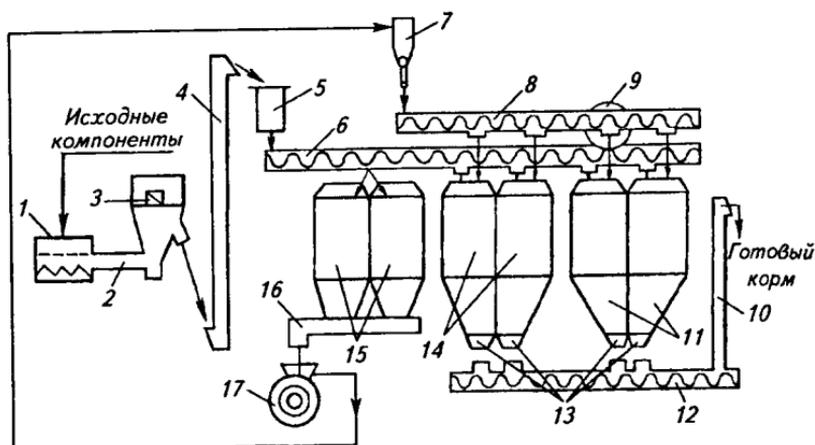


Рис. 10.5. Технологическая схема комбикормового агрегата ОКЦ-15:

1 — решетчатый стан; 2 — загрузочная горловина; 3 — смеситель; 4 — нория; 5 — магнитная заслонка; 6, 8, 10, 12, 16 — шнеки; 7 — циклон; 9 — шесточный барабан; 11, 14, 15 — бункера; 13 — дозаторы

шетный стан 1, где оно очищается от крупных примесей, а затем, пройдя смеситель 3, норией 4 подается на магнитную заслонку 5, в которой оно очищается от металлических примесей. Далее зернофураж распределяется шнеком 6 по двум секциям зернового бункера 15, а затем дозирующим шнеком 16 направляется на измельчение в дробилку 17.

Зерновая дерть воздушным потоком дробилки 17 направляется по трубопроводу через циклон 7 и шнек 8. Шнек имеет просеивающее устройство. На валу шнека закреплен щеточный барабан 9, а на нижней части кожуха шнека — решето.

Просеивающее устройство разделяет дерть на две мучные фракции: мелкую, проходящую через решето в правую секцию бункера 11, и крупную, направляющуюся сходом с решета в левую секцию бункера 11.

Белково-витаминные добавки загружают в смеситель 3 через загрузочную горловину 2 и тем же путем подают в бункер 11 или 14.

Зерновые компоненты и БВД из бункеров 11 и 14 выгружают дозаторами 13, которые установлены в нижней части каждой секции бункера. Дозаторы 13 выдают компоненты в шнек 12 в заданной рецептурной пропорции. Шнек 12 и разгрузочный шнек 10 непрерывно смешивают компоненты и передают готовый комбикорм на склад или в транспортные средства. Оператор в соответствии с заданной рецептурой комбикорма настраивает дозаторы 13 на необходимую выдачу компонента при помощи поворота специального лимба храпового механизма привода, изменяющего частоту вращения дозатора от 0,24 до 17,7 мин⁻¹.

Работой оборудования цеха управляют дистанционно при помощи электрической схемы, показанной на рисунке 10.6. Автоматическими выключателями *QF5...QF9* и *SF10* подают напряжение в схему. Переключатель *SA1* имеет три положения: *P* — «Работа»; *O* — «Отключено»; *H* — «Режим наладки». Оборудование пускают в работу в следующем порядке (переключатель *SA1* в положение *P*). Кнопкой *SL24* подают предупредительный сигнал *HA* о начале пуска машин. Кнопками *SB1*, *SB3*, *SB5* последовательно включают: магнитный пускатель *KM2* электропривода *M2* (2,2 кВт) нории 4 и шнека 6, пускатель *KM3* электропривода *M3* (3 кВт) смесителя 3 и пускатель *KM4* электропривода *M4* (1,1 кВт) решетного стана 1.

При работе включенных машин зерновой фураж загружается в бункер 15, а в случае необходимости в бункера 11 и 14.

Перед пуском дробилки кнопкой *SB7* включают электропривод *M5* (2,2 кВт) шнека 8, а затем кнопками *SB9* и *SB11* включают электропривод *M1* (30 кВт) дробилки 17 и электропривод *M6* (0,8 кВт) дозатора 16. Загрузку дробилки контролируют по показателям амперметра *A*.

Смешивание исходных компонентов и выгрузка готового комбикорма происходят при включении кнопками *SB13* и *SB15* элект-

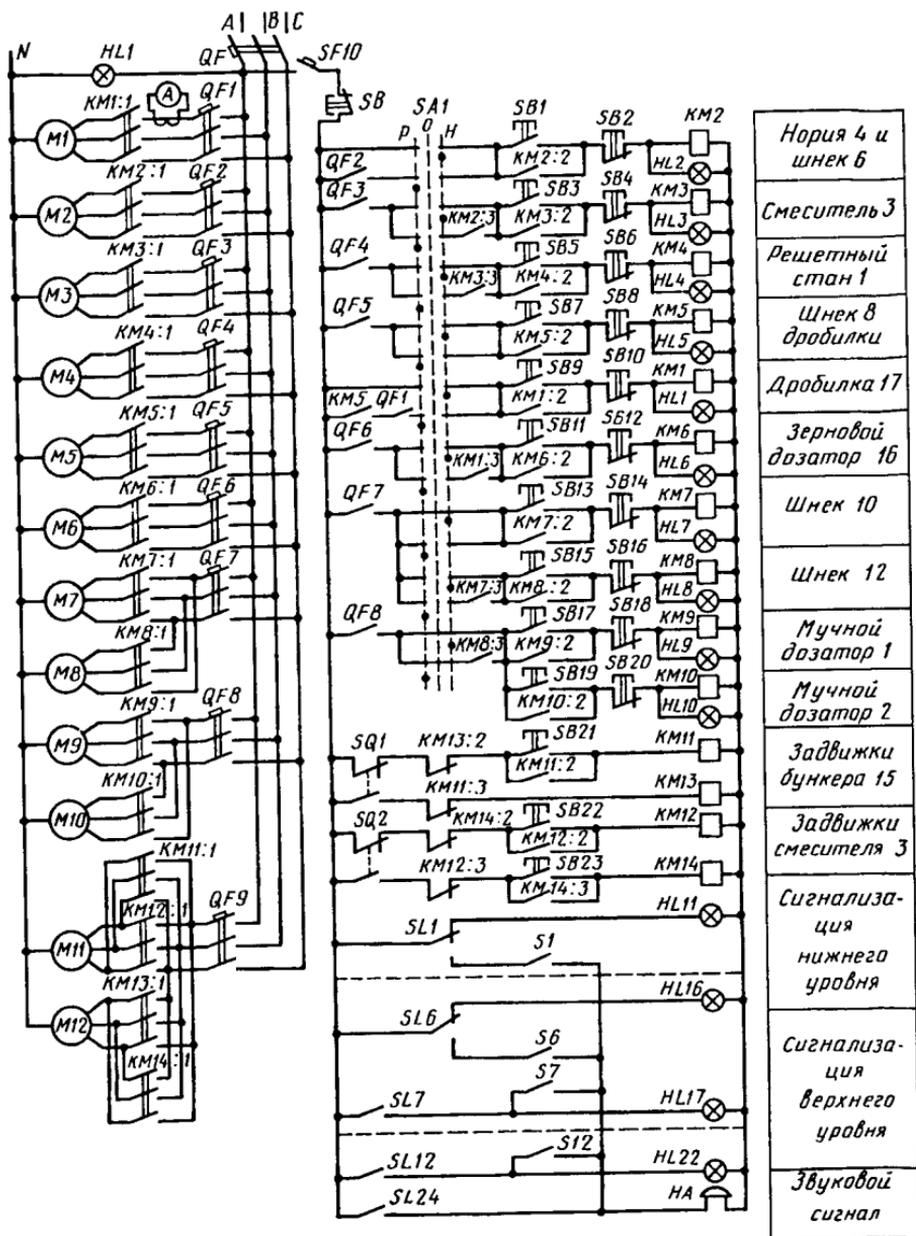


Рис. 10.6. Принципиальная электрическая схема управления электрооборудованием комбикормового цеха ОКЦ-15. Позиции в колонке справа соответствуют позициям на рисунке 10.5.

ропривода *M7* (3 кВт) вертикального шнека *10* и электропривода *M8* (2,2 кВт) мучного шнека *12*. Электроприводами *M9* и *M10* (по 2,2 кВт) дозаторов *13* выгрузки компонентов в шнек *12* управляют кнопками *SB21...SB20*. Электроприводами *M11* и *M12* (по 0,27 кВт) задвижек бункера и смесителя *3* управляют кнопками *SB21...SB23*. В крайних конечных положениях задвижек магнитными пускатели *KM11...KM14* отключаются конечными выключателями *SQ1...SQ2*. В схеме предусмотрены блокировки, исключающие возможность завалов материалом при пуске и остановке машин. Все секции бункеров оборудованы датчиками нижнего *SL1...SL6* и верхнего *SL7...SL12* уровней. Сигнальные лампы *HL1...HL6* горят при наличии материалов в бункерах. При снижении его уровня в бункере до предельного значения переключается один из датчиков *SL1...SL6* на звуковой сигнал *HA* и загорается соответствующая сигнальная лампа *HL11...HL16*. При достижении в бункере уровня предельного верхнего значения срабатывает один из датчиков *SL7...SL12*, который включает звуковой сигнал *HA* и соответствующую сигнальную лампу *HL17...HL22*. Звуковой сигнал отключают с помощью тумблеров *S1...S12*. В экстренных случаях все машины останавливают кнопкой *SB*.

10.5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ

Общие положения. На животноводческих фермах и комплексах скот кормят кормовыми смесями, приготовленными из разных кормов местного производства (сено, сенаж, силос, корнеплоды и т. п.) с добавкой специальных компонентов промышленного приготовления (концентраты, белковые, витаминные и минеральные добавки). Конкретная технология приготовления кормовой смеси учитывает кормовую базу, вид поголовья и технологию его содержания. Основная составляющая часть кормоцеха — поточная технологическая линия (ПТЛ).

Технология приготовления грубых кормов заключается в их измельчении и смешивании с другими компонентами, технология приготовления кормов из корнеплодов — в мойке, измельчении и смешивании. Набор ПТЛ для данного поголовья и зоны определяет технологическую схему кормоцеха, при этом линии комплектуют как серийными машинами, так и машинами специальной разработки. Типичное оборудование такого типа — комплект оборудования типа КОРК для приготовления рассыпных кормосмесей. Комплект предназначен для молочнотоварных (900...2000 голов) и откормочных (до 5000 голов КРС) ферм и включает в себя пять ПТЛ (рис. 10.7).

Отдельные ПТЛ кормоцеха работают следующим образом. Грубый корм из транспортных средств выгружают в лоток питателя *13*,

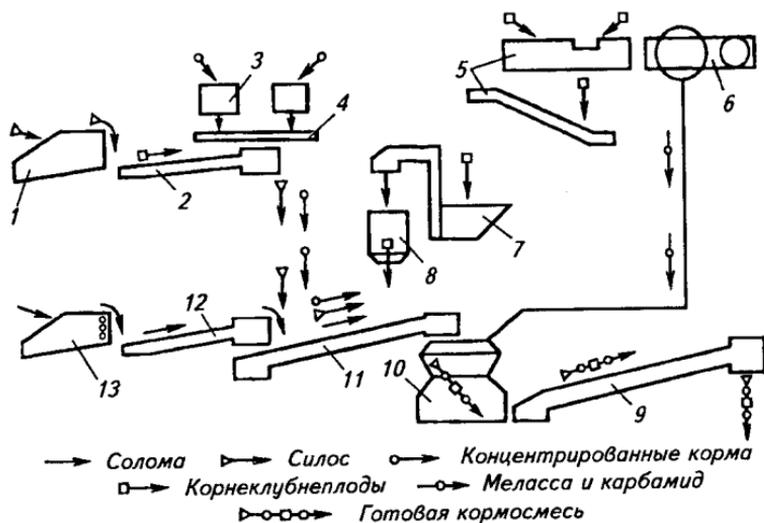


Рис. 10.7. Функциональная схема кормопеха КОРК-15:

1 — питатель-загрузчик силоса; 2 — скребковый транспортер силоса; 3 — бункера-дозаторы концентрированных кормов; 4 — винтовой конвейер; 5 — транспортеры корнеклубнеплодов; 6 — оборудование для меласса и карбамида; 7 — измельчитель-камнеуловитель; 8 — дозатор корнеклубнеплодов; 9 — выгрузной транспортер; 10 — измельчитель-смеситель кормов; 11 — сборный транспортер; 12 — транспортер грубых кормов; 13 — питатель-загрузчик грубых кормов

свободный конец которого приподнимается двумя гидроцилиндрами, в результате чего корм поступает на конвейер 12 питателя, подающий его к измельчающему барабану и отбойному битеру. Измельченный и отдозированный корм поступает на промежуточный транспортер 12, а с него — на сборный транспортер 11. Количество корма, подаваемого на промежуточный транспортер, регулируют вручную, изменяя скорость движения полотна конвейера. Аналогично силос из транспортного самосвального средства выгружается в лоток питателя-загрузчика 1, затем через дозирующие битеры поступает на скребковый транспортер 2 и далее — на сборный транспортер 11.

Концентрированный корм загружают в бункера-дозаторы 3, оборудованные дозирующими устройствами, состоящими из корпуса, неподвижной тарелки и вращающихся скребков, которые захватывают и сбрасывают корм с тарелки на винтовой конвейер 4, подающий его на сборный транспортер 11.

Корнеклубнеплоды доставляют в цех самосвальными мобильными средствами или стационарными транспортерами из хранилища, соединенного с кормопехом. Корм выгружают на транспортер 5, доставляющий его в измельчитель-камнеуловитель 7, где он очищается, измельчается и поступает в бункер-дозатор 8, а затем — на сборный транспортер 11. Все компоненты рациона загружают

на сборный транспортер послойно, и с него они поступают в измельчитель-смеситель 10 для доизмельчения, смешивания и обогащения мелассой и карбамидом, поступающими из емкостей 6. Готовая смесь из измельчителя-смесителя 10 транспортером 9 выгружается в кормораздатчик.

СУ оборудованием кормоцеха обеспечивает полуавтоматический режим, при котором все машины ПТЛ включаются и выключаются в очередности, обусловливаемой ТП приготовления корма.

Автоматизация дозирования кормов — важный фактор повышения их качества и рационального использования.

Дозаторы классифицируют прежде всего по назначению: для сыпучих, грубых и сочных стебельчатых, жидких кормов, добавок и кормовых смесей, а также корнеклубнеплодов.

Способ дозирования может быть массовым порционным или непрерывным, а также объемным порционным или непрерывным.

При массовом порционном дозировании можно точно составить рецепт рациона, вследствие чего его применяют в линиях по приготовлению премиксов, белково-витаминных добавок и комбикормов. Массовое же непрерывное дозирование менее точное по сравнению с объемным, и потому его используют реже.

Объемное порционное дозирование применяют в линиях по производству комбикормов, а объемное непрерывное — в линиях по переработке кормов при загрузке измельчителей в кормоцехах и составлении простых полнорационных кормовых смесей.

Схемы дозаторов твердых кормов показаны на рисунке 10.8, а...е. Для дозирования воды и жидких кормовых добавок используют дозаторы-мерники, объемные счетчики и дозирующие насосы. Дозаторы-мерники (рис. 10.8, ж) — это отгариованные емкости с соответствующими шкалами и водомерными стеклами. Норму выдачи жидкости контролируют визуальнo по шкале. Объемные счетчики (рис. 10.8, з) измеряют проходящее через них количество жидкости с помощью крыльчаток. С уменьшением расхода точность дозирования снижается. Дозирующие насосы (рис. 10.8, и) используют в тех ТП, где требуется непрерывная подача жидкости.

Принцип автоматизации дозаторов кормов рассмотрим на примере объемного дозатора типа ДК концентрированных кормов (рис. 10.8, в).

В нижней части бункера-дозатора 1 расположен ворошитель 2, непрерывно поддерживающий комбикорм в сыпучем состоянии. Этим обеспечивается равномерное истечение комбикорма через узкое отверстие (щель), сечение которого зависит от положения регулирующей заслонки 3. В схеме управления дозатором типа ДК предусмотрено изменение сечения щели с помощью исполнительного механизма 4. Запирающая заслонка 5 открывается автоматически при подаче напряжения на соленоид 6 и закрывается при отключении дозатора под действием возвратной пружины 7. Доза-

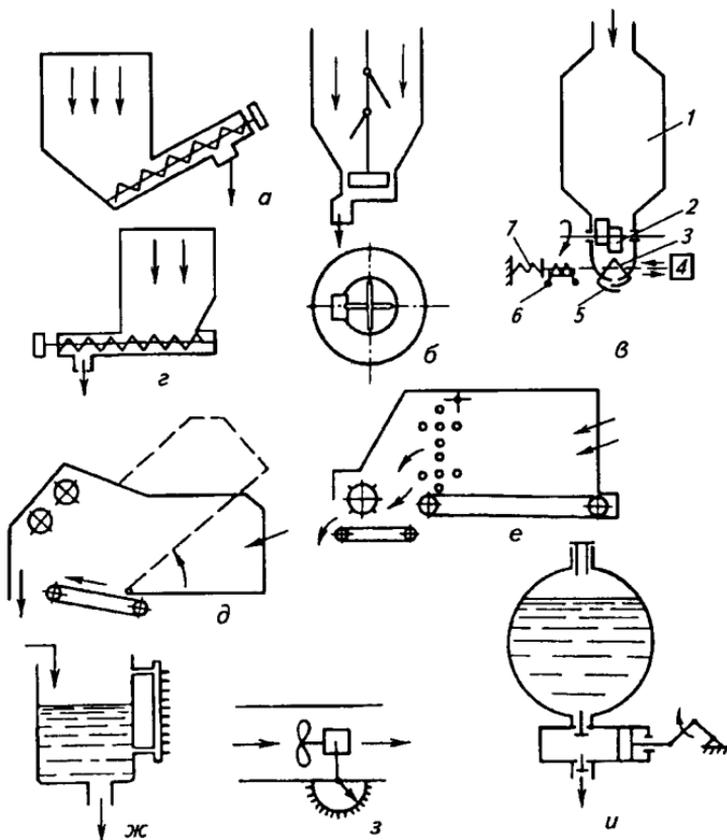


Рис. 10.8. Функциональные схемы дозаторов кормов:

а — сыпучих; *б* — корнеклубнеплодов; *в* — концентрированных кормов: 1 — бункер-дозатор; 2 — воршитель; 3, 5 — заслонки; 4 — исполнительный механизм; 6 — соленоид; 7 — пружина; *г* — зеленых кормов или измельченных корнеклубнеплодов; *д*, *е* — измельченных стебельчатых кормов; *ж*, *з*, *и* — жидких кормов

тором кормов управляют дистанционно. В автоматическом режиме его пуск и останов заблокированы с другими машинами ПТЛ.

Автоматизация дозирования и смешивания компонентов комбикормов обеспечивается работой группы массовых дозаторов разной производительности с соответствующим набором питателей и смесителей периодического действия. Питатель 2 (рис. 10.9) подает в центральный дозатор основные компоненты кормов (ячмень, кукурузу, пшеницу и др.) в количестве более 10 %, питатели 1, 3 подают в другие дозаторы (меньшей производительности) белковые компоненты (мясокостная, рыбная, травяная мука) в количестве 3...10 % и биологически активные вещества (микродобавки,

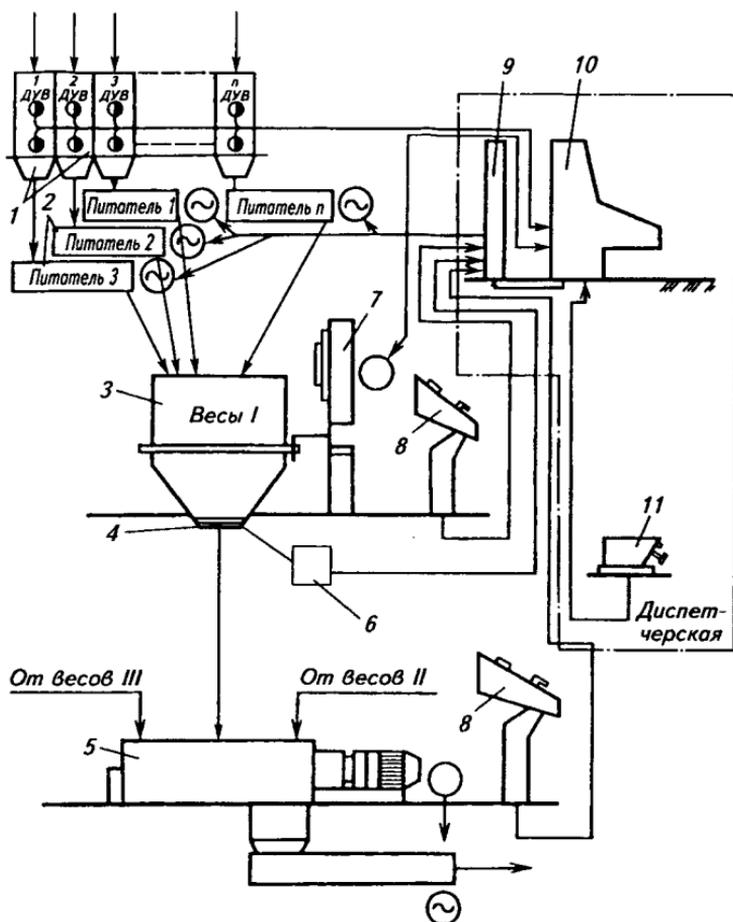


Рис. 10.9. Схема автоматизации комплекса массового дозирования и смешивания компонентов комбикормов:

1...3 — питатели; 4 — заслонка; 5 — смеситель; 6 — датчик; 7 — индикатор веса; 8, 10 — пульты; 9 — электронное устройство; 11 — запоминающее устройство

мел, соль и др.) в количестве до 3 %. После открытия заслонок 4 содержимое дозаторов поступает в смеситель 5. Комплексом массового дозирования можно управлять вручную, дистанционно и автоматически.

Ручное управление является в основном наладочным и осуществляется с пульта 8 ручного управления механизмами.

Дистанционное управление осуществляется оператором с пульта 10. При этом массу каждого компонента задают вручную, после чего выбирают и включают нужный питатель, затем после набора

дозы следующий питатель и так далее до окончания всей программы дозирования.

Автоматическое управление реализуют в соответствии с заданной программой, хранящейся в запоминающем устройстве *11*. При включении дозатора согласно такой программе вступает в работу на большой скорости соответствующий питатель и начинается загрузка весов *III* (для контроля массы в конструкцию весов встроено кодирующее устройство). После набора 95 % заданной массы электродвигатель питателя переключают на пониженную частоту вращения (с 93 до 32 мин⁻¹) и проводят точную досыпку оставшейся дозы в количестве 5 %. Затем включают следующий питатель и так далее до окончания программы набора всех компонентов корма, после чего содержимое ковша весов высыпается через шибер (заслонку) *4*, управляемый датчиком *6*.

10.6. АВТОМАТИЗАЦИЯ ДРОБИЛОК И ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

В условиях животноводческих ферм корма растительного происхождения (зерно, солома, сено, корнеклубнеплоды), а также отходы пищевой промышленности, кормовые жиры, минеральные, витаминные и другие добавки перед скармливанием скоту обычно подвергают механической и (или) тепловой обработкам в серийно выпускаемых машинах и механизмах.

Характерные примеры такого рода технологических операций — измельчение фуражного зерна, зеленой массы и грубых кормов, мойка и измельчение корнеклубнеплодов.

Для измельчения фуражного зерна и грубых кормов используют дробилки разных конструкций. Принцип действия и принципиальная электрическая схема управления безрешетной дробилкой типа ДБ показаны на рисунке 10.10.

Подлежащее измельчению зерно с помощью шнека *8* (рис. 10.10, *а*) загружается в бункер *9*, уровень в котором автоматически поддерживается на основе информации от двух датчиков. Подачу зерна на измельчение регулируют заслонкой *10*. При этом продукт дробления по кормопроводу воздушным потоком перемещается в фильтр *6*. Достаточно измельченное зерно, прошедшее решетный сепаратор *4*, представляет собой готовый продукт, который выгружается шнеком *2*. Оставшаяся часть возвращается в дробильную камеру, причем количество этого продукта устанавливает оператор с помощью регулирующей заслонки *5* (в крайнем правом положении весь материал идет на выгрузку без разделения на фракции). Одна часть запыленного воздуха возвращается в дробильную камеру, а другая часть, пройдя фильтр *6*, выбрасывается в атмосферу.

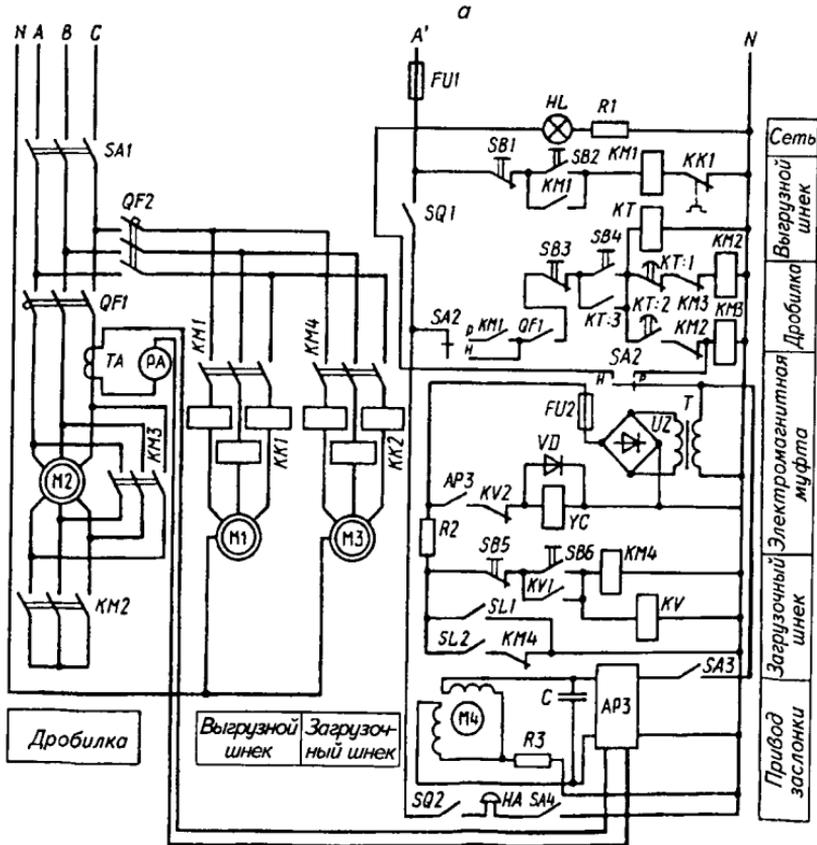
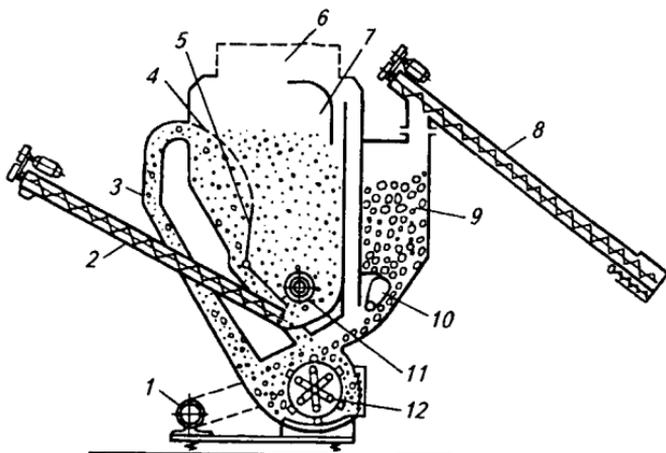


Рис. 10.10. Функциональная схема (а) и схема управления (б) дробилкой ДБ-5:
 1 — двигатель; 2, 8 — шнеки; 3 — воздуховод; 4 — сепаратор; 5, 10 — заслонки; 6 — фильтр;
 7 — камера; 9 — бункер зерна; 11 — воршилка; 12 — ротор

Схема управления дробилкой (рис. 10.10, б) обеспечивает последовательный пуск электродвигателей выгрузного шнека (*M1*) и затем дробилки (*M2*), причем с целью снижения пускового тока электродвигатель дробилки включается по схеме «звезда», а затем переключается на схему «треугольник». Загрузочный шнек пускают, нажимая кнопку *SB6* при незаполненном бункере дробилки. Шнек работает до момента замыкания контактов *SL1* мембранного датчика верхнего уровня зерна в бункере. Магнитный пускатель *KM4* и реле *KV* отключаются при их шунтировании контактом *SL1*. Повторный пуск шнека происходит также автоматически после опорожнения бункера и размыкания контактов датчиков верхнего *SL1* и нижнего *SL2* уровней. Производительность дробилки регулируется автоматически в зависимости от силы тока, потребляемого электродвигателем *M2*, с помощью регулирующей заслонки, перемещаемой исполнительным механизмом *M4* по команде автоматического регулятора загрузки (*AP3*).

При значительных перегрузках двигателя и перерывах в электропитании электромагнитная муфта *YC*, соединяющая заслонку с ИМ, отключается контактом *AP3*, заслонка падает под действием собственного веса и подача зерна в дробильную камеру прекращается.

Полное открытие заслонки, свидетельствующее о снижении загрузки дробилки, сигнализируется сиреной *HA* при замыкании конечного выключателя *SQ2*.

Для измельчения сена и соломы применяют измельчители штифтового, ножевого или молоткового типа. Подлежащий измельчению корм подается в загрузочный бункер, который, вращаясь, сбрасывает его под молотки ротора дробильной камеры. Измельченная масса выносится из камеры воздушным потоком, создаваемым молотками ротора.

Схема управления обеспечивает последовательный пуск двигателей дробилки и затем (через 20 с) бункера. При этом пуск дробилки происходит с переключением двигателя со схемы «звезда» на схему «треугольник». В случае перегрузки двигателя дробилки на короткое время отключается электромагнитная муфта и прекращается подача корма в дробилку. После снижения загрузки дробилки подача корма возобновляется. Если перегрузка двигателя длится более 20 с, то электродвигатель привода бункера отключается.

Контрольные вопросы и задания

1. На какие группы делят корма? 2. Как сушат сено? 3. Поясните работу схемы автоматизации агрегата для приготовления травяной муки. 4. Как работает схема управления температурой топлива и теплоносителя? 5. Как работает технологическая схема устройства ОПК для прессования кормов. 6. Объясните работу электрической схемы управления устройством ОПК. 7. Расскажите о работе схемы управления электрооборудованием комбикормового цеха ОКЦ-15. 8. Объясните работу функциональной схемы кормоцеха КОРК-15. 9. Как происходит дозировка

ние кормов? 10. Расскажите о работе схемы автоматизации дозирования и смешивания компонентов комбикормов. 11. Как работает технологическая схема дробилки кормов? 12. Объясните работу схемы управления дробилкой кормов.

Глава 11

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

11.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Животноводство — важнейшая отрасль агропромышленного комплекса. Производственно-техническая база животноводства развивается по двум направлениям: строительство новых и реконструкция действующих ферм небольшой мощности с целью внедрения новейших машин, механизмов и прогрессивных форм организации труда; строительство крупных животноводческих комплексов.

Техническое перевооружение отрасли основывается на системе машин и механизмов, в том числе и электрифицированных, в ряде случаев позволяющих комплексно механизировать и автоматизировать многие важнейшие ТП.

В производстве животноводческой продукции можно выделить несколько типовых ТП, характеризующихся достаточно высоким уровнем механизации: доение коров (уровень механизации 96 %), подача воды (95 %), раздача кормов (67 %), уборка навоза (66 %). Естественно, именно эти процессы в первую очередь подлежат автоматизации. Большое значение имеет также автоматизированный контроль физиологического состояния животных, их массы и продуктивности.

Основанием для синтеза САУ служат зоотехнические нормы и требования, а также конструктивные характеристики помещения и работающего в нем технологического оборудования.

11.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОРМЛЕНИЯ И ПОЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

Автоматизация кормления. Полнорационное кормление — основное условие реализации генетического потенциала продуктивности стада, увеличения сроков его хозяйственного использования, а также снижения затрат и удешевления продукции.

Существует два основных способа кормления крупного рогатого скота (КРС) — нормированный и ненормированный. Первый из них применяют при привязном содержании животных, второй — при беспривязном содержании. При ненормированном способе обычно скармливают грубые корма.

Затраты труда на погрузку, транспортирование и раздачу кор-

мов на фермах КРС, несмотря на достаточно высокий уровень механизации, достигают 25 % общих затрат. Система машин, действующая на этих фермах, рассчитана на использование кормовых смесей трех основных видов: сухих гранулированных и брикетированных; полувлажных при сенажном кормлении; влажных при силосно-корнеплодном и сенажно-силосном кормлении.

Технологии механизированной раздачи кормов на фермах и комплексах разнообразны. Выбор той или иной из них зависит от размеров фермы, технологии содержания скота, рациона кормления и других факторов, но в любом случае механизированная раздача кормов должна быть простой, надежной и универсальной с точки зрения реализации кормов с различными физико-механическими свойствами, а также обеспечивать нормированную раздачу кормов при минимальных затратах времени (до 30 мин).

Способ кормления определяет перечень операций и тип механизмов, в них участвующих. Так, при ненормированном кормлении основные операции — доставка корма и выгрузка его в кормушки. При нормированном кормлении механизмы, участвующие в процессе раздачи корма, должны быть отрегулированы на точное его дозирование.

Многочисленные механизмы для раздачи кормов (кормораздатчики) классифицируют на мобильные и стационарные.

Мобильные кормораздатчики наиболее эффективны при скармливании силоса или сенажа, поскольку исключаются затраты труда на перевалочные операции. Мобильные раздатчики доставляют корма в помещение и сами же раздают их. Они приводятся в действие от двигателей внутреннего сгорания или электродвигателей. Радиус действия электромобильных раздатчиков ограничен длиной питающего кабеля или троллеев.

Среди мобильных раздатчиков представляет интерес КТУ-10А, выполненный в виде двухосного прицепа с приводом от ВОМ трактора. Этот раздатчик используют для транспортирования и раздачи грубых, зеленых и сочных кормов. Его раздающее устройство включает в себя два бitera, выгрузной и наклонный дополнительный (для выгрузки корма в высокие кормушки) транспортеры. Норма выдачи кормов и направление движения подающего транспортера изменяются кривошипно-шатунным механизмом. Раздатчик может быть легко переоборудован для раздачи корма на обе стороны.

При откорме скота на площадках применяют мобильные раздатчики-смесители. Они позволяют раздавать животным корм в виде смесей. Эти кормораздатчики агрегируют с тракторами или монтируют на шасси автомобиля. Мобильная кормораздача не автоматизируется, ею управляет оператор (водитель).

При доставке корма на прицепных тележках важны измерение общей массы корма и обеспечение заданного соотношения между различными компонентами корма, загружаемыми обычно с помощью погрузчика. Массу корма можно определять силоизмери-

тельными элементами, посредством которых корпус тележки крепят к шасси трактора (автомобиля). Все компоненты корма загружают последовательно до получения светового сигнала о готовности дозы. Более совершенна автоматизированная система, когда масса очередного компонента корма корректируется, исходя из массы предыдущего, специальным вычислительным устройством, выдающим предупредительный сигнал при загрузке 90 % дозы очередного компонента и сигнал об окончании загрузки, когда вся доза погружена в тележку.

Стационарные раздатчики кормов (а также и транспортеры) в зависимости от типа рабочего органа делят на скребковые, ленточные и шнековые.

Скребковый раздатчик представляет собой бесконечную цепь со скребками, перемещающую корм внутри желоба. Такой раздатчик используют для транспортирования корнеклубнеплодов, силоса, грубых кормов и зерна. В зависимости от особенностей конструкции корм перемещается верхней или нижней ветвью раздатчика. Производительностью скребкового раздатчика управляют, изменяя скорость движения цепи.

Ленточный раздатчик представляет собой бесконечную ленту из прорезиненного материала, перемещающую корм горизонтально или под небольшим углом, зависящим от сыпучести корма. Производительность ленточного раздатчика регулируют, изменяя скорость движения ленты.

Шнековый раздатчик состоит из кожуха и вращающегося внутри него рабочего винта, перемещающего корм (корнеклубнеплоды, силос и т. д.). Производительность шнекового раздатчика регулируют, изменяя частоту вращения рабочего винта.

Способы автоматизации стационарных раздатчиков кормов рассмотрим на примере раздатчика типа РВК, предназначенного для раздачи кормов всех видов, кроме жидких, на фермах КРС. Рабочий орган этого раздатчика в зависимости от исполнения представляет собой ленту или скребковое полотно.

Корм из бункера равномерно транспортируется в кормушки с помощью электропривода M (рис. 11.1). Кнопкой $SB2$ включается реле времени $KT1$, которое своими контактами включает звуковую сигнализацию HA и с выдержкой времени магнитный пускатель $KM1$ электропривода M . При заполнении кормушки по всей длине срабатывает конечный выключатель $SQ1$, который отключает кормораздачу. Перед началом следующего кормления кнопкой $SB3$ включается реле $KT2$, которое аналогичным образом включает звуковой сигнал HA и с выдержкой времени магнитный пускатель $KM2$. Электропривод M возвращает ленту в исходное положение до размыкания контактов конечного выключателя $SQ2$. При этом лента очищается от остатков корма.

Методы приготовления и раздачи кормов на крупных комплексах по откорму молодняка КРС зависят от возраста животных.

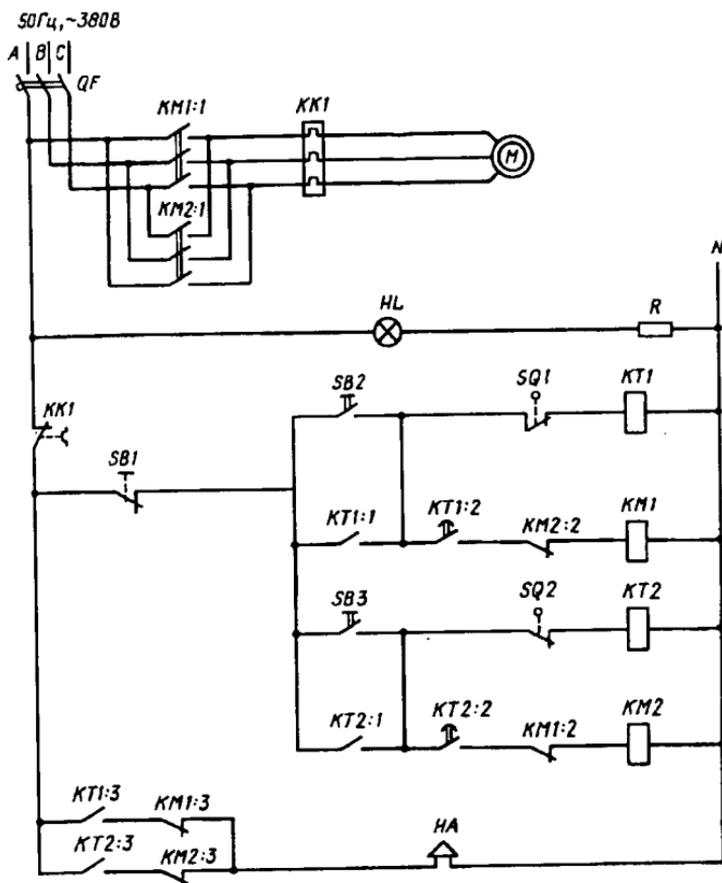


Рис. 11.1. Принципиальная электрическая схема раздатчика кормов РВК-Ф-74

Телята первого периода откорма питаются сухим комбикормом, который подается канатно-дисковым транспортером из центральных бункеров в промежуточные, откуда секционные транспортеры перегружают его в бункера-кормушки, установленные в стойлах. Предохранительное устройство приводной станции каждого транспортера отключает электродвигатель при обрыве или чрезмерной натяжке троса. Раздача корма по промежуточным бункерам может быть автоматизирована. Загрузку бункера контролируют силоизмерительным элементом.

Молодняк второго периода откорма питается смесью комбикорма и сенажа, приготовляемой в специальном помещении (кормоцехе) и раздаваемой по отдельным помещениям по системе пневмоприводов (рис. 11.2). Сенаж из хранилища подается на лен-

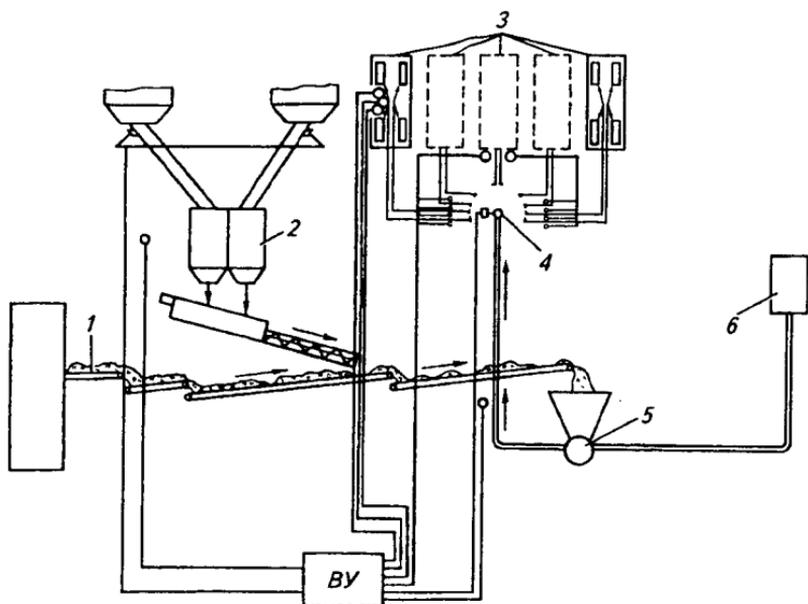


Рис. 11.2. Схема управления приготовлением и раздачей кормов на комплексе по откорму молодняка КРС:

1 — ленточный транспортер; 2 — бункер-дозатор; 3 — помещения; 4 — распределитель; 5 — ротационный питатель; 6 — компрессор

точный транспортер 1 для смешивания с комбикормом, поступающим из спаренного бункера-дозатора 2. Приготовленная смесь поступает в ротационный питатель 5, а затем воздушным потоком, создаваемым компрессором 6, — в распределитель 4, направляющий ее в отдельные помещения 3 по системе надземных пневмопроводов.

В коровнике пневмопровод заканчивается двухпозиционным распределителем, направляющим кормовую смесь в один из двух циклонов, где ее скорость снижается, а воздух отводится в специальные рукава. Корм сыпается на скребковый транспортер и перемещается по всей длине кормушки.

Система управления приготовлением, транспортированием и раздачей кормовой смеси, реализованная в виде вычислительного устройства (ВУ), которое обеспечивает программное управление механизмами всей технологической линии, а также суточный и месячный учет расходуемого комбикорма и сенажа с выводом результатов на печать. Программу составляют в соответствии с зоотехническими требованиями.

Для раздачи кормов свиньям также используют мобильные и стационарные раздатчики, в том числе и кормораздатчик-смеси-

тель типа КС для раздачи влажных кормовых смесей на небольших свинофермах. Мобильность кормораздатчика-смесителя КС (рис. 11.3, а) ограничено, поскольку он перемещается только по рельсовому пути, проложенному вдоль кормушек. Тележка и рабочие органы кормораздатчика приводятся в действие от четырех автономных электродвигателей.

Компоненты влажной кормовой смеси загружают в бункер 4. При этом разравниватель 5 равномерно распределяет корм по бункеру, а мешалки 6 и 7 перемешивают его. По завершении процесса перемешивания заслонки дозирующих устройств 3 с помощью штурвалов вручную останавливают в положение, соответствующее заданной дозе корма. Нажимают кнопку *SB3:2* (рис. 11.3, б), и тележка приходит в движение (от двигателя *M2*). Как только выгрузные отверстия шнеков 2 окажутся над кормушками, оператор нажимает педаль тормоза, размыкаются контакты конечного выключателя *SQ1*, отключается тяговый двигатель *M2* раздатчика и под действием ленточного тормоза он останавливается. Механизм раздачи корма включают кнопками *SB4:2* и *SB5:2* (двигатели *M3* и *M4*); при этом раздача корма может осуществляться и в одну кормушку, и в обе одновременно.

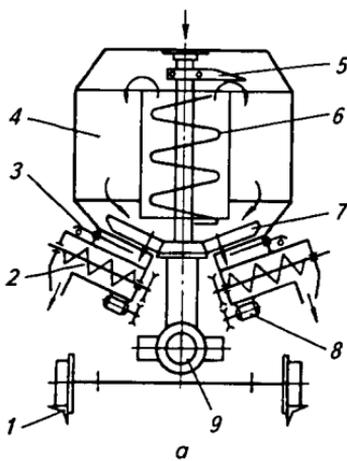
При отпуске педали тормоза тяговой двигатель включается вновь, уже без нажатия кнопки «Пуск», поскольку она шунтирована контактами магнитного пускателя *KM5* (*KM6*). Если на пути движения раздатчика встречается препятствие, то специальное устройство (шуп) действует на конечный выключатель *SQ2*, контакты которого разрывают цепи питания контакторов тягового двигателя. После опорожнения бункера кнопкой *SB3:1* останавливают тяговый двигатель, кнопками *SB4:1* и *SB5:1* — шнеки и затем кнопкой *SB3:3* переключают тяговый двигатель на обратный ход.

На крупных свинокомплексах животных кормят комбикормом, разбавляемым водой в соотношении 1:3. Поросят-отъемышей кормят сухим комбикормом.

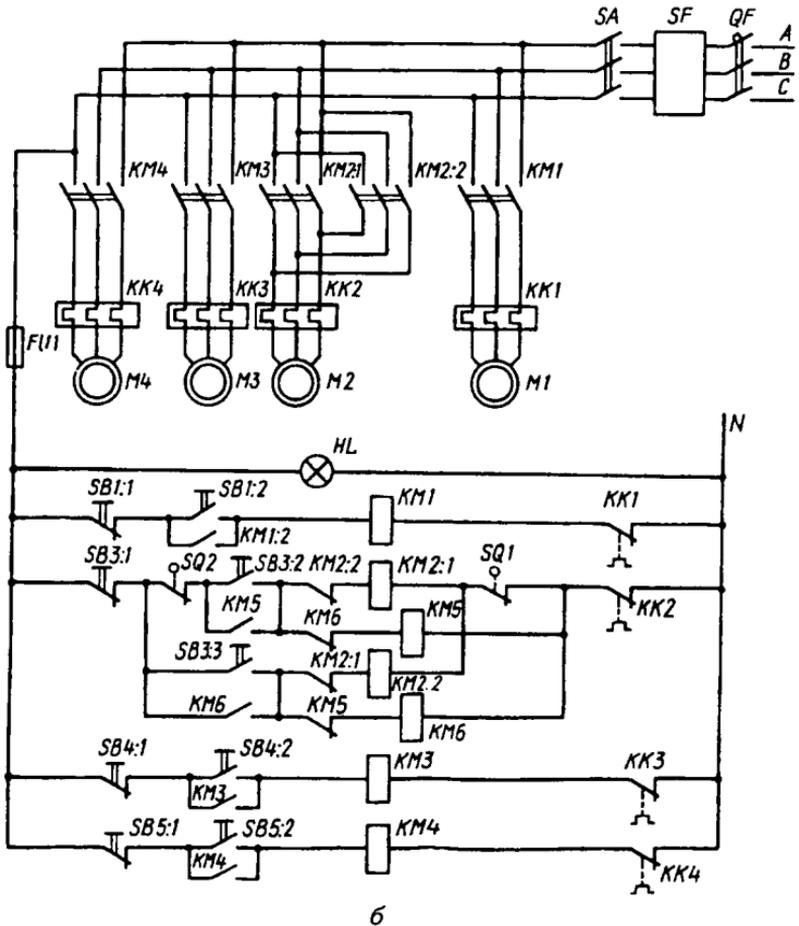
Автоматизированная система приготовления и раздачи кормов (рис. 11.4) рассчитывает компоненты кормовой смеси, дозирует их и раздает готовый корм в соответствии с заданной программой. Система выполняет управляющие и информационные функции. К управляющим функциям относится вся последовательность команд, обеспечивающих нормальный ход ТП и защиту механизмов в случае его нарушения. Информационные функции системы предоставляют оператору возможность контроля за ходом ТП. В числе информационных каналов: индикация рекомендуемого рецепта корма и количество подаваемых комбикормов и воды, информация о количестве корма, поступившего в каждую кормушку, о состоянии ИМ системы.

Работа системы начинается с установки оператором необходимых количеств комбикорма и воды. После нажатия кнопки «Пуск» вся последующая цепь операций выполняется по команде

Рис. 11.3. Конструкция (а) и принципиальная электрическая схема (б) кормораздатчика-смесителя КС-1,5:



1 — рельсовый путь; 2 — выгрузной шнек; 3 — дозирующее устройство; 4 — бункер; 5 — разравниватель; 6, 7 — шнековая и лопастная мешалки; 8 — привод выгрузного шнека; 9 — мотор-редуктор



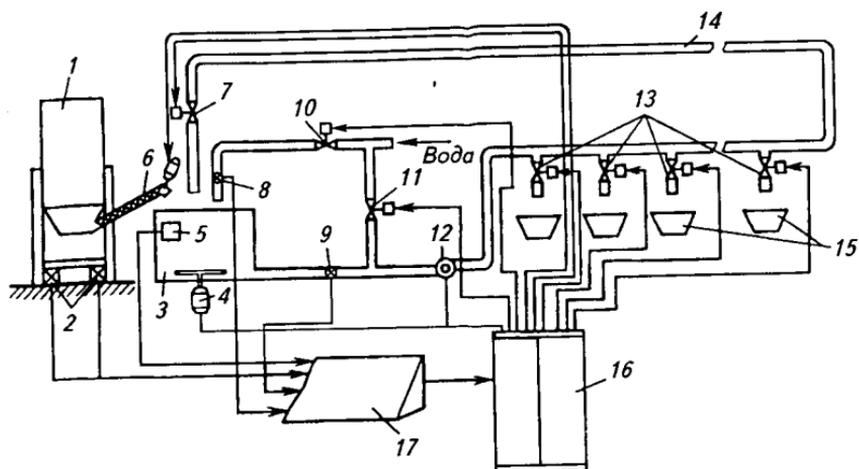


Рис. 11.4. Технологическая схема автоматизации приготовления и раздачи жидких кормов:

1 — бункер; 2 — тензометрические преобразователи массы; 3 — смеситель; 4 — двигатель мешалки; 5 — датчик температуры корма; 6 — шнек подачи комбикорма; 7, 10, 11, 13 — клапаны; 8 — расходомер воды; 9 — расходомер корма; 12 — насос; 14 — кормопровод; 15 — кормушки; 16 — шкаф управления; 17 — микроконтроллер

микроконтроллера 17: открывается клапан 10 подачи подогретой до 40 °С воды, а спустя несколько минут включаются шнек 6 подачи комбикорма из бункера в ванну и привод 4 мешалки.

Подача воды и комбикорма автоматически прекращается после выдачи заданных доз, а привод мешалки продолжает работать до окончания процесса раздачи корма. Система выдает информацию о количестве поданной в ванну воды (расходомер 8), массе комбикорма в бункере (тензометрические преобразователи 2) и температуре корма (в случае ее отклонения от нормы включается сигнализация).

Раздача приготовленного корма начинается по команде оператора. В соответствии с программой кормления микроконтроллер выдает команды на открытие клапана 7 и включение насоса 12. Так начинается процесс заполнения кормопровода 14, по окончании которого закрывается клапан 7 и открывается клапан 13 для подачи корма в первую кормушку. Доза поступившего в кормушку корма измеряется расходомером 9, выходной сигнал которого через аналого-цифровой преобразователь подается в микроконтроллер, и, когда поступившая доза корма сравнивается с заданной, клапан первой кормушки закрывается, а клапан подачи корма во вторую кормушку открывается. Процесс подачи корма отражается на специальном индикаторе с указанием номера кормушки и количества загружаемого корма. В случае опорожнения ванны-смесителя система переходит в режим «Ожидание» на время, когда

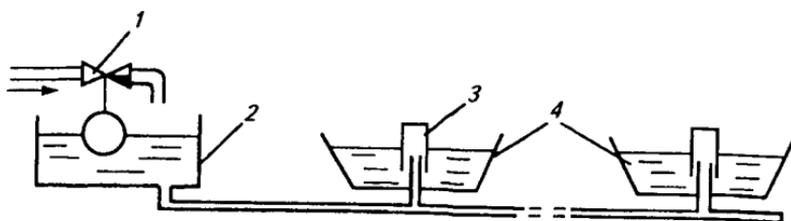


Рис. 11.5. Поилка для КРС:

1 — регулятор уровня; 2 — напорный бачок; 3 — клапан; 4 — чаши поилок

будет готовиться новая порция корма, после чего его раздача возобновляется. По окончании цикла раздачи корма во все кормушки блок 17 передает команду на промывание кормопровода и заполнение его водой до начала следующего цикла кормления.

Рассмотренные системы управления поточной линии стационарных кормораздатчиков сухих и влажных кормов типичны для многих механизмов. Все эти системы должны обеспечить следующее: последовательность включения машин и механизмов в порядке, обратном направлению движения корма в линии, чтобы исключить «завал» машин кормом; останов линий в требуемой последовательности в случае аварийной остановки одной из машин; контроль и сигнализацию работы механизмов.

Автоматизация поения. Для поения животных используют индивидуальные и групповые поилки. Одной индивидуальной поилки достаточно для 9...15 животных. Групповая поилка для наружной установки оборудована системой электроподогрева (мощностью до 1 кВт) и предназначена для обслуживания до 200 животных. Такая поилка работает по принципу сообщающихся сосудов. Поплавковый регулятор уровня 1 (рис. 11.5) поддерживает заданный уровень воды в чашах 4 поилок. При опорожнении одной из поилок вода в нее из соседней не переливается благодаря клапану 3. Этим уменьшается опасность передачи инфекции от одного животного к другому.

11.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОЗИРОВАНИЯ КОРМА И УЧЕТА ПРОДУКЦИИ

Особенность рассмотренных в этой главе устройств — их непригодность для индивидуальной раздачи кормов. В то же время индивидуальная раздача кормов, особенно концентрированных, имеет большие преимущества, такие, как экономный расход корма и увеличение продуктивности животных на 10...15%. Наиболее распространена индивидуальная раздача кормов на доильной площадке.

Существуют также системы раздачи кормов в коровниках с использованием специальных автоматических кормовых станций. Управление этими системами может быть ручное, программное или автоматическое. Системы дозирования кормов в местах содержания животных рекомендуются для высокопродуктивных коров. С помощью автоматической кормовой станции можно организовать выдачу концентрированных кормов небольшими дозами в течение суток, когда животное само подходит к кормушке (кормовой станции).

Очевидно, индивидуальная раздача кормов требует выполнения ряда условий: идентификация животного, измерение его продуктивности и наличие управляемого дозирующего устройства.

Автоматическая идентификация животного. Ее осуществляют с помощью радиотехнического устройства — датчика, закрепляемого в ухе или на специальном ошейнике (рис. 11.6, а). Наиболее

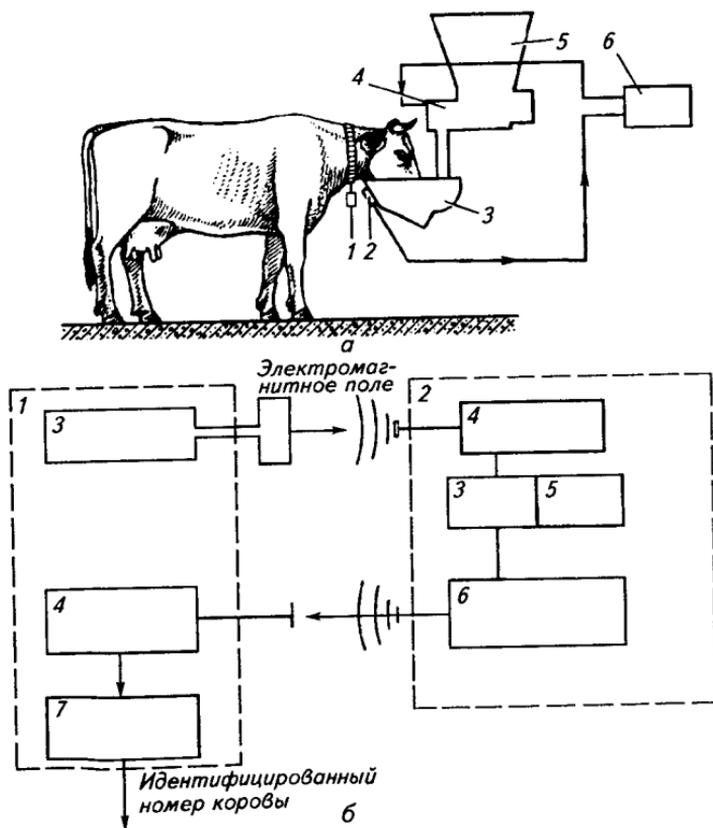


Рис. 11.6. Автоматизированная система индивидуального кормления КРС:

а — технологическая схема системы: 1 — транспондер; 2 — приемно-передающее устройство; 3 — кормушка; 4 — дозатор; 5 — бункер; 6 — микроЭВМ; б — функциональная схема: 1 — идентифицирующее устройство; 2 — транспортер; 3 — генератор электромагнитных волн; 4 — приемное устройство; 5 — блок памяти; 6 — передающее устройство; 7 — декодирующее устройство

удачной конструкцией такого датчика является трансподер, объединяющий в одном корпусе приемное и передающее устройства (рис. 11.6, б). Питание схемы трансподера осуществляется через приемную ферритовую антенну от генератора, входящего в состав идентифицирующего устройства. Передающее устройство вырабатывает последовательность импульсов в соответствии с индивидуальным кодом, заложенным в памяти трансподера. Этот сигнал излучается передающим устройством на фиксированной частоте, принимается идентифицирующим устройством, декодируется и используется управляющим устройством системы автоматического кормления в качестве идентификатора животного.

Автоматическое измерение продуктивности животного. Оно может быть выполнено различными устройствами, в том числе устройством, действующим на принципе автоматического дозатора молока, описанного далее.

Более совершенная конструкция молокомера представляет собой сосуд, подвешенный на тензометрическом силоизмерителе. Этот принцип измерения удоя не имеет недостатков, свойственных измерителям объемного типа, — погрешности, вызванной изменением плотности молока из-за его вспенивания, и температурной погрешности. Недостатки конструкции — сложность очистки при промывке доильной установки и необходимость корректировки схемы силоизмерителя.

Автоматическое дозирование корма. В зависимости от уровня автоматизации процесса дозирования управление дозаторами может быть ручное, полуавтоматическое или автоматическое. При ручном управлении процессом дозирования командует оператор. При полуавтоматическом дозировании оператор использует счетчики порций, устройства для подачи корма в дозатор и другие вспомогательные механизмы. При полной автоматизации процесса дозаторы работают по разомкнутому циклу, выполняя функции ИМ, отмеряющих заданное количество корма независимо от изменения его параметров, или по замкнутому циклу, когда изменение выдачи материала происходит в соответствии с командой регулирующего устройства.

Конструкция дозаторов зависит от вида дозируемого корма. Для дозирования сухих рассыпных кормов применяют барабанные, тарельчатые, ленточные и шнековые дозаторы.

В барабанном дозаторе рабочим органом является ячеистый барабан, состоящий из нескольких звездочек 1 (рис. 11.7, а), разделенных дисками 2. Форма поперечного сечения звездочек зависит от физико-механических свойств корма. Побудитель 3 обеспечивает равномерное распределение корма по образующей барабана. Объем выдаваемого продукта прямо пропорционален частоте вращения барабана.

Тарельчатый дозатор работает следующим образом. Корм поступает в приемный бункер 1 (рис. 11.7, б) дозатора, в конической

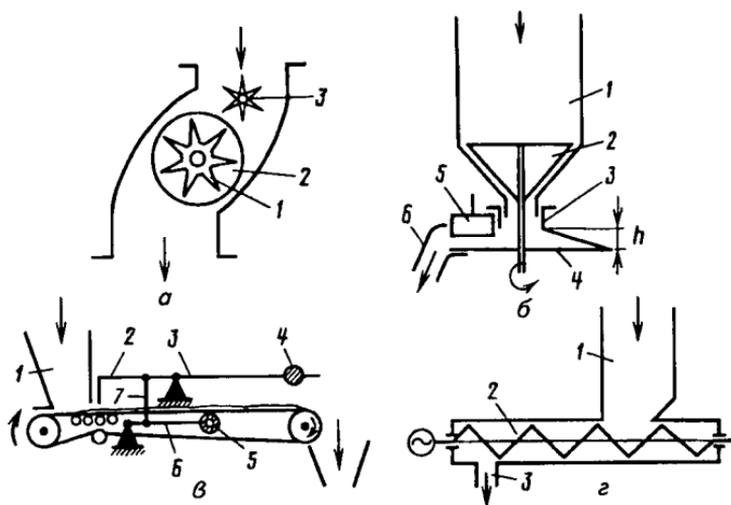


Рис. 11.7. Схемы дозаторов концентрированных кормов:

а — барабанный: 1 — звездочка; 2 — диск; 3 — побудитель расхода; б — тарельчатый: 1 — бункер; 2 — рыхлитель; 3 — подвижный патрубок; 4 — вращающийся диск; 5 — скребок; 6 — отводный лоток; *в* — ленточный: 1 — приемный ковш; 2 — регулирующий элемент; 3 — коромысло; 4 — груз; 5 — ролик; 6 — рычаг; 7 — тяга; *г* — шнековый: 1 — приемный бункер; 2 — рабочий винт; 3 — выгрузное отверстие

части которого вращается рыхлитель 2. В нижней части бункера 1 установлен подвижной патрубок 3, положение которого определяет интенсивность поступления корма на вращающийся диск 4. При вращении диска скребок 5 сбрасывает корм в отводной лоток 6. Производительность дозатора регулируют, перемещая подвижной патрубок и скребок или изменяя частоту вращения диска.

Ленточный дозатор предназначен для непрерывного дозирования по объему или массе. Дозируемый корм поступает в приемный ковш 1 (рис. 11.7, в), из которого вытекает на ленту транспортера слоем, толщина которого устанавливается автоматически с помощью шибера, закрепленного на коромысле 3 весов с грузом 4. Лента транспортера опирается на ролик 5. При увеличении нагрузки на ленту ролик 5 опускается и через систему рычаг 6 — тяга 7 воздействует на коромысло 3 весов, уменьшая толщину слоя корма на ленте дозатора. Возможные способы регулирования производительности — перемещение груза 4 по коромыслу 3 весов или изменение скорости движения ленты.

Шнековый дозатор работает по принципу объемного дозирования. Корм поступает в приемный бункер 1 (рис. 11.7, г) и перемещается рабочим винтом 2 к выгрузному отверстию 3. Производительность шнекового дозатора регулируют, изменяя частоту вращения винта.

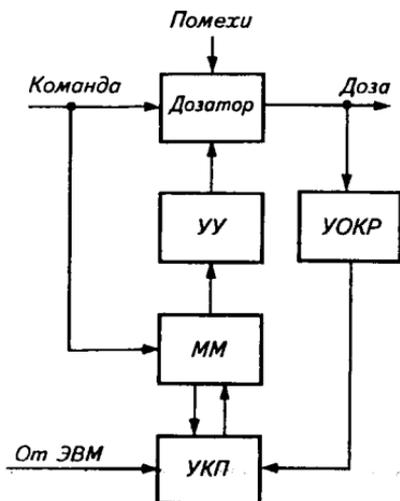


Рис. 11.8. Функциональная схема системы автоматической настройки дозатора. Условные обозначения:

УУ — устройство управления; УОКР — устройство оценки качества работы; ММ — математическая модель; УКП — устройство коррекции параметров ММ

Рассмотренные устройства, кроме ленточного дозатора с весоизмерительным устройством, не обеспечивают постоянной производительности при изменении физических свойств корма. С этой целью применяют автоматическую настройку дозатора по его математической модели (рис. 11.8).

Команда на изменение производительности дозатора обрабатывается на его математической модели (ММ), и перенастройка дозатора происходит с помощью управляющего устройства (УУ). Специальное устройство (УОКР) оценивает качество работы дозатора (например, по массе дозируемого корма) и постоянно корректирует параметры его математической модели. В случае необходимости перенастройка дозатора может быть проведена по команде СУ более высокого уровня.

Автоматическое взвешивание животных. Периодическое взвешивание животных (особенно свиней) — необходимое условие постоянного контроля процесса откорма. Однако обычные пружинные весы не дают точного результата, поскольку животные ведут себя беспокойно и стрелка весов не устанавливается.

Существуют системы полуавтоматического взвешивания, обслуживаемые одним человеком. Дверцы, управляемые автоматически, направляют животных в весовую клетку. Сигнал от силового элемента весовой клетки дешифрируется и усредняется в течение 2...3 с, после чего выводится на табло. Точность измерения ($\pm 1\%$) достаточно высокая, если учесть, что в течение дня масса свиньи изменяется на 5% (потребление корма, дефекация и т. д.). Коров можно взвешивать в движении, поскольку имеется регулярная схема их перемещения, связанная с доением. При этом животное идентифицируется и результаты взвешивания выводятся на печать.

Длину весовой клетки выбирают такой, чтобы на ней поместилось только одно животное. Если же на платформе оказывается два животных, то результат измерения не учитывают.

11.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИННОГО ДОЕНИЯ КОРОВ

Машинное доение повышает производительность труда в 2...5 раз, но предъявляет особо жесткие требования к соблюдению технологического режима. Так, при пониженном вакууме коровы могут полностью не выдоиться, а при повышенном — увеличивается опасность заболевания маститом; при большом разрыве между подмыванием вымени и началом доения уменьшается полнота выдаивания и т. д. Следует иметь в виду, что молокоотдача животного неравномерна, а задержка с отключением вакуума и снятием стаканов также увеличивает вероятность заболевания маститом.

Особенность автоматизации доильных установок зависит от их назначения — для доения в стойлах (установки типа АДМ, АД, ДАС) и в специальных залах (УДТ, УДА, УДЕ).

Доильный агрегат с молокопроводом АДМ-8А обеспечивает кроме собственно выдаивания животных транспортирование молока в молочное отделение, индивидуальный и групповой учет удоя 50 животных, фильтрацию, а также охлаждение и сбор молока в емкости для хранения.

Конструкция установки АДМ-8А предусматривает автоматические регулирование вакуума, измерение (дозирование) удоя, промывку и дезинфекцию молочной линии по окончании доения. Рассмотрим конструкцию и принцип действия этих автоматических устройств. Они работают за счет вакуума.

Автоматический регулятор вакуума представляет собой регулятор прямого действия, настраиваемый на разрежение 45 кПа. При включении вакуум-насоса перепад давления, действующий на клапан 1 (рис. 11.9, а), уравновешивается набором грузов 8, подвешенных на пружине 4. При изменении давления в вакуум-проводе 2 клапан 1 опускается или поднимается вверх, уменьшая или увеличивая подсос атмосферного воздуха между корпусом и клапаном. Через прозрачный колпак 5 регулятора по положению грузов можно оценить запас производительности вакуум-насоса. Для гашения колебаний регулирующего органа служат две демпфирующие шайбы, соединенные с грузом и погруженные в слой масла таким образом, чтобы между ним и грузом оставался зазор 8...12 мм.

Производительность воздушной системы можно оценить по количеству инжектируемого воздуха, измеряемому флажковым индикатором 3. Прозрачный корпус индикатора имеет три метки, соответствующие потоку воздуха 5, 10 и 15 м³/ч. В общем случае вакуум поддерживается более стабильным, если такты сосания и сжатия всех четырех сосков не совпадают или хотя бы объединены попарно.

Перспективным считают программное управление величиной вакуума, частотой пульсации и соотношением тактов пульсаций в процессе доения. Например, в начале и конце доения устанавли-

вают вакуум 35 кПа и частоту пульсаций 48 Гц, а в основное время — 50 кПа и 60 Гц.

Автоматический дозатор молока рассчитан на измерение удоя группы коров, закрепленных за одним дояром. Дозатор работает в следующих режимах.

1. *Наполнение мерной камеры.* Молоко поступает в мерную камеру 8 через молокоприемник 4 и шайбу 6. По мере наполнения камеры 8 поплавок 5 всплывает и отсекает мерную камеру 8 от молокоприемника 4. При этом отверстие 3 сообщается внутренней полостью трубки 10 с атмосферой, а сильфон 2 под давлением атмосферного воздуха переключает счетчик 1.

2. *Опорожнение мерной камеры.* Под давлением атмосферного воздуха молоко из мерной камеры 8 вытесняется в молокосорбник 9. По мере опускания поплавка отверстие 3 разобщается с атмосферой, вакуум в молокосорбнике восстанавливается и начинается новый цикл заполнения мерной камеры.

Погрешность дозатора $\pm 1,5\%$ при производительности 12 кг/мин.

Групповой счетчик молока действует по аналогичному принципу, заключающемуся в попеременном заполнении молоком качающегося лотка при его повороте вокруг своей оси (рис. 11.9, в). При каждом двойном ходе рычажного устройства срабатывает

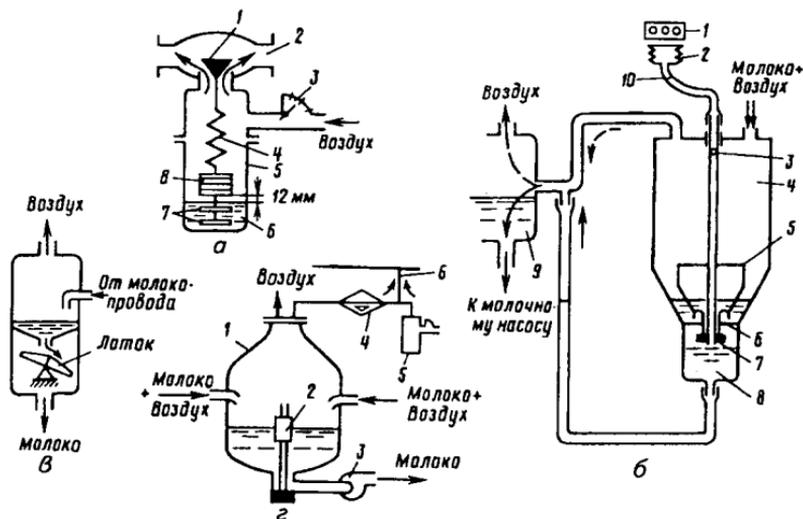


Рис. 11.9. Аппаратура автоматизации доильных установок:

а — регулятор вакуума: 1 — клапан; 2 — вакуум-провод; 3 — индикатор количества инжектируемого воздуха; 4 — пружина; 5 — прозрачный колпак; 6 — масло; 7 — демпфирующие шайбы; 8 — груз; б — автоматический дозатор молока: 1 — счетчик; 2 — сильфон; 3 — отверстие; 4, 9 — молокоприемники; 5 — поплавок; 6 — шайба; 7 — клапан; 8 — мерная камера; 10 — трубка; в — групповой счетчик молока: 2 — автоматическое управление молочным насосом: 1 — молокоприемник; 2 — поплавок; 3 — молочный насос; 4 — предохранительная камера; 5 — регулятор вакуума; 6 — вакуум-провод

магнитоуправляемый контакт (геркон) счетного прибора, измеряющего удой по объему лотка и числу срабатываний контактов. Более точные результаты, не зависящие от температуры молока, получают при использовании устройств для взвешивания молокоприемников. В качестве силоизмерительного органа используют тензометрическую балку.

На крупных молочных комплексах учет молока ведут по числу включений молочного насоса (рис. 11.9, з). Молочно-воздушная смесь из двух ветвей молокопровода поступает в воздухоразделитель (молокоприемник), представляющий собой стеклянную емкость *1* вместимостью 50 л, соединенную с предохранительной камерой *4* и вакуумным регулятором *5*. Предохранительная камера *4* предотвращает попадание молока в вакуум-провод *6* при отказе молочного насоса *3*.

По мере заполнения сосуда молокоприемника всплывает поплавок *2*, в который вмонтирован постоянный магнит. Последний управляет несколькими герконами, установленными на высоте, соответствующей дозе 5, 10 и 15 л. При наборе соответствующей дозы молока контакты геркона замыкаются и включается молочный насос *3*. После откачки дозы молока насос автоматически отключается. Процесс повторяется.

Автомат промывки обеспечивает выполнение целого ряда операций, в том числе прополаскивание молокопроводов холодной водой перед доением, циркуляционную промывку и дезинфекцию этих путей по окончании доения, прополаскивание молокопроводов теплой водой в конце цикла промывки, просушку молокопроводов теплым воздухом после удаления остатков моющих растворов, кратковременное включение молочного насоса в конце просушки для удаления остатков воды из молокосорника и, наконец, отключение вакуум-насоса и командного аппарата.

Автоматизированные установки для доения коров «Тандем» (УДА-8А) и «Елочка» (УДА-16А) в целом унифицированы между собой, но различаются конструкцией станков.

Установки «Тандем» комплектуют индивидуальными доильными станками, а установки «Елочка» — групповыми станками, что позволяет выпускать коров после выдаивания группой и выдавать концентрированные корма одинаковыми порциями. Это рационально лишь при специально подобранном по продуктивности стаде. Установка «Тандем» рекомендуется для доения коров на племенных фермах с неоднородным по продуктивности стадом. Она имеет индивидуальные станки, расположенные по четыре с каждой стороны рабочей траншеи доильного зала. Каждый станок состоит из входной и выходной дверей, кормушки и шнекового дозатора комбикормов. Комбикорм к каждому дозатору подается канатно-дисковым транспортером.

Доильную установку «Елочка» применяют на молочных фермах и комплексах как с беспривязным, так и с привязным содержанием

ем коров, которые подобраны в группы по интенсивности молокоотдачи и продуктивности.

Технологический процесс доения на установках УДА-8А и УДА-16А включает в себя следующие операции:

подготовку доильной установки к доению, заключающуюся в загрузке комбикорма в дозаторы-накопители, преддоильном ополаскивании молокопроводов и доильной аппаратуры, переводе доильных аппаратов из положения ополаскивания в положение доения и включения в работу вакуумных установок;

впуск коровы (УДА-8А) или группы коров (УДА-16) в доильный станок, включение дозаторов комбикормов;

обмыв вымени из pistolетных распылителей, обтирание его полотенцем, сдаивание первых струек молока в специальную посуду и контроль состояния сосков;

включение доильного аппарата и надевание доильных станков на соски вымени, доение, машинное додаивание;

отключение аппарата и снятие доильных станков;

выпуск коровы (коров) из доильного станка;

учет удоя от каждой коровы и взятие проб молока (при каждом доении или только при контрольном — в зависимости от исполнения установки);

фильтрацию, охлаждение и транспортирование молока в емкость для хранения;

циркуляционную промывку и дезинфекцию молокопроводов и доильной аппаратуры после доения.

Манипулятор МД-Ф-1 облегчает операции по надеванию доильных стаканов, обеспечивает контроль за интенсивностью доения, автоматическое додаивание, отключение аппарата от вакуумной линии, снятие доильных стаканов с сосков вымени и вывод доильного аппарата из-под коровы.

Основной функциональный узел автомата управления (рис. 11.10) — пневмодатчик 7. В исходном положении головка 14 упирается в скобу 6 и малые дозы молока поступают в камеру датчика, откуда выливаются через калиброванное отверстие 11 в молокопровод 9. При нарастании потока молока поплавок 12 всплывает и освобождает скобу 6, которая под действием собственной массы откидывается вправо. С этого момента начинается автоматический контроль за процессом доения. Основная часть молока вытекает через обводной канал в молокопровод. При уменьшении интенсивности потока до 400 г/мин молоко успевает вытечь через калиброванное отверстие 11, поплавок и укрепленная на нем головка опускаются вниз, открывая отверстие канала штуцера 1 (рис. 11.11) головки цилиндра 2 (см. рис. 11.10) дооя, который через рычаг манипулятора оттягивает стаканы вниз, обеспечивая механическое додаивание. При снижении потока до 200 г/мин поплавок опускается еще ниже, клапан 13 отключает доильные стаканы от вакуума (молокопровода), штуцер 1 (см. рис. 11.11) сооб-

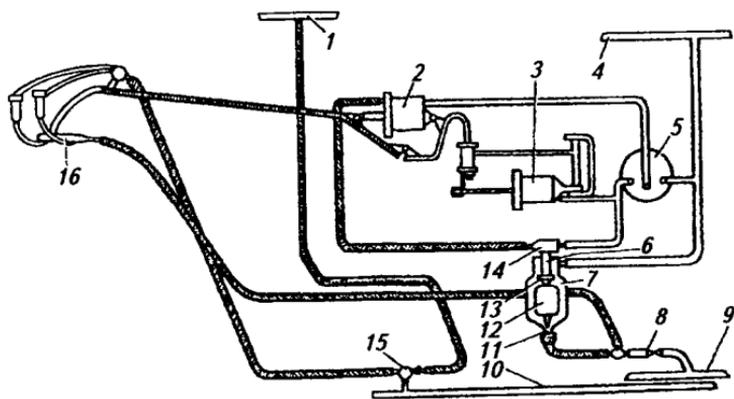


Рис. 11.10. Схема управления доильным аппаратом с манипулятором МД-Ф-1:

1 — воздуховод чистого воздуха; 2 — цилиндр дояря; 3 — цилиндр вывода доильного аппарата из-под коровы; 4 — вакуум-провод; 5 — кран; 6 — скоба; 7 — пневмодатчик; 8 — зажим; 9 — молокопровод; 10 — технологический вакуум-провод; 11 — калибровочное отверстие; 12 — поплавок; 13 — клапан; 14 — головка; 15 — пульсатор; 16 — доильный аппарат

шается с атмосферой. Штуцер II головки подключает вакуум к пневмоцилиндрам манипулятора, доильные стаканы снимаются и выводятся из-под коровы. Устанавливается манипулятор на вертикальной стойке стакана или специально монтируемой опоре.

На рисунке 11.11 пневмодатчик изображен в четырех положениях: исходном (а), когда головка упирается в скобу; в начале контроля за доением (б), когда интенсивность молокоотдачи максимальна; в режиме додаивания (в); в момент окончания доения и снятия доильных станков (г). Кран 5 (см. рис. 11.10) служит для принудительного подъема и поддержания доильных стаканов при их одевании на соски.

Заданный вакуум в доильных аппаратах и всей системе доильной установки поддерживается вакуумными регуляторами прямого действия, устройство которых рассмотрено ранее.

Мировой уровень механизации ТП в животноводстве достиг полной автоматизации процесса доения. Главная операция при этом — автоматическое надевание доильных стаканов. Существует несколько конструкций роботов, выполняющих данную операцию. Механическая рука подводит аппарат под животное, а затем поочередно одевает стакан за стаканом. Положение сосков каждого животного находится в памяти доильного робота, а точная «наводка» стаканов обеспечивается прецизионными ультразвуковыми или оптическими датчиками. Один такой робот обслуживает до 40 животных.

Полная автоматизация процесса доения позволяет перейти к четырехразовому доению, что увеличивает удой.

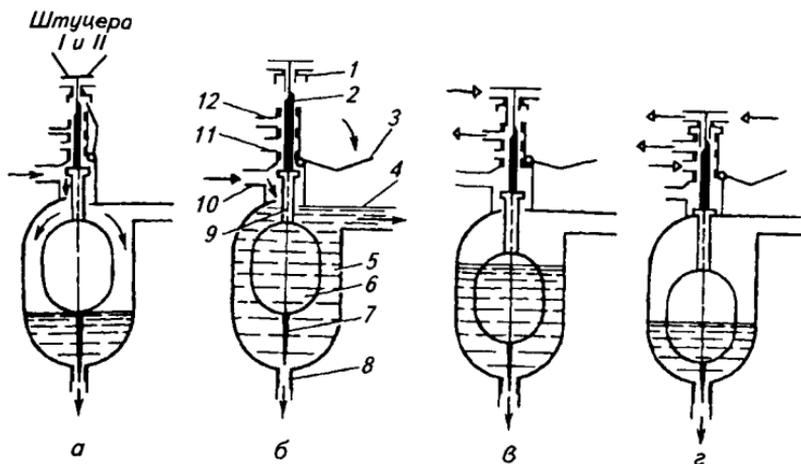


Рис. 11.11. Схема работы пневмодатчика манипулятора:

а — исходное положение; *б* — начало контроля за доением; *в* — додавание; *г* — снятие доильного аппарата; 1 — головка пневмодатчика; 2 — плунжер; 3 — скоба; 4 — штуцер переливной; 5 — корпус; 6 — поплавок; 7 — игла; 8 — отверстие слива молока; 9 — клапан; 10 — штуцер входа молока; 11 — воздушное отверстие; 12 — штуцер постоянного вакуума

Заболевание коровы маститом обнаруживается автоматически по появлению сгустков в молоке. Этот способ надежен, но диагностика начала заболевания запаздывает и лечение животного может оказаться неэффективным. Обнаружено, что температура молока, выдоенного из инфицированного вымени, увеличивается на 2°C . Более перспективна диагностика заболевания по электрической проводимости молока или по концентрации ионов Na и Cl . С целью автоматического контроля заболевания маститом можно сравнивать температуру молока в каждой четверти вымени, чтобы избежать ошибки в случае повышения температуры молока по другим причинам.

11.5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА

Процесс первичной обработки молока включает в себя операции его очистки, пастеризации при $62\text{--}90^{\circ}\text{C}$, охлаждения до $5\text{--}10^{\circ}\text{C}$. Цель пастеризации — уничтожение содержащихся в молоке микроорганизмов. Последующее за пастеризацией охлаждение позволяет увеличить срок хранения продукта. Охлаждение применяют и как самостоятельную операцию при хранении молока на молочных фермах и комплексах.

Автоматизация пастеризационных установок. Пастеризатор молока представляет собой многосекционный пластинчатый теплообменник, подогреваемый горячей водой, приготовляемой в спе-

циальном контуре, включающем в себя бойлер 9 (рис. 11.12), инжектор 8 и насос 10.

На практике используют разные режимы пастеризации: мгновенный (при 85...90 °С), кратковременный (20 с при 72...76 °С), длительный (300 с при 90 °С). Последний используют для стерилизации молока от больных коров.

Работа установки при пониженных температурах пастеризации расширяет диапазон возможных режимов эксплуатации пастеризатора и снижает скорость образования «пригара» (белковых отложений) на поверхности пластин, требующего периодической разборки и очистки пастеризатора.

В процессе пастеризации молоко проходит последовательно первую секцию 4 регенерации, молокоочиститель 5, вторую секцию 6 регенерации, секцию 7 пастеризации, выдерживатель 12, снова первую и вторую секции регенерации и, наконец, секцию 14 охлаждения. Греющий агент — пар, нагревающий в бойлере воду, используемую затем в секции пастеризации.

Режим пастеризации поддерживается ПИ-регулятором (ТС1), управляющим потоком пара к бойлеру. При температуре пастеризации ниже установленного уровня по команде регулятора-ограничителя (измерительный прибор с регулирующим устройством ТИР2) открывается клапан 11, по линии 13 возвращающий молоко в уравнивательный бак на повторную пастеризацию. Для исключения таких повторных режимов работы может быть использована схема пропорционального уменьшения расхода молока при снижении температуры пастеризации t_p . Эту функцию выполняет

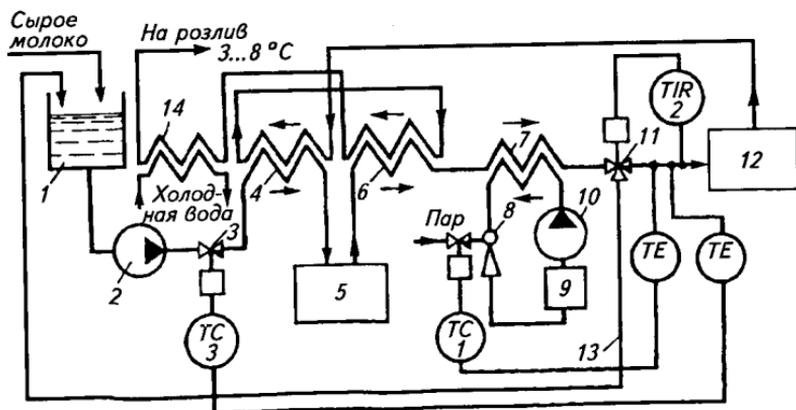


Рис. 11.12. Функциональная схема автоматизации пастеризационной установки:

1 — уравнивательный бак; 2 — молочный насос; 3 — регулирующий клапан; 4, 6 — первая и вторая секции регенерации; 5 — центробежный молокоочиститель; 7 — секция пастеризации; 8 — инжектор; 9 — бойлер; 10 — насос горячей воды; 11 — перепускной клапан; 12 — выдерживатель; 13 — линия возврата непастеризованного молока; 14 — секция охлаждения

П-регулятор (ТСЗ), управляющий регулирующим клапаном 3 на линии молочного насоса 2.

Автоматизация водоохлаждательных установок. Водоохлаждательные установки предназначены для охлаждения воды, используемой на молочных фермах и комплексах при хранении молока в проточных и емкостных охладителях. Для этой цели используют фригаторные и компрессорные холодильные установки.

Фригаторная установка получает холод за счет таяния льда или смеси льда с солью. Талая вода или рассол подается насосом в молочный охладитель, отбирает теплоту от молока и возвращается в оросительную ледовую камеру фригатора. Орошая лед, теплая вода вызывает его таяние. Охлажденная вода вновь подается в охладитель.

Компрессорные установки не требуют зимних заготовок льда и устройств ледоскладов. Они состоят из компрессора, конденсатора, ресивера, теплообменника и терморегулирующего вентиля (ТРВ). Последний является основным элементом автоматизации компрессорных холодильных машин. Терморегулирующий вентиль (рис. 11.13) предназначен для понижения давления (дросселирования) и регулирования расхода жидкого хладагента, поступающего в охладитель из ресивера конденсатора. Как увеличение,

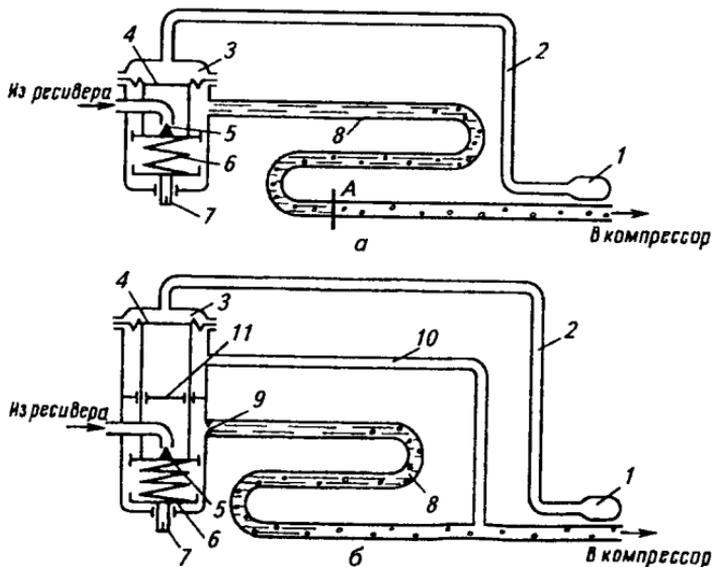


Рис. 11.13. Схема терморегулирующего вентиля с внутренним (а) и внешним (б) выравниванием:

- 1 — термобаллон; 2 — капилляр; 3 — надмембранная камера; 4 — мембрана; 5 — клапан; 6 — пружина; 7 — регулировочный винт; 8 — испаритель; 9 — диафрагма; 10 — уравнивательная трубка; 11 — перегородка

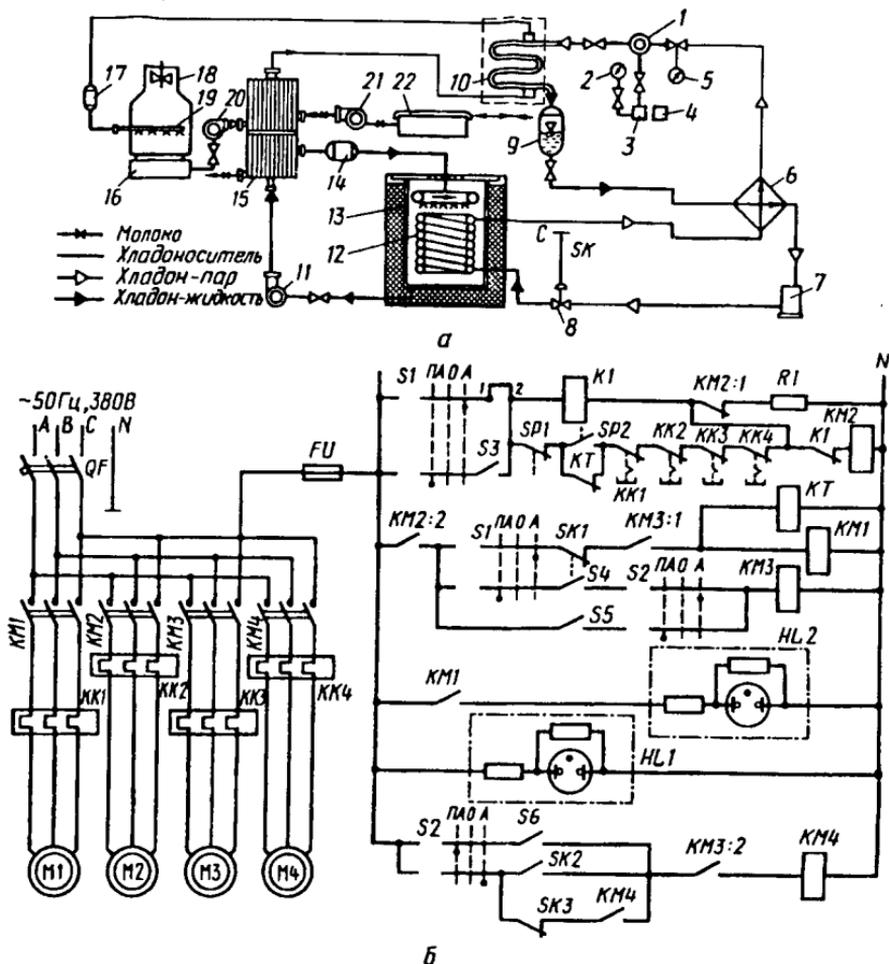
так и уменьшение количества хладагента, поступающего в охладитель, снижает холодильную мощность установки. Переполнение охладителя приводит к тому, что не весь агент успевает испариться и часть его поступает в компрессор в жидком виде. Попадая на горячие стенки цилиндров компрессора в начале цикла всасывания капли хладагента мгновенно испаряются, а образующийся пар занимает значительную часть объема цилиндра, снижая производительность компрессора и установки в целом.

Степень заполнения испарителя хладагентом характеризует температура пара на выходе из него $t_{\text{вых}}$. Чем меньше заполнение испарителя, тем больше перегрев пара на оставшейся части испарителя. При увеличении $t_{\text{вых}}$ возрастает давление в герметичной системе, заполненной тем же хладагентом или другим веществом с низкой температурой кипения и включающей в себя термобаллон 1, капиллярную трубку 2 и камеру 3 между корпусом ТРВ и мембраной 4. Перемещение мембраны вниз увеличивает поступление в испаритель жидкого хладагента из ресивера с помощью дросселирующего клапана 5. Из-за снижения давления жидкий хладагент оказывается перегретым, он вскипает и, постепенно испаряясь, отбирает теплоту у охлаждаемого продукта (или промежуточного хладоносителя — рассола).

При уменьшении нагрузки снижаются температура пара $t_{\text{вых}}$, давление в герметичной системе и подача хладагента.

В холодильных машинах большой производительности испарители имеют значительную длину. Давление хладагента на выходе из испарителя ниже, чем на входе в него. Обеспечить требуемое открытие дросселирующего клапана 5 можно только при перегреве, т. е. при уменьшенном заполнении испарителя и пониженной холодильной мощности установки. Поэтому в холодильных машинах с длинными испарителями, падение давления в которых более 200 кПа, применяют ТРВ с уравнильной трубкой 10 (рис. 11.13, б). В корпусе таких ТРВ устанавливают перегородку 11, благодаря которой под мембрану 4 подается хладагент не со стороны входа, а со стороны выхода испарителя — по уравнильной трубке 10. Разность давлений на мембрану при том же значении $t_{\text{вых}}$ увеличивается, в результате чего заполнение испарителя и производительность установки повышаются. На выходе ТРВ дополнительно устанавливают диафрагму 9 с целью повышения давления за клапаном 5.

Автоматизация установки для охлаждения молока. Установка работает по замкнутому циклу. Пары хладагента поступают в компрессор 1 (рис. 11.14, а), сжимаются и попадают в конденсатор 10, где превращаются в жидкость, стекающую в ресивер 9. Из ресивера жидкий хладагент поступает в испаритель 12, проходя последовательно через теплообменник 6, фильтр-осушитель 7 и терморегулирующий вентиль 8. За терморегулирующим вентилем давление хладагента падает, он оказывается перегретым относительно



Для охлаждения воды, омывающей трубки конденсатора 10, используют малогабаритную градирню 16 с вентилятором 18. Вода перекачивается насосом 20. Молоко из бака 22 забирается насосом 21 и после охладителя 15 направляется на дальнейшую обработку или хранение. Режим работы автоматический (А) или полуавтоматический (ПА) устанавливают переключателями S1 и S2 (рис. 11.14, б). При подаче питающего напряжения последовательно включаются двигатели M2 компрессора 1, M3 водяного насоса 11 и M1 молочного насоса 21. Если температура молока по каким-то причинам на выходе из охладителя выше допустимой, то термореле SK1 отключает молочный насос. Двигатель M4 привода вентилятора градирни включается температурным реле SK2 при повышении температуры воды на охлаждении конденсатора до 23,5 °С. Если температура воды ниже 7 °С, то реле SK3 отключает вентилятор. Реле SP2 контролирует давление в смазочной системе компрессора, и если оно при пуске машины не поднимается до требуемого уровня и контакты SP2 не замыкаются, то через 1...2 мин реле времени KT отключает установку. Реле SP1 отключает установку при аварийном повышении давления хладагента.

Срабатывание любого элемента защиты в цепи катушки пускателя KM2 вводит в действие реле K1. При этом катушки реле K1 и пускателя KM2 оказываются включенными последовательно. В результате KM2 отключается, а реле K1 питается через резистор R1. Поэтому при последующем замыкании контактов любого из аппаратов защиты (SP1, SP2, KK1...KK4) магнитный пускатель KM2, а следовательно, и установка в целом автоматически не включаются. Обслуживающий персонал должен привести схему в исходное положение: выключить и вновь включить S1. В полуавтоматическом режиме установкой управляют с помощью тумблеров S3...S6.

Перемычку между жазимами 1 и 2 устанавливают, если воду используют в проточных охладителях молока. Если установка работает на резервуар-охладитель, то в разрыв между жазимами включают управляющие контакты от его системы управления.

11.6. АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ НАВОЗООУБОРКИ И НАВОЗООУДАЛЕНИЯ

Основные операции ТП уборки и удаления навоза из животноводческих помещений ферм и комплексов — уборка в стойлах, транспортирование навоза к местам хранения или переработки, хранение или утилизация. В этом перечне наиболее высоким уровнем механизации и автоматизации характеризуется первая операция — уборка навоза из производственных помещений.

Уборка навоза. Выбор способа уборки навоза зависит от многих обстоятельств и в первую очередь от способов содержания и кормления животных, суточного выхода навоза, его физико-механи-

ческих свойств, конструктивных характеристик помещения, климатических, гидрогеологических и других условий.

Все средства механизации навозоуборки классифицируют на мобильные и стационарные.

Мобильные механизмы применяют не только для удаления навоза, но и для транспортирования его в навозохранилище или на открытую навозную площадку. В эту группу механизмов входят скреперы, бульдозеры, прицепные тракторные тележки и электрифицированные монорельсовые вагонетки.

Специальные системы управления имеют только вагонетки, но и их объем автоматизации ограничивается конечными выключателями, отключающими электродвигатель в крайних положениях вагонетки.

Стационарные механизмы используют, как правило, в качестве рабочего органа замкнутую металлическую цепь со скребками или скрепер. Таков, например, скребковый транспортер кругового движения ТСН-160 (рис. 11.15, а), предназначенный для механизации уборки навоза из животноводческого помещения (горизонтальный транспортер) и одновременной погрузки его в транспортное средство (наклонный транспортер).

С помощью переключателя *SA* (рис. 11.15, б) выбирают дистанционное (*P*) или автоматическое (*A*) управление транспортерами. Дистанционно управляют кнопками *SB1* и *SB2*. Нажатием кнопки *SB1* включают реле времени *KT*, которое своими контактами *KT:2* включает магнитный пускатель *KM2* электропривода наклонного транспортера. Затем контакты *KT:1* включают магнитный пускатель *KM1* электропривода горизонтального транспортера.

Транспортеры выгружают навоз в транспортную тележку *2* в течение определенного времени до размыкания контактов *KT:2*. При этом отключается горизонтальный транспортер. Затем размыкаются контакты *KT:1* и отключается наклонный транспортер с выдержкой времени, достаточной для полного освобождения транспортеров от навоза.

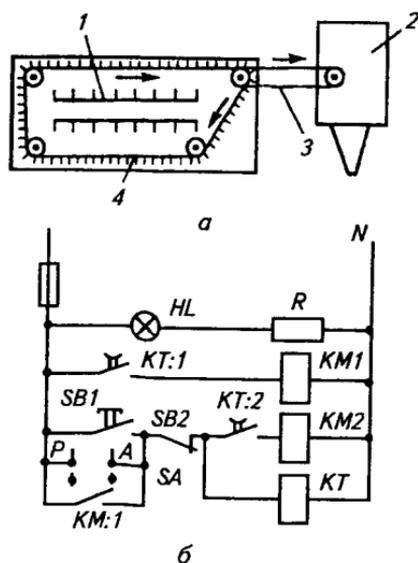


Рис. 11.15. План размещения (а) и схема управления (б) навозоуборочным транспортером:

1 — стойла; 2 — тракторная тележка; 3 — наклонный транспортер; 4 — горизонтальный транспортер

При автоматическом управлении транспортерами переключатель *SA* устанавливают в положение *A*, а реле времени *KT* включается в определенное время суток.

Транспортирование навоза осуществляется либо подвижными транспортными средствами, либо по подъемному трубопроводу под действием перемещаемого давлением воды поршня, периодически выталкивающего навоз, сбрасываемый транспортером в приемную воронку поворотного клапана. Последний отделяет эту воронку от трубопровода перед началом движения поршня.

Утилизация навоза особо важна на свиноводческих комплексах. Выход жидкого навоза на комплексе размером 180 тыс. свиней в год составляет 1 млн т, что соответствует хозяйственно-бытовым стокам города с населением 250 тыс. человек и представляет собой большую экологическую проблему.

Обработка жидкого навоза включает в себя операции разделения на фракции, обеззараживания, гомогенизации и транспортирования. Технология до конца не отработана, и потому операции по управлению не автоматизированы. Предложено из навоза производить биогаз по следующей технологии. Навоз из животноводческих помещений собирается в коллектор, откуда насосом перекачивается в подогреватель для нагрева до температуры брожения. Далее выдержанный навоз винтовым насосом-дозатором подается в емкости-реакторы, где идет анаэробное брожение, результатом которого является биогаз. Биогаз перекачивается в газгольдер, очищается и через гидрозатвор поступает к потребителю или в хранилище.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие технологические процессы в животноводстве автоматизируют? 2. Как автоматизируют процесс кормления КРС? 3. Объясните принцип действия электрической схемы раздачи кормов КРС. 4. Расскажите о технологической и электрической схеме управления кормораздатчиком-смесителем КС-15 при кормлении свиней. 5. Как происходит автоматическая идентификация КРС и учет их продуктивности? 6. Перечислите способы дозирования корма. 7. Расскажите о технологии и автоматизации процессов машинного доения коров. 8. Объясните по технологической схеме принципы управления пастеризацией молока. 9. Как работают технологическая и электрическая схемы управления установками для охлаждения молока?

Глава 12

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПТИЦЕВОДСТВЕ

12.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Промышленное птицеводство — высокомеханизованная отрасль с высоким уровнем автоматизации процессов кормления и поения птицы, сбора яйца, уборки помета, обеспечения микро-

климата, а также инкубационного процесса. Существуют предприятия двух видов: птицефабрики (работают по полному циклу и рассчитаны на 0,2...1 млн и более кур-несушек промышленного стада или 1...6 млн бройлеров в год); птицефермы (рассчитаны на меньший объем производства).

Технология производства мяса на птицефабрике объединяет производство племенного яйца (цех маточного стада), инкубацию (цех инкубации), интенсивное выращивание бройлеров (цех выращивания) и убой птицы (убойный цех). В технологическую цепь птицефабрики яичного направления дополнительно включают выращивание ремонтного молодняка и производство яиц в цехе промышленного стада.

Основные технологические операции промышленного птицеводства выполняются встроенными в клеточные батареи механизмами: кормораздатчиками, поилками, транспортерами для удаления помета и сбора яиц. Они приводятся в движение электродвигателями, управление которыми автоматизировано.

Производство яйца и мяса птицы, а также выращивание молодняка построено на современных машинных технологиях с использованием комплектов технологического оборудования для механизации и автоматизации производственных процессов. Например, в состав комплекта автоматизированного оборудования птичника на 35 тыс. кур-несушек в клеточных батареях входят кроме собственно батарей оборудование хранения и загрузки кормов (бункер и два транспортера), оборудование для уборки помета (канатно-скребковая установка и поперечный транспортер), стационарный транспортер для внутрихозяйственного сбора и транспортирования яиц, укладчик яиц или приемный стол и, наконец, прибор для управления длительностью светового дня птичника.

Особое место в технологии промышленного птицеводства занимает инкубация яиц. Современные инкубаторы оснащены системами автоматического регулирования температуры и влажности воздуха, а также устройством для периодического поворота лотков с яйцами.

Рассмотрим и проанализируем типовые решения по автоматизации основных технологических процессов промышленного птицеводства.

12.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОРМЛЕНИЯ

Автоматизация кормления птицы зависит от ее вида, возраста, способа содержания и свойств корма, прежде всего от его влажности. При групповом способе содержания продуктивной птицы применяют групповое (стадное) кормление, регламент которого устанавливают исходя из зоотехнических требований.

Продолжительность заполнения кормушек t_p связана с произ-

водительностью раздатчиков корма $Q_{кр}$ соотношением

$$t_p = V_k / Q_{кр},$$

где V_k — суммарная вместимость кормушки.

Окончание цикла раздачи корма можно определить по возврату корма в бункер-дозатор либо по заполнению последней в контуре кормораздатчика кормушки. Многочисленные конструкции раздатчиков корма могут быть классифицированы как стационарные и мобильные, причем последние встречаются сегодня достаточно редко.

В промышленном птицеводстве используется исключительно групповое кормление с помощью желобковых и бункерных кормушек, причем измерение количества корма базируется на изменении продолжительности его раздачи, что возможно только в том случае, если поток корма постоянен.

Линия кормления птицы с комплектом оборудования типа БКМ включает в себя бункер 1 (рис. 12.1, а) сыпучих кормов, поперечный транспортер 2, бункер батареи, линию кормушек 3 с продольным транспортером.

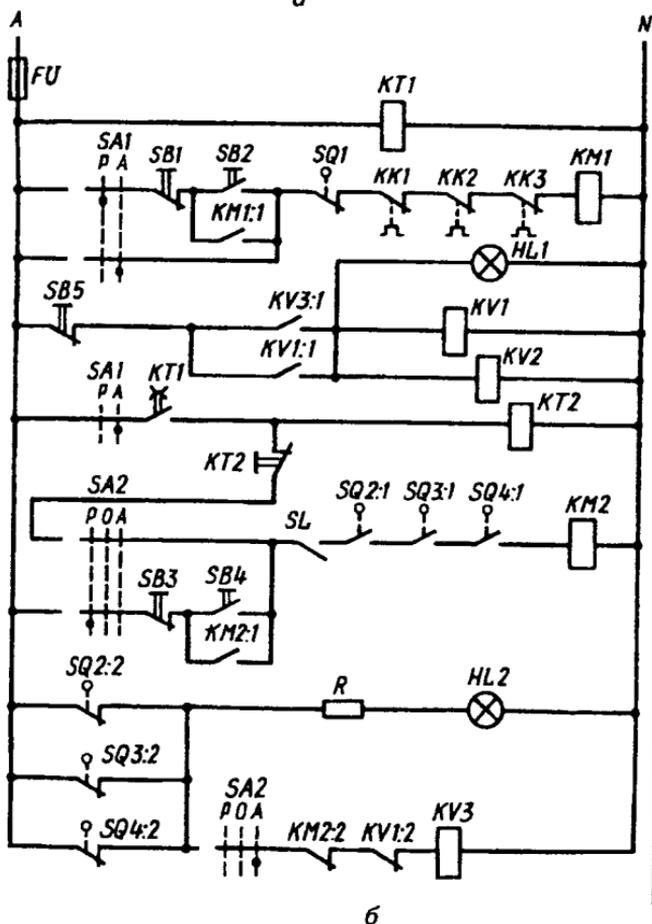
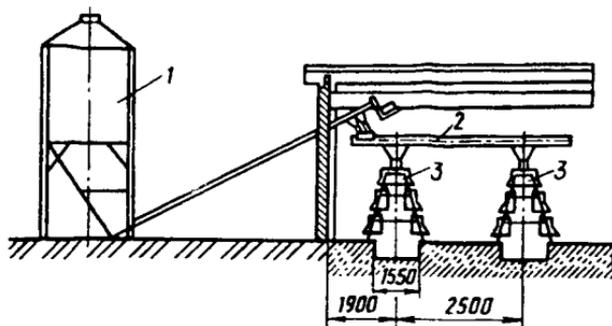
Бункер сыпучих кормов загружается из специального загрузчика на шасси автомобиля. При этом бункер загрузчика заполняется кормом через верхние люки, а опорожняется с помощью системы из трех шнеков, последний из которых — выгрузной, имеет способность подниматься или опускаться в вертикальной плоскости. Управляет работой автозагрузчика водитель автомобиля.

Корм из бункера 1 наклонным транспортером подается в приемник горизонтального поперечного транспортера 2, который доставляет его в бункеры клеточных батарей, загружая их последовательно. Когда бункер первой батареи заполняется доверху, корм закрывает выгрузное окно поперечного транспортера и начинает перемещаться к бункеру второй батареи, затем к третьей и т. д. После наполнения последнего бункера вся линия подачи корма отключается.

На рисунке 12.1, б показана принципиальная электрическая схема управления загрузкой бункеров клеточных батарей и кормораздатчик в одной из них (схемы управления кормораздачей во всех батареях аналогичны).

В зависимости от положения переключателя $SA1$ (A или P) загрузка корма в бункеры батарей может быть выполнена в автоматическом или ручном режимах (в последнем случае пуск осуществляется нажатием кнопки $SB2$). Отключение всех механизмов линии загрузки кормов происходит при размыкании контактов конечного выключателя $SQ1$, установленного в последнем бункере батареи.

Команда на включение транспортеров кормораздачи поступает от реле времени KTI в момент, определяемый технологическим



Общий шкаф управления	Программное реле времени
	Управляющие магнитные реле
Общий шкаф управления 1-й батареей	Программное реле
	Управляющие магнитные реле
Шкаф управления 1-й батареей	Специализация обрыва цепи
	Управление нормо-раздаточной

Рис. 12.1. Технологическая (а) и электрическая (б) схемы управления линией кормления птицы:

1 — бункер; 2 — поперечный транспортер; 3 — кормушки

регламентом. Время работы транспортеров зависит от настройки другого реле времени *KT2*, через размыкающие контакты которого проходят команды на автоматический пуск двигателей кормораздачи всех батарей.

При возможном обрыве цепи кормораздачи на любом ярусе одной из клеточных батарей размыкаются контакты конечных выключателей *SQ2:1*, *SQ3:1* или *SQ4:1*, обесточивается пускатель *KM2* и двигатель транспортеров кормораздачи останавливается. Одновременно через контакты *KV1:2* и *KM2:2* включается катушка реле *KV3*, а через контакты *KV3:1* — реле *KV1* и сигнальная лампа *HL1*, установленная в зале обслуживания.

В птичниках напольного содержания птицы раздача корма из бункера-дозатора в автокормушки производится канатно-дисковым транспортером по команде от реле времени. Последняя в контуре кормораздатчика автокормушка — контрольная: датчик *SL* уровня корма в ней отключает *KM2* привода транспортера кормораздатчика.

12.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОЕНИЯ ПТИЦЫ, УБОРКИ ПОМЕТА И СБОРА ЯИЦ

Поение. Технологический процесс поения сельскохозяйственной птицы имеет свои специфические особенности, обусловленные, с одной стороны, особенностями организма птицы, а с другой — конструкцией оборудования.

Конструкция поилок отличается большим разнообразием. В их числе желобковые проточные и непроточные, чашечные и т. д. Важнейшая их характеристика — коэффициент использования воды, изменяющийся от 20 до 90 %. Лучшими в этом смысле являются желобковые поилки постоянного уровня и капельные автопоилки, питаемые через разделительный бак с автоматическим поддержанием уровня.

Групповые чашечные и непроточные желобковые поилки применяются при содержании птицы на подстилке, насестах и в клеточных батареях горизонтального типа. Эти поилки оснащены встроенным регулятором уровня воды прямого действия — поплавковыми или подпружиненными клапанами. В целях экономии воды системы поения включаются автоматически только на время светового дня.

Уборка помета. Периодичность уборки помета зависит от способа содержания птицы. При клеточном содержании помет убирается ежедневно, при напольном — несколько раз в год. При уборке помета скребковый транспортер перемещается вперед назад по пометному коробу клетки. В момент выполнения рабочего хода скрепер, нажав концевой выключатель *SQ4* (рис. 12.2), включает горизонтальный и наклонный транспортеры, удаляющие помет за

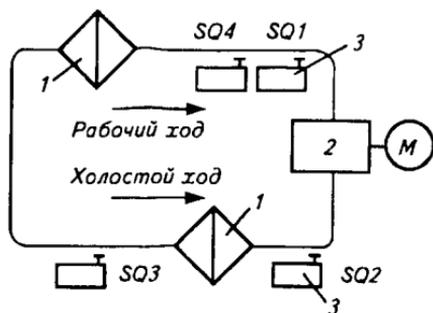


Рис. 12.2. Технологическая схема пометоуборочного транспортера:

1 — скрепер; 2 — приводная станция; 3 — концевые выключатели

пределы птичника, а затем, нажав $SQ1$, реверсирует установку (с выдержкой времени 5...8 с).

При холостом ходе скрепер, нажав $SQ3$, включает вторую скреперную установку, а нажав на $SQ2$ — отключает первую скреперную установку.

Управление работой транспортеров осуществляется вручную или в автоматическом режиме по команде программного реле времени.

Сбор яиц. Транспортеры линии яйцесбора расположены вдоль гнезд, в которых держится (клеточное содержание) или несется (напольное содержание) птица. Снесенное яйцо выкатывается из гнезда по наклонной решетке на прорезиненную ленту, которая доставляет их на накопительный стол. Своевременный сбор яйца уменьшает его загрязнение и потери от боя и расклева птицей. Поскольку яйца от кур на ленту транспортера поступают весь день, приходится убирать его в несколько приемов. Пуск механизмов сбора яйца осуществляется от программного реле, причем время сбора следует выбирать так, чтобы число яиц на транспортере не превышало допустимого количества.

В перечне операций по сбору яйца наиболее трудоемкой является укладка яйца в прокладки. Автоматический укладчик яиц действует следующим образом. Яйцесборный транспортер подает яйца на роликовый ориентатор, поворачивающий их острым концом в одну сторону. Ориентированные таким образом яйца поступают на ячеистый транспортер. После заполнения пяти его ячеек выдвигается заслонка механизма укладки яиц и они опускаются в тару острым концом вниз, прокладка смещается на один шаг и укладывается следующий ряд яиц. Заполненные прокладки автоматически укладываются в стопу, причем каждый раз механизм укладки поворачивает прокладки на 90° в соответствии со схемой их сборки.

При централизованном сборе яиц с нескольких батарей или птичников приемные столы на элеваторах отсутствуют, а для контроля за продуктивностью птицы используют счетчики разных конструкций. Собранные в птичниках яйца доводят до товарной кондиции: моют, сушат, сортируют по массовым категориям (первая — масса более 58 г, вторая — 44...58 г, мелкие — до 44 г), клеймят, укладывают в прокладки, а прокладки — в картонные ящики.

Автоматическое взвешивающее устройство яйца представляет собой рычажные весы. При совпадении массы яйца с настройкой весов специальный механизм направляет яйцо в соответствующий приемник.

Яйца с внутренними повреждениями сортируют обычно вручную с помощью овоскопа. Производительность этой требующей чрезвычайного внимания операции может быть существенно повышена, если удаление дефектных яиц, имеющих повреждение скорлупы или кровяные включения, выполнять автоматически (рис. 12.3). Оператор «метит» дефектное яйцо, подсвеченное специальным жезлом, в наконечник которого вмонтирован пьезодатчик, вырабатывающий слабый электрический сигнал при касании яйца. Сигнал воспринимается группой чувствительных элементов матрицы, укрепленной под конвейерной лентой в зале сортировки. Форма матрицы соответствуют расположению яиц в гнездах конвейерной ленты. Поступившая информация анализируется системой компараторов и дешифраторов, в результате чего определяются точные координаты дефектного яйца в соответствии с его положением на транспортере. Эти координаты запоминаются и в дальнейшем используются специальным механиз-

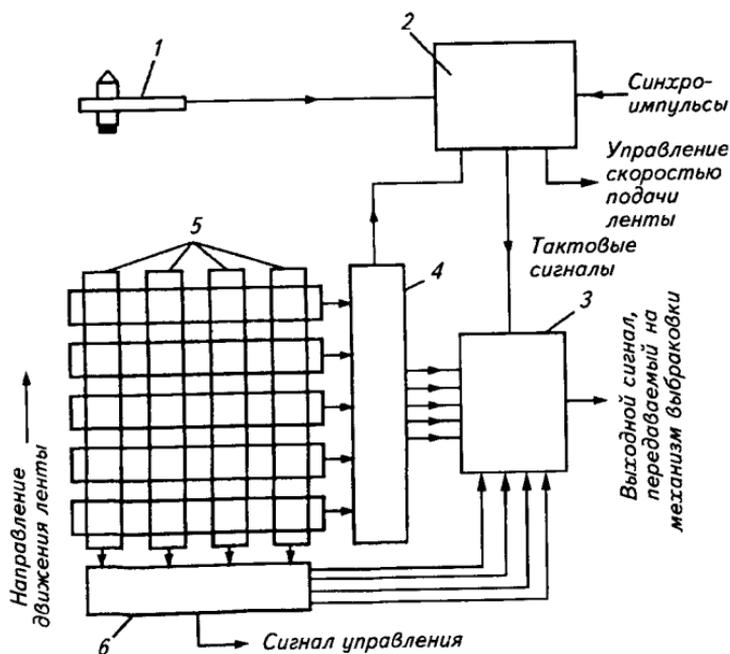


Рис. 12.3. Схема установки для полуавтоматической сортировки яиц:

1 — жезл; 2 — схема управления; 3 — регистровая память; 4, 6 — дешифраторы поперечных и продольных рядов; 5 — матрицы

мом для удаления дефектных яиц с ленты. Прошедшие контроль яйца затем сортируются по массе и автоматически укладываются в гнезда прокладок для дальнейшего транспортирования.

12.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНКУБАЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Промышленная инкубация яиц в нашей стране производится с 1928 года. Соответственно накоплен значительный опыт и разработаны современные устройства, имеющие достаточно высокий уровень автоматизации. Особенность технологического процесса инкубации заключается в необходимости, с одной стороны, точного поддержания основных параметров микроклимата (температуры, относительной влажности и газового состава воздуха) и, с другой стороны, — изменения этих параметров в зависимости от фазы инкубации.

Универсальный инкубатор ИУП-Ф-45 вмещает 48 тыс. яиц. Инкубатор состоит из трех одинаковых камер, в каждой из которых размещается барабан с лотками, вентилятор системы обогрева, охлаждения, увлажнения, а также аварийного охлаждения и воздухообмена. Поворот лотков с яйцами происходит при наклоне барабана на угол 45° от горизонтального положения, выполняемого автоматически через 2...4 ч (предусмотрен также ручной привод барабана).

Циркуляция воздуха внутри каждой камеры обеспечивается тихоходным вентилятором, а увлажнение воздуха происходит за счет испарения воды, подаваемой на ступицу вентилятора и разбрасываемой его лопастями при вращении. Охлаждение воздуха в камере достигается циркуляцией воды через закрытый теплообменник (радиатор), укрепляемый, как и радиатор, на задней стенке камеры. Вода на увлажнение и охлаждение воздуха подается через соленоидные клапаны, управляемые автоматически.

Воздухообмен в камере обеспечивается системой заслонок, объединенных общим приводом от электромагнита, причем степень открытия заслонок увеличивается от 5 до 60 мм на 18-й день инкубации. Для нагрева воздуха в каждой камере используют четыре электронагревателя общей мощностью 4 кВт. Требуемая точность поддержания температуры в диапазоне $36...39^\circ\text{C}$ очень высокая: $\pm 0,2^\circ\text{C}$. При снижении температуры на $0,2...0,3^\circ\text{C}$ от заданной включаются электронагреватели. При повышении температуры открывается электромагнитный клапан, подающий холодную воду в радиатор охлаждения.

Температура в объеме камеры выравнивается благодаря работе вентилятора.

При температуре в камере выше $38,3^\circ\text{C}$ по сигналу термодатчика отключаются нагреватели, включаются электромагнит дополнительного охлаждения, сигнальная лампа и звонок. Звуковая

сигнализация инкубатора имеет автономное питание от электрических батарей и включается в следующих случаях: при перегрузке электродвигателя вентилятора или коротком замыкании в цепи управления, отсутствии напряжения в питающей сети и при открытых дверях одной из камер.

Схема управления оборудованием инкубатора обеспечивает: отключение всех цепей управления камерой при открывании двери и размыкании контактов микровыключателя;

блокировку механизма поворота лотков при открытых замках барабанов и разомкнутых контактах микропереключателей.

Перед загрузкой каждая камера инкубатора должна быть предварительно прогрета до $37,8^{\circ}\text{C}$. Этот температурный режим не меняется до перекладки яиц в выводной инкубатор.

Конструкция шкафа универсального выводного инкубатора ИУВ-Ф-45 проще, чем предварительного. В нем отсутствует устройство поворота барабана, иначе выполнено устройство увлажнения воздуха, не предусмотрено автоматическое регулирование влажности воздуха.

12.5. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ УБОЯ ПТИЦЫ

Для убоя птицы и обработки тушек до товарных кондиций современные специализированные птицеводческие хозяйства имеют убойные цеха, оборудованные полуавтоматическими убойными линиями. Каждая линия состоит из нескольких машин для обработки тушек.

Птицу, доставленную из птичников в клетках, подвешивают за ноги с помощью закрепов на цепь подвесного конвейера, которая движется медленно (со скоростью $0,08\text{ м/с}$) в сторону рабочего места для убоя и обескровливания. Перед убоем птицу приводят в спокойное состояние аппаратом для электроглушения, на который подается слаботоковое напряжение от 650 до 900 В. При помощи специальных ножиц птицу умерщвляют. Над желобом для стока крови каждая птица движется в течение 2 мин, а затем поступает в камеру тепловой обработки, где в течение последующих 2 мин ее обрабатывают паром при температуре $52...53^{\circ}\text{C}$. Затем тушка проходит поочередно ряд машин, где снимается маховое перо с крыльев и хвоста, оперение с головы до шеи. Далее тушки моют теплой водой в течение 30 с и подвергают воскованию, подсушивают и предварительно охлаждают. Затем обрабатывают лапки. Тушки снимают с конвейера, упаковывают в ящики и отправляют в камеру охлаждения.

Убойную линию включают с центрального пульта управления. Последовательность включения в работу отдельных машин осуществляется многоканальным устройством.

Из машин для обработки тушек пух и перо с водой транспортируются в цех обработки пера, где поступившая масса попадает в центрифуги, а затем, предварительно обезвоженная, загружается в сушильные камеры. После сушки перо упаковывают для реализации. Отходы пуха и пера, а также непищевые отходы потрошения направляют в цех утилизации, где из них приготавливают кормовые добавки — мясную и мясокостную муку. Пух (перьевые отходы) перерабатывают по специальной технологии в две фазы: первая — гидролиз и стерилизация сырья, вторая — сушка и упаковка.

Боенские отходы варят в специальных котлах при постоянном механическом перемешивании. Сначала в гидравлическом прессе отжимают жир из кишок и других боенских отходов, а оставшуюся после выжимания массу измельчают в дробилке и используют в качестве добавки в комбикорма. Влажность выходного продукта (мясокостной муки) должна быть 8...10 %.

Контрольные вопросы и задания

1. В чем различие технологий производства мяса птицы и яиц? 2. Объясните принцип действия технологической и электрической схем управления кормлением птицы при клеточном ее содержании. 3. Как автоматизируют процессы поения и уборки помета при клеточном содержании птицы? 4. Как автоматическим управлением собирают и сортируют яйца? 5. Расскажите о технологии и автоматизируют процессы сбора и сортировки яиц. 6. Что вы знаете об автоматизированных линиях убоя птицы и переработки ее отходов? 7. Какими параметрами управляют при инкубации яиц?

Глава 13

АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВОК МИКРОКЛИМАТА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ И ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

13.1. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ

Под оптимальными параметрами микроклимата понимаются допустимые значения температуры, влажности и скорости движения воздуха, содержание в нем вредных газов (диоксида углерода — CO_2 , аммиака — NH_3 , сероводорода — H_2S), микроорганизмов (бактерий), частиц пыли, а также освещение и облучение. Установлено, что продуктивность животных и птицы на 50...55 % зависит от рациона кормления, на 20...25 % — от породы и уровня селекционно-племенной работы и на 20...30 % — от параметров микроклимата. При недопустимых параметрах микроклимата не только падает на 20...30 % продуктивность, но и сокращаются сроки племенного и продуктивного использования животных и птицы.

Температура воздуха наиболее существенно влияет на продуктивность животных и птицы и поедаемость ими корма. При пони-

жении температуры теплоотдача тела животных увеличивается, что сказывается на росте потребления корма, а при более низких, так называемых критических температурах, наступают их переохлаждение и заболевание.

Оптимальной считают такую температуру воздуха, при которой продуктивность животного наивысшая, а расход кормов и стоимость технических средств для обеспечения микроклимата минимальные. При температурах ниже критических требуются энергетические установки для дополнительного обогрева помещений.

Длительное действие высокой температуры также отрицательно влияет на продуктивность и состояние животных. У животных развивается тепловое перенапряжение, сопровождающееся понижением аппетита и пищеварения. Это вызывает резкое снижение их продуктивности, увеличение удельного расхода корма на 1 кг прироста массы (рис. 13.1) и расстройство нервной системы.

В зависимости от породы и возраста животных определены следующие оптимальные значения температур в помещениях: для телят КРС — 8...15 °С, для взрослых особей — 8...18 °С; для кур-несушек напольного содержания — 12...14 °С, клеточного содержания — 15...18 °С; для цыплят-бройлеров — 26...32 °С.

Влажность воздуха также существенно влияет на состояние здоровья и продуктивность животных и птицы. Влажность в помещениях образуется вследствие жизнедеятельности животных и испарения воды с пола, стен помещения и кормушек. На каждую голову КРС образуется 7...25 кг воды и влаги в сутки, а для свиней — до 20 кг.

Высокая влажность воздуха отрицательно действует на организм животного как при низких, так и высоких температурах воздуха. Высокая влажность и температура затрудняют теплоотдачу организма, особенно при малой скорости воздуха. Это вызывает его перегревание. При высокой влажности и низкой температуре воздуха животное теряет большое количество теплоты, что вызывает его охлаждение и простудные заболевания. При этом ухудшается аппетит животных и снижается их продуктивность, а также сокращается срок службы оборудования. Чрезмерно низкая влажность воздуха при повышенной температуре усиливает потерю влаги организмом, что вызывает у животного жажду и потливость. Кроме того, увеличивается запыленность воздуха, что приводит к респираторным заболеваниям животных.

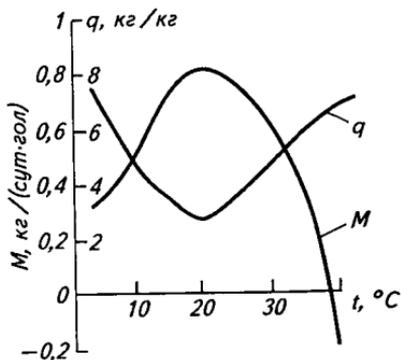


Рис. 13.1. Зависимость прироста массы M и удельного потребления кормов q свиньями от температуры t их содержания

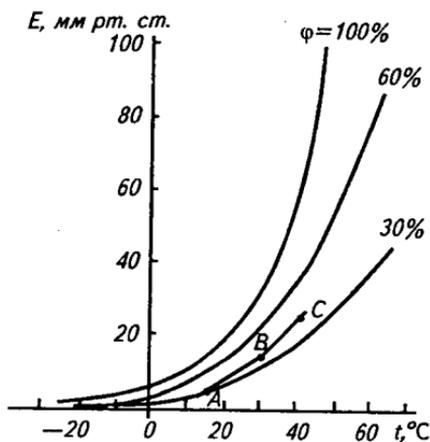


Рис. 13.2. Зависимость парциального давления E влаги от температуры t и относительной влажности ϕ воздуха

Оптимальная относительная влажность воздуха в животноводческих помещениях для КРС должна быть 40...85 %, свиней — 40...75, овец — 75, птицы — 60...70 %.

Таким образом, в летнее время в животноводческих помещениях наблюдается избыточное количество теплоты и влаги, а в зимний период года — их недостаток.

Влагосодержание воздуха (парциальное давление паров E) тесно связано с его температурой и относительной влажностью ϕ (рис. 13.2). Зная величину E , можно легко определить объемное V_0 (г/м³) и массовое V_M

(г/кг) влагосодержание воздуха по формулам: $V_0 = 1,2E$; $V_M = 0,9E$. Влажностью управляют путем увлажнения или осушения воздуха. Осушение воздуха осуществляется методом «сухого» отопления или конденсации (в зимний период).

Сущность метода «сухого» отопления заключается в повышении температуры воздуха при помощи системы отопления, а затем замены его с помощью приточно-вытяжной системы вентиляции на внешний более холодный воздух с малым влагосодержанием (изменение координат E, t по кривой ABC на рис. 13.2).

Метод конденсации заключается в том, что большая часть влаги внутреннего рециркуляционного воздуха соприкасается через стенки теплообменника с холодным воздухом, поступающим в помещение, и выпадает на стенках в виде конденсата (обратный процесс по кривой CBA , рис. 13.2).

Диоксид углерода образуется при дыхании животных и ферментации навоза и корма. Увеличение количества диоксида углерода в воздухе до 0,5 % вызывает у животных поверхностное учащенное дыхание, а у птицы, наоборот, замедление и даже остановку дыхания. При длительном повышенном (более 1 %) содержании диоксида углерода происходит хроническое отравление животных.

Предельно допустимая концентрация диоксида углерода должна быть не более: для телят — 0,15 %; взрослых особей КРС, овец и птицы — 0,25; свиней — 0,2 %.

Аммиак образуется от гниения органических выделений (моча, кал). Он хорошо растворяется в воде, поэтому адсорбируется влажными оболочками глаз и дыхательных путей, вызывая сильное их раздражение. При большой и длительной концентрации

аммиака у животных снижается содержание гемоглобина и эритроцитов в крови, ухудшается функция пищеварения, а при концентрации 1...3 мг/л наступает смерть животных от отека легких.

Допустимо предельная концентрация аммиака в воздухе для телят должна быть 0,02 мг/л; взрослых особей КРС, свиней и овец — 0,02 мг/л; птицы — 0,015 мг/л.

Сероводород на фермах образуется в результате гниения белковых веществ, содержащих серу в навозоприемниках. Это очень токсичный бесцветный газ с запахом тухлых яиц. Концентрация его в воздухе свыше 0,015 мг/л затормаживает окислительные процессы в организме, вызывает отек и воспаление легких и разрушает нервную систему. Предельно допустимое содержание сероводорода в воздухе для телят и птицы — 0,005 мг/л, а взрослых КРС, свиней и овец — 0,01 мг/л.

Запыленность и бактериальная загрязненность воздуха отрицательно влияют на здоровье и могут вызывать эпидемические заболевания животных и птиц. Максимально допустимая микробная загрязненность воздуха на фермах должна быть не более: для телят в возрасте до 4 мес — 20...50 тыс. микробных тел в 1 м³, старше 4 мес — 70; для поросят-отъемышей и ягнят 40...50; свиней 50...80 тыс. микробных тел в 1 м³.

Скорость движения воздуха на фермах влияет особенно на молодняк. Большая скорость воздуха вызывает простудные заболевания, а малая затрудняет очистку помещений от влаги, пыли и вредных микроорганизмов. Поэтому установлены следующие скорости движения: зимой 0,2...0,4 м/с, летом 0,5...1,15 м/с.

Производственные шумы выше допустимых норм также отрицательно влияют на животных, птицу и обслуживающий персонал. Допустимая интенсивность шума при низких частотах 90 дБ, а при частотах свыше 1 кГц 70...85 дБ.

Световой режим существенно влияет на все функции организма животного и проявляется в форме светового, теплового и химического воздействия. Солнечный свет оказывает весьма положительные действия на физиологические процессы, в том числе на нервную и половую системы. При «световом» голодании ухудшается состояние организма, снижаются продуктивность, естественная резистентность, половая активность и оплодотворяемость. В зимнее время недостаточную солнечную освещенность компенсируют электрическим светом. Нормы освещенности выражают в люксах (лк). Для КРС, свиноматок, поросят, кур требуется не менее 30 лк при использовании ламп накаливания и 70 лк от газоразрядных ламп. Кроме освещения применяют также облучательные световые установки, работающие в инфракрасной зоне при длине волны 0,7...2,5 мкм для теплового воздействия и в ультрафиолетовом диапазоне для эритемного и бактерицидного воздействия на животных и птицу.

13.2. СПОСОБЫ И СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ

СУ микроклиматом на фермах предназначены для поддержания вышеперечисленных параметров в оптимальных диапазонах, при которых наблюдается наибольшая продуктивность животных и птицы, наилучшие условия и высокая производительность труда обслуживающего персонала, надежная и длительная работа оборудования.

Параметрами микроклимата управляют с помощью энергетических установок и комплекса мероприятий, к которым относятся рациональная планировка самих помещений, использование строительных материалов с соответствующими теплотехническими свойствами, прогрессивные технологии содержания, кормления, поения и удаления навоза и помета, а также системы отопления и вентиляции.

В теплых регионах, где температурный режим в холодный период обеспечивается за счет тепловыделений самих животных и рабочих машин, требуемые параметры микроклимата помещений обеспечиваются средствами естественного воздухообмена.

В регионах с низкими наружными температурами в зимний период используют системы воздушного отопления совместно с вентиляцией, а в летний период — только вентиляцию, включаемую во время превышения температуры в помещениях выше допустимых значений.

В помещениях для выращивания молодняка животных используют комбинированные системы отопления — воздушные и водяные (паровые). Дополнительно к общему воздушному отоплению в этих помещениях используют локальные источники теплоты в виде ламп или газовых горелок инфракрасного излучения, электрообогреваемых панелей, закрепляемых на стенах и потолках, а также электробрудеров — металлических подвешенных зонтов с электронагревательными элементами. Локальные источники используют для создания более высокой температуры в местах скопления молодняка (цыплят, поросят).

В связи с увеличением стоимости энергии созданы упрощенные кондиционеры, которые очищают внутренний воздух на фермах без выбрасывания его наружу.

Вентиляционные системы бывают естественные (гравитационные) и механические. В гравитационной системе воздухообмен в помещении происходит с помощью приточных и вытяжных каналов за счет разности плотностей холодного наружного и теплого внутреннего воздуха, а также под влиянием ветра. В механической системе вентиляция осуществляется принудительно с помощью электровентилятора.

Преимущества гравитационной вентиляции — небольшая стоимость, простота и надежность устройства и эксплуатации, бесшумность работы. Однако она хорошо работает только при большом перепаде температур внутреннего и внешнего воздуха.

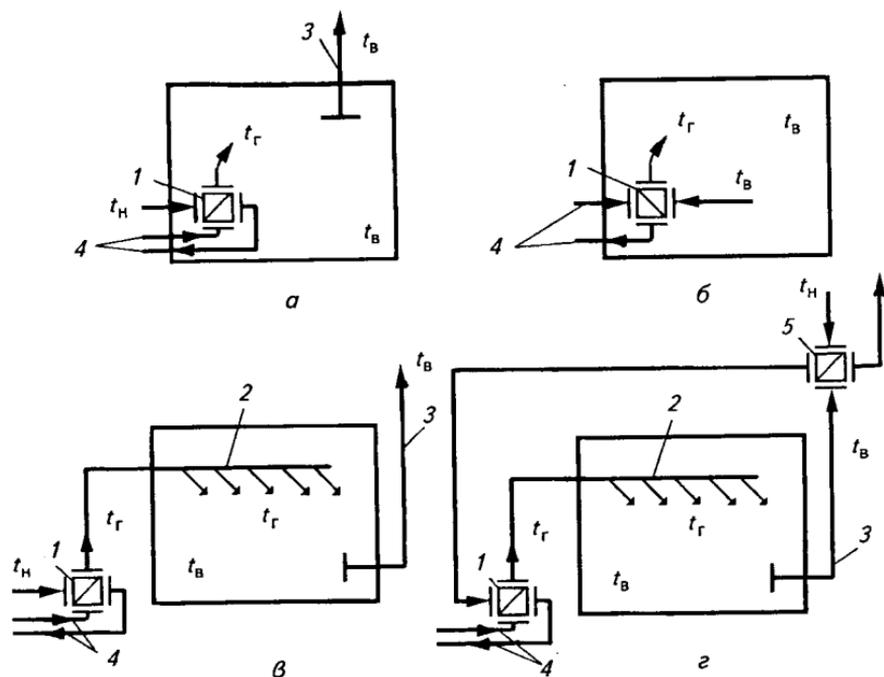


Рис. 13.3. Схемы систем воздушного отопления:

а — прямоточной местной; *б* — рециркуляционной местной; *в* — прямоточной централизованной; *г* — рециркуляционной централизованной; 1 — тепловой источник; 2 — приточный воздуховод; 3 — вытяжной воздуховод; 4 — трубопровод теплоносителя; 5 — теплообменник-утилизатор

Принудительная вентиляция дороже, сложнее, создает неприятные шумы, однако с помощью ее можно регулировать кратность воздухообмена в широких пределах. Поэтому ее широко применяют на крупных фермах промышленного типа.

Системы воздушного отопления делят на местные и централизованные. Основные части систем: тепловой центр 1 (рис. 13.3), приточный 2 и вытяжной 3 воздуховоды, трубопровод 4 теплоносителя, теплообменник-утилизатор 5. Тепловой центр представляет собой электрокалорифер или тепловой генератор (бойлер).

В местной (прямоточной) системе (рис. 13.3. *а*) наружный воздух с температурой t_n подогревается в тепловом центре до требуемой температуры и подается в помещение. Такое же количество воздуха с температурой t_B удаляется из помещения по вытяжному воздуховоду 3. Если воздух требуется только подогреть без его замены, тогда применяют рециркуляционную систему отопления (рис. 13.3. *б*) без вытяжного воздуховода.

Централизованные системы имеют большую тепловую мощность, размещаются в отдельном помещении и обогревают не-

сколько помещений. В отличие от местных они имеют приточные воздухопроводы 2 и теплообменники 5 (рис. 13.3, в, г).

С точки зрения энергосбережения наиболее предпочтительна система с рекуперацией энергии в теплообменнике (рис. 13.3, г). В нем энергия удаляемого из помещения воздуха частично подогревает наружный воздух перед подачей в тепловой центр 1.

13.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Комплект оборудования типа «Климат». Управление вентиляционными установками осуществляется по температуре воздуха в помещениях путем его замены. Это одновременно обеспечивает нормативные значения других параметров. Для вытяжной вентиляции используют оборудование типа «Климат», состоящее из регулируемых по подаче воздуха осевых вентиляторов (ОВ) и станции управления. ОВ укомплектованы специальными трехфазными асинхронными электродвигателями с повышенным скольжением, у которых при нагрузке в широких пределах изменяется частота вращения в зависимости от подаваемого на статор электрического напряжения (от 70 до 380 В).

Функциональная зависимость подачи вентиляторов от напряжения практически нелинейная и устанавливалась в процессе опытов. Подача воздуха максимально соответствовала номинальной частоте вращения.

В комплект оборудования «Климат» входит от 8 до 24 вентиляторов. Тип и число осевых вентиляторов, устанавливаемых в одном помещении, определяют в процессе расчета воздухообмена для летнего периода.

Оборудование типа «Климат» комплектуют устройствами автоматического регулирования напряжения на зажимах электродвигателей вентиляторов: контактной станцией управления типа ШАП или бесконтактной тиристорной типа МК-ВАУЗ.

Контактная станция ШАП дополнительно требует специальный автотрансформатор, переключением ответвлений которого меняется напряжение на группе электродвигателей вентиляторов.

Более надежная в работе тиристорная схема регулирования напряжения, подаваемого к статорной обмотке электровентилятора (рис. 13.4).

Бесконтактная станция управления типа МК-ВАУЗ плавно регулирует частоту вращения вентиляторов как в ручном, так и в автоматическом режимах в функции температуры воздуха в помещении.

Сигнал от датчика температуры в помещении *РК* поступает на мост сравнения *МС*, в одном из плеч которого включен резистор — ручной задатчик температуры *ЗДТ*. Затем через усилитель-демодулятор *УД* сигнал подается на узел сравнения *УС*, который

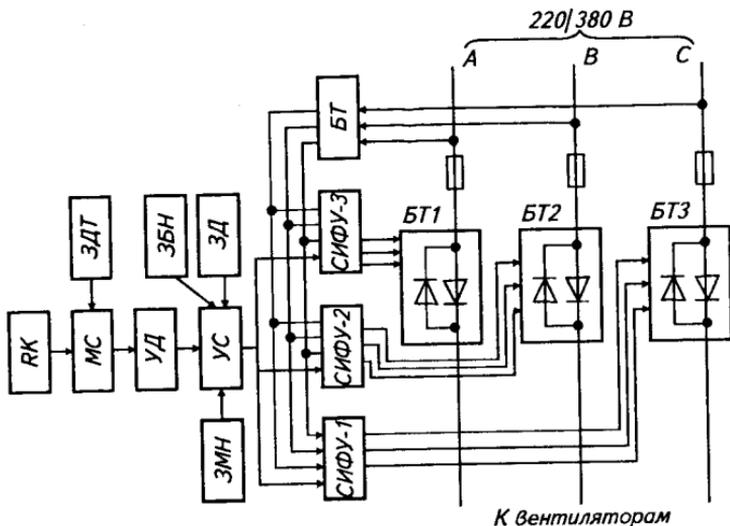


Рис. 13.4. Блок-схема станции управления МК-ВАУЗ

имеет резистор-датчик базового напряжения *ЗБН*, датчик дифференциала на допустимое снижение температуры *ЗД*, а также датчик минимального напряжения *ЗМН*, которые требуется подавать на статор электродвигателя данного типа. Далее сигнал от блока питания *БП* передается через систему импульсно-фазового управления СИФУ к блокам тиристоров *БТ1...БТ3*.

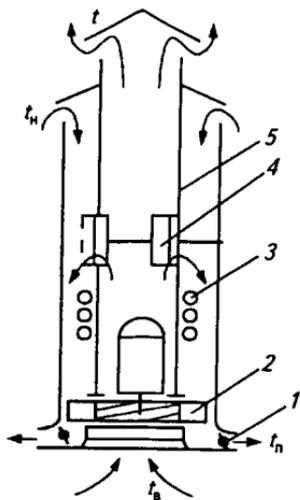
Приточно-вытяжную установку типа ПВУ и тепловентиляторы широко используют на животноводческих фермах промышленного типа.

Они совмещают в одной конструкции систему подачи и удаления воздуха. Их устанавливают на крыше помещения. Внутренний воздух с температурой t_b засасывается вентилятором 2 и выбрасывается в атмосферу с температурой $t < t_b$. Наружный воздух с температурой $t_n \ll t_b$ засасывается тем же вентилятором, нагревается элементами 3 до температуры $t_r \gg t_b$ и поступает через воздухораспределительные заслонки 1 в помещение. Нагрев приточного воздуха обеспечивается теплообменом через гофрированную стенку 5 (рис. 13.5), разделяющую каналы, и за счет включения элементов 3.

На комплект из шести установок типа ПВУ поставляется одна приводная станция, управляющая через систему тросовых связей заслонками 1 секции воздухораспределения и каналов (заслонки) рециркуляции 4. При недопустимом понижении температуры воздуха в помещении трехпозиционный регулятор последовательно включает три секции и открывает клапан рециркуляции. В этом случае внешний воздух не поступает, а внутренний подогревается.

Рис. 13.5. Приточно-вытяжная установка типа ПВУ:

1 — заслонки секции воздухораспределения; 2 — вентилятор; 3 — нагревательные элементы (ТЭНы); 4 — заслонки рециркуляции; 5 — разделяющая стенка



При остановке вентилятора флажковый датчик потока воздуха отключает нагревательные элементы.

Тепловентилятор типа ТВ объединяет в себе водяной калорифер 2 (рис. 13.6) и радиальный вентилятор 4.

На два вентилятора типа ТВ поставляется одно устройство управления «Приток-1». В теплый период года (вода в калориферы не подается) температура в помещении поддерживается за счет изменения частоты вращения вентиляторов и поворота жалюзи 1 по команде двухпозиционного регулятора температуры (ТС) с импульсным прерывателем.

В холодный период года вентилятор работает на 50%-й частоте вращения и температура в помещении поддерживается за счет поворота жалюзи. При повышении влажности воздуха в помещении частота вращения вентиляторов увеличивается до минимальной регулятором влажности (МС).

Устройство управления «Приток-1» защищает калориферы от замораживания и электродвигатель вентилятора от перегрузки.

Существенный недостаток типа ПВУ — большой расход энергии на нагрев воздуха и электропривод вентиляторов.

Система кондиционирования воздуха промышленного типа до последнего времени не использовалась из-за сложности, дороговизны и низкой надежности в условиях животноводческих ферм.

С целью сокращения расхода энергии и упрощения конструкции разработана система аэрогидродинамического кондиционирования воздуха на фермах молодняка (рис. 13.7). Рециркуляционный воздух Q_p направляется вентилятором 1 через отверстия в

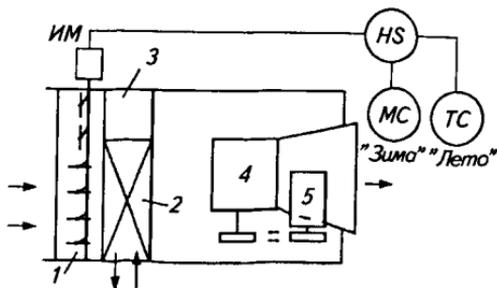


Рис. 13.6. Функциональная схема автоматизации тепловентилятора:

1 — жалюзи; 2 — калорифер; 3 — обводной канал; 4 — вентилятор; 5 — электродвигатель вентилятора

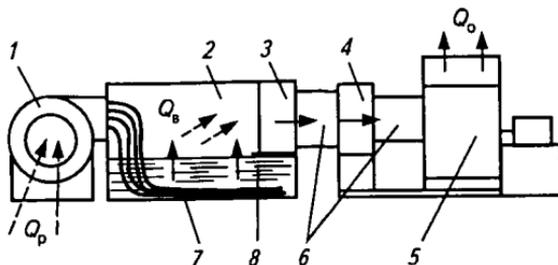


Рис. 13.7. Технологическая схема аэрогидродинамического кондиционера:

1 — вентилятор; 2 — камера очистки; 3 — сепараторы влаги; 4 — электрокалорифер; 5 — кондиционер; 6 — соединительные воздушные каналы; 7 — воздушные шланги; 8 — вода

шлангах 7 и барботируется в воде 8 со слаборастворимой известью. В воде легко растворяется аммиак и задерживаются пыль и бактерии, известь поглощает диоксид углерода. От влажного воздуха Q_v отделяется влага в механическом сепараторе 3. Затем при необходимости воздух подогревается (Q_o) в электрокалорифере 4 и направляется в помещение. Электрокалорифер работает только в холодное время года. В жаркое время влажный воздух Q_v снижает температуру воздуха помещений. Такой кондиционер доводит все параметры климата до требуемых кондиций, устраняет запахи животноводческих помещений, экономит 40 % и более электроэнергии.

13.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Для нагрева воздуха и отопления помещений на фермах используют теплогенераторы, электрокалориферы, а также устройства местного обогрева молодняка животных и цыплят.

Теплогенератор типа ТГ представляет собой газоздушный теплообменник, работающий на жидком топливе (рис. 13.8). Для распыления и сжигания жидкого топлива применяют форсунку 4, к которой топливо подается топливным шестеренным насосом 7 из емкости 8, а воздух — радиальным вентилятором 3.

Теплопроизводительность горелки определяется настройкой редукционного клапана 9, поддерживающего давление топлива перед форсункой в диапазоне 0,6...1,2 МПа. Подачу воздуха направляют, поворачивая специальное кольцо, перекрывающее сечение всасывающего патрубка вентилятора горелки. Оптимальный режим горения подбирают по цвету газов, выходящих из трубы 10. Факел горелки воспламеняется искрой от трансформатора

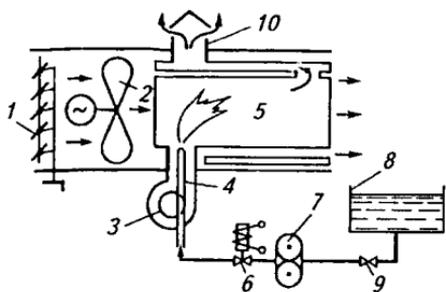


Рис. 13.8. Технологическая (а) и принципиальная электрическая (б) схемы управления теплогенератором:

1 — жалюзи; 2, 3 — вентиляторы; 4 — форсунка; 5 — камера сгорания; 6 — регулирующий клапан; 7 — насос; 8 — топливный бак; 9 — редукционный клапан; 10 — выпускная труба

зажигания и контролируется специальным датчиком. Продукты сгорания нагревают вентиляционный воздух, подаваемый основным вентилятором 2 в количестве, зависящем от положения жалюзи 1.

Температура в отапливаемом помещении контролируется двухпозиционным регулятором. При ее понижении включается вентилятор горелки и после 24...30 с вентиляции в камеру сгорания 5 подается топливо и включается зажигание. Вентилятор 2 включается при прогреве камеры сгорания выше 38...40 °С. При повышении температуры в отапливаемом помещении горелка отключается, а основной вентилятор продолжает работать, пока температура камеры сгорания не понизится до 38...40 °С. При погасании факела и перегреве камеры сгорания подача топлива прекращается специальной защитой.

Принципиальная электрическая схема управления теплогенератором показана на рисунке 13.9.

Режим управления выбирают с помощью переключателя SA1, имеющего четыре положения: 1 — продувка, пуск, ручной режим; 2 — ручное отопление; 3 — автоматическое отопление; 4 — отключено.

В режиме «Ручное отопление» теплогенератор включают в работу, поворачивая переключатель SA1 в положение 1. При этом через три пары контактов переключателя SA1 и размыкающий контакт SK3 проходит ток. Включается магнитный пускатель KM2 электродвигателя M2 вентилятора форсунки и начинается продувка камеры сгорания.

Через 20...30 с оператор нажатием кнопки SB подает напряжение на первичную обмотку высоковольтного трансформатора T и одновременно на электромагнитный клапан Y подачи топлива. Воспламенение топливовоздушной смеси фиксируется реле контроля пламени, выполненным на двух фоторезисторах: BL1 и BL2. Контакты включившихся реле K2:2 и K2:3 разрывают цепь трансформатора зажигания и блокируют кнопку SB цепи питания пускателя KM2 вентилятора горелки и электромагнитного клапана Y. Затем переключатель SA1 переводят в положение 2.

Прогрев камеры сгорания контролируется термореле SK2 в

цепи реле $K1$. Последнее при пуске блокирует контактами $K1:1$ включение магнитного пускателя $KM1$. После прогрева камеры сгорания и размыкания $SK2$ тумблером $SA2$ включают магнитный пускатель $KM1$ электродвигателя $M1$ основного вентилятора, подающего в помещение свежий подогретый воздух.

Чтобы отключить теплогенератор, переводят переключатель $SA1$ в положение 4 «Отключено». При этом закрывается клапан Y , прекращается подача топлива, гаснет факел и останавливается вентилятор горелки. После остывания камеры сгорания тумблером $SA2$ останавливают основной вентилятор.

В режиме управления «Автоматическое отопление» переключатель $SA1$ поворачивают в положение 3, что вызывает включение реле $K1$, размыкающие контакты которого в цепи $KM1$ блокируют включение главного вентилятора и подачу в помещение холодного воздуха. Одновременно подается напряжение питания на трехпозиционный терморегулятор $A1$. Если температура воздуха в отапливаемом помещении ниже нормы, замыкаются контакты терморегулятора $A1$ и включается реле времени KT , отработывающее программу пуска теплогенератора.

Прежде всего через 6 с по цепи замыкающие контакты $KT1$ —

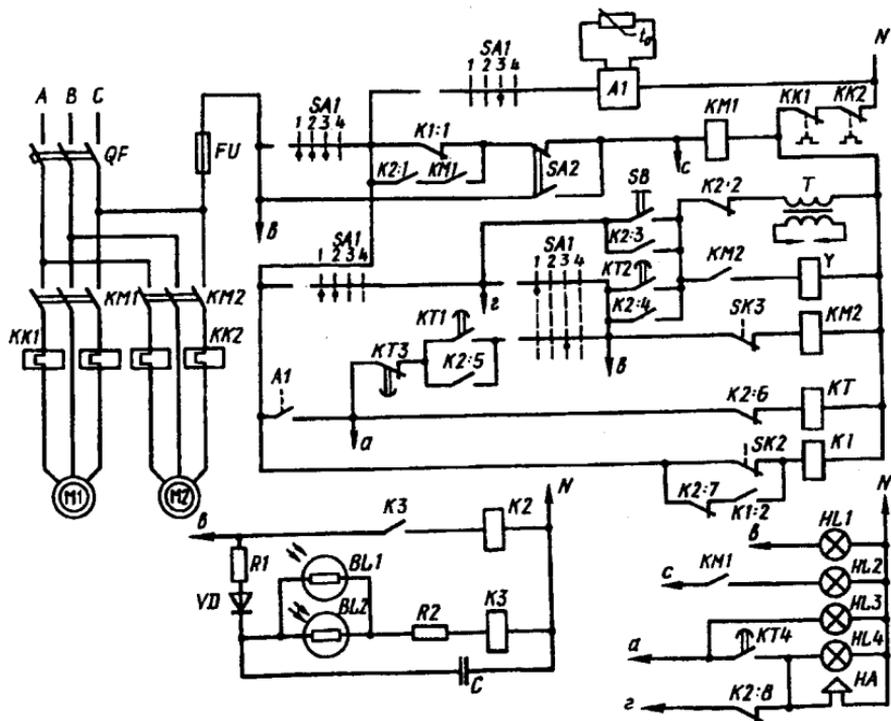


Рис. 13.9. Принципиальная электрическая схема управления теплогенератором

размыкающие контакты *КТЗ* включается пускатель *КМ2* двигателя вентилятора горелки и начинается продувка камеры сгорания. Спустя 18...20 с замыкается следующая пара контактов *КТ2*. Напряжение подается на катушку электромагнитного клапана *У* и трансформатора *Т* зажигания, в результате чего подаваемое в камеру сгорания топливо воспламеняется.

При появлении факела в горелке сопротивление фоторезисторов *ВЛ1* и *ВЛ2* уменьшается, срабатывают реле контроля факела *К3* и *К2*. Второе из этих реле контактами *К2:2* и *К2:6* отключает реле времени и трансформатор *Т* зажигания, а контактами *К2:5* и *К2:4* блокирует контакты *КТ1* и *КТ2* реле времени, сохраняя таким образом цепи питания магнитного пускателя *КМ2* двигателя *М2*, вентилятора горелки и электромагнитного клапана подачи топлива.

Прогрев камеры сгорания контролируется термореле *СК2*, которое в момент подъема температуры до 40 °С отключает реле *К1* и контактами *К1:1* включает пускатель *КМ1*. В результате этого в работу включается двигатель основного вентилятора и теплый воздух подается в обогреваемое помещение. Постепенно температура в помещении увеличивается и при достижении уровня, соответствующего настройке регулятора *А1*, контакты последнего размыкаются, разрывая цепи питания пускателя горелки *КМ2*, электромагнитного клапана *У* и реле времени *КТ*. Факел в камере сгорания гаснет, реле времени возвращается в исходное положение. Основной вентилятор теплогенератора продолжает работать и отключается только после того, как температура камеры сгорания понизится до минимальной и снова замкнутся контакты *СК2*. Процесс включения теплогенератора повторится.

Лампы *НЛ1...НЛ3* сигнализируют соответственно о наличии питающего напряжения, работе основного вентилятора и срабатывании терморегулятора *А1*.

Схема управления предусматривает защиту оборудования при некоторых нарушениях в его работе. Если при пуске теплогенератора факел сразу не появился, попытка его розжига продолжается до момента размыкания контактов *КТ2* и *КТ4* реле времени. Первая пара контактов отключает подачу топлива, питание трансформатора зажигания и электромагнитного клапана, а вторая — включает сигнальную лампу *НЛ4* и сирену *НА*.

После обнаружения и устранения неисправности повторный пуск теплогенератора выполняют вручную с последующим переводом переключателя *СА1* в положение «Автоматическое отопление».

Если факел погас во время работы теплогенератора, то катушки реле *К3* и *К2* обесточиваются; при этом реле *К2* вновь включает трансформатор зажигания и реле времени. Если повторная попытка розжига не удалась и факел не воспламенился, то теплогенератор отключается с подачей светозвукового сигнала.

Если во время работы теплогенератора случится перегрев теплообменника (например, из-за остановки основного вентилятора), то термореле *SK3* обесточивает пускатель *KM2*, который отключает вентилятор горелки и электромагнитный клапан подачи воздуха. Факел гаснет, и реле времени включает сигнал «Авария». Повторный пуск теплогенератора производит обслуживающий персонал.

Электрокалориферная установка типа СФОЦ объединяет в себе электрический калорифер и радиальный вентилятор. В зависимости от типоразмера установки мощность ее находится в диапазоне 23,6...97,5 кВт, а подача воздуха составляет 2,5...5,0 тыс. м³/ч.

Все ТЭНы (мощность каждого 2,5 кВт) разбиты на три секции, первая и вторая из которых управляются позиционным регулятором *A1*, а третья — регулятором *A2* (рис. 13.10).

Схема автоматического управления калориферной установкой позволяет управлять температурой воздуха в помещении как вручную, так и автоматически. Режим работы электрокалорифера и его теплопроизводительность задают с помощью переключателя *SA* на 1/3, 2/3 и полную установленную мощность *P*.

Если температура в помещении ниже нормы, то при переключении *SA* в положение *A* термореле *SK* включает магнитный пускатель *KM4* электродвигателя *M* вентилятора и через контакты термореле напряжение подается в схему управления. При этом через замкнутые контакты терморегулятора *A1* включается секция *I* электронагревателей. Если температура теплоносителя (подогреваемого воздуха) не достигает заданного значения, то терморегуляторы *A1* и *A2* поочередно включают магнитными пускателями *KM2* и *KM3* секций *II* и *III*.

Установки для обогрева молодняка животных и птицы обеспечивают нормативные параметры микроклимата за счет использования разного рода электронагревательных установок, иногда в комбинации с устройствами инфракрасного обогрева. Особо эффективно использование таких установок в зоне размещения поросят-сосунов.

Установка ЭИС-11И1 «Комби» состоит из 30 электрообогревательных устройств, каждое из которых включает в себя электрообогревательную панель (мощностью 0,25 кВт) напольного обогрева и инфракрасный обогреватель типа «Ирис» (мощностью 0,12 кВт) для обогрева поросят сверху.

Режим работы установки (*P* — ручной, *A* — автоматический) задают тумблерами *SA1* и *SA2* (рис. 13.11). В ручном режиме обогреватели включают кнопками *SB3* и *SB5* через магнитные пускатели *KM1* и *KM2*. В автоматическом режиме эти же пускатели включаются (отключаются) по команде позиционных терморегуляторов *A1* и *A2*, которые контролируют температуру на поверхности панели (*A1*) и воспринимают тепловой поток ИК-облучателя (*A2*). При этом оба нагревателя работают независимо один от дру-

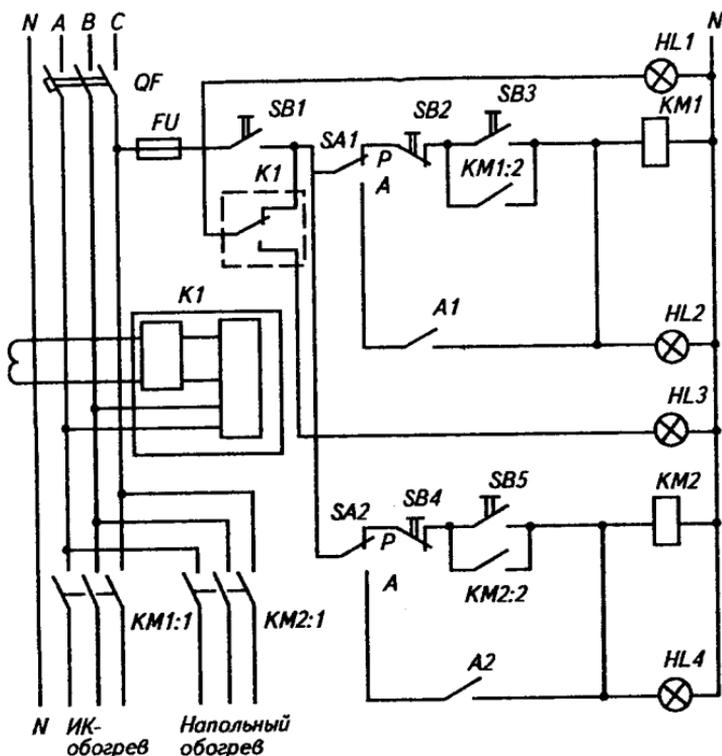
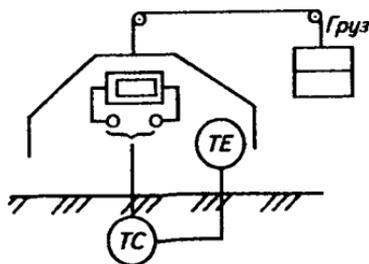


Рис. 13.11. Принципиальная электрическая схема управления для обогрева молодняка животных

ного. Токовое реле $K1$ отключает установку контактами $K1$ при нарушении изоляции.

Электробрудеры используют для местного обогрева птицы и поросят. Температурный режим ($22...38^{\circ}\text{C}$) под брудером (рис. 13.12) на площади $2,2\text{ м}^2$ создается четырьмя электронагревателями мощностью по $0,25\text{ кВт}$ каждый. Управление температурой обогрева пола, на котором располагаются цыплята, происходит вручную за счет изменения высоты подвеса брудера или автоматически с помощью термодатчика TE и терморегулятора TC .

Рис. 13.12. Функциональная схема управления брудером



13.5. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОСВЕЩЕНИЕМ ПТИЧНИКОВ

На продуктивность несушек всех видов режим освещения (возрастающий или убывающий день) оказывает заметное стимулирующее влияние. Режимы освещения птичников по специальным программам, корректирующим долготу светового дня, существенно повышают яйценоскость птицы. С целью реализации этих программ птичники строят безоконными и оборудуют искусственным электрическим освещением. Для управления освещением применяются различные автоматические программные устройства.

Программные устройства ПРУС, УПУС позволяют управлять длительностью светового дня от 6 до 24 ч, имитировать «рассвет» и «закат» естественной освещенности в течение 2...8 мин в соответствии с естественной долготой. Такое устройство состоит из токопроводящего барабана 2, который с помощью редуктора 1 и электродвигателя *M* делает один оборот в сутки (рис. 13.13). На барабан наклеена изоляционная белая трапециевидная полоса. Микропереключатели 3 с помощью роликов замыкают и размыкают цепи управления освещением и, одновременно перемещаясь вдоль барабана, имитируют начало и конец светового дня с ежедневной коррекцией его долготы.

Для этой же цели разработано программное устройство «Каштан» на базе микропроцессорных элементов, рассчитанное на управление световым режимом в 50 птичниках. Контроллер устройства реализует две программы: контроль светового режима и управление им. Обе программы хранятся в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ).

Оператор с клавиатуры дисплея вводит в соответствующий сектор оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) начальную информацию по каждому птичнику: номер стандартного возрастного интервала в технологическом цикле, число суток и величину начального приращения (убывания) светового дня в пределах стандартного возрастного интервала. Вся остальная информация для основной породы цыплят хранится в ПЗУ, для других пород может быть введена в ОЗУ. В соответствующие моменты времени микропроцессорная система через коммутатор параллельного интерфейса выдает номер контролируемого объекта, коды команды

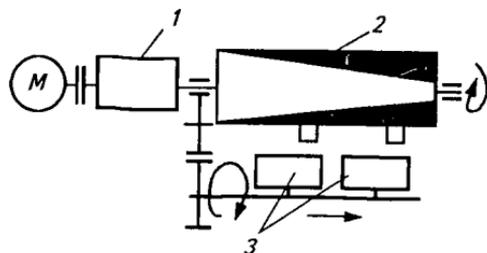


Рис. 13.13. Схема устройства для автоматического изменения длительности светового дня в птичнике:

1 — редуктор; 2 — барабан; 3 — микропереключатели

управления. По этим сигналам в модулях устройств связи с объектом вырабатываются команды включения-отключения систем освещения в птичниках.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите параметры микроклимата на ферме, которые влияют на продуктивность животных. 2. Назовите оптимальные значения температуры, влажности и предельно допустимые значения концентрации аммиака, диоксида углерода и сероводорода для КРС и птицы. 3. Какие способы и средства управления микроклиматом используют на фермах? 4. Как работает блок-схема станции управления МК-ВАУЗ? 5. Объясните принцип действия приточно-вытяжной системы вентиляции типа ПВУ. 6. Расскажите о принципе действия аэрогидродинамического кондиционирования воздуха. 7. Объясните работу технологической и принципиальной схем управления теплогенератором типа ТГ. 8. Как управляют электрокалориферной установкой типа СФОЦ? 9. Какие установки используют для местного обогрева животных и птицы? 10. Для чего предназначены и как работают установки для управления освещением птичников?

Глава 14

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ

14.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В сельском хозяйстве воду используют для нужд населения и поения животных, приготовления пищи и кормов, полива растений, тушения пожаров и для других производственных целей.

Водоснабжение сельскохозяйственных потребителей хорошо механизировано и автоматизировано. Благодаря механизации и автоматизации человек практически освобожден от ручного труда при добыче, доставке и распределении воды на животноводческих фермах и в быту. Производительность труда по водоснабжению увеличилась в 20 раз, эксплуатационные затраты снизились в 10 раз. Кроме того, при поении животных из автопоилок увеличивается продуктивность КРС на 10 %, а птицы — на 15...20 %.

Для подъема и раздачи воды применяют водонасосные установки, состоящие из водоприемников, очистных сооружений, резервуаров чистой воды или водонапорных башен соединительной водопроводной сети и электронасосов со станциями управления. Наиболее широко в сельском хозяйстве распространены *центробежные и осевые насосы*. Их выполняют в моноблоке с электродвигателями и погружают в воду, в трубчатые колодцы диаметром 100...250 мм (*погружные насосы*) или располагают на поверхности земли. Есть погружные насосы с электродвигателями, расположенными над скважиной. Эти насосы называют *артезианскими*.

Для подъема воды из открытых водоемов и шахтных колодцев применяют также *плавающие* центробежные насосы. Широко рас-

пространены так называемые *объемно-инерционные* насосы с электромагнитным вибрационным приводом. Эти насосы имеют малую подачу воды (до $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ при напоре 20 м). Сельское население использует их в быту.

В сельском хозяйстве применяют водонасосные установки трех типов: башенные с водонапорным баком, безбашенные с водонапорным котлом и с непосредственной подачей воды в водонапорную сеть. Почти в 90 % случаев используют башенные водонасосные установки с расходом воды до $30 \text{ м}^3/\text{ч}$. Если расход воды составляет $30...65 \text{ м}^3/\text{ч}$, то рекомендуют двухагрегатные насосные станции с водонапорным котлом. При расходе воды более $65 \text{ м}^3/\text{ч}$ экономически целесообразно использовать насосные установки с непосредственной подачей воды в распределительную сеть (оронительную систему).

14.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОДОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ФЕРМ И НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Автоматизация безбашенной насосной установки. Автоматическая водоподъемная установка типа ВУ с воздушно-водяным котлом (гидропневматическим аккумулятором) предназначена для подъема воды из открытых водоемов и шахтных колодцев глубиной до 5 м при напоре от 25 до 80 м. Установка состоит из всасывающей трубы 1 (рис. 14.1) с приемным фильтром насосного агрегата 2, нагнетательного 3 и водоразборного 12 трубопроводов с запирающими вентилями 5, воздушно-водяного бака 4 с датчиком давления 8 и струйным регулятором запаса воздуха, имеющим ка-

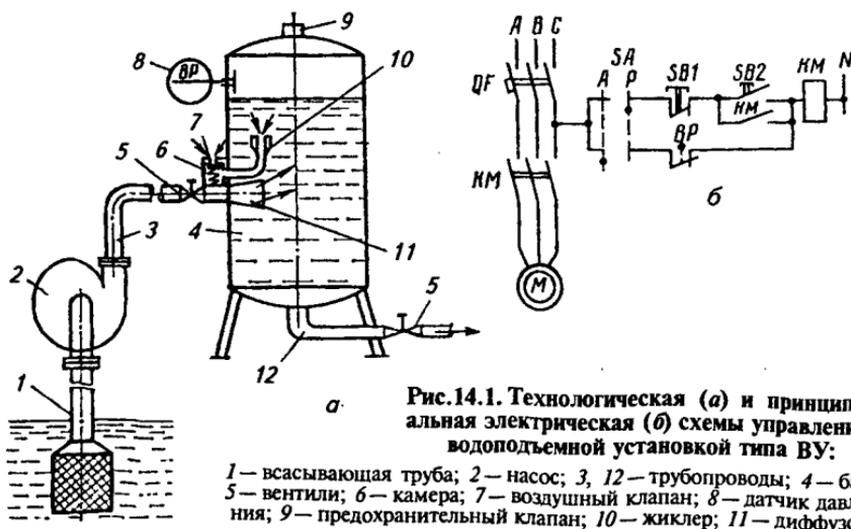


Рис.14.1. Технологическая (а) и принципиальная электрическая (б) схемы управления водоподъемной установкой типа ВУ:

1 — всасывающая труба; 2 — насос; 3, 12 — трубопроводы; 4 — бак; 5 — вентили; 6 — камера; 7 — воздушный клапан; 8 — датчик давления; 9 — предохранительный клапан; 10 — жиклер; 11 — диффузор

меру смешивания 6, воздушный клапан 7, жиклер 10 и диффузор 11. Схема управления в автоматическом режиме работает следующим образом. Вода к потребителю поступает под давлением воздушной подушки, расположенной над водой в котле.

При разборе воды из котла давление в котле снижается и замыкаются контакты манометрического датчика давления *ВР*, катушка магнитного пускателя *КМ* получает питание и включает электронасос. При повышении уровня воды давление в котле увеличивается до заданного значения, при котором контакты *ВР* размыкаются и насос отключается. Для ручного управления электронасосом предназначены кнопки *SB2* «Пуск» и *SB1* «Стоп».

Объем воздушной подушки в баке постоянно уменьшается, так как часть воздуха растворяется и выносится с водой. Вследствие этого уменьшаются давление воздушной подушки и регулирующий объем воды в котле, а агрегат начинает чаще включаться в работу.

Для автоматического поддержания объема воздушной подушки служит струйный регулятор, который обеспечивает подкачку воздуха до давления в баке 250 кПа. При максимальных аварийных давлениях срабатывает предохранительный клапан 9. Пополнение воздуха происходит, когда жиклер 10 перекрыт водой. Струя воды, подаваемая насосом, создает разрежение в камере 6 (эффект пульверизации), воздушный клапан 7 открывается, и воздух, смешиваясь с водой, поступает в котел.

Безбашенные водокачки имеют низкий коэффициент использования объема бака (0,15...0,2) *V*, большой перепад напора (20...30 м) при малом регулирующем объеме *V_p* и взрывоопасны. Вследствие этого в сельском хозяйстве их применяют редко.

Автоматизация башенных водокачек. До 90 % насосных установок сельскохозяйственного водоснабжения составляют башенные водокачки Рожновского с погружными электродвигателями (рис. 14,2, а). Погружные электронасосы типа ЭЦВ (Э — электропогружной, Ц — центробежный, В — для воды) выпускают производительностью 0,63...1000 м³/ч при напоре 12...680 м. Погружной электродвигатель 1 в монолите с многоступенчатым насосом 2 закрепляют на водоподъемных трубах 3 и опускают в скважину 5. Трубы подвешивают к плите 7, установленной в помещении 11. Скважины выполняют из обсадных труб диаметром 100...450 мм. Электродвигатели выполняют сухими, полусухими и заполненными маслом или водой. Наиболее распространены электродвигатели, заполненные водой. Резинометаллические или пластмассовые подшипники их смазываются также водой. К электродвигателю подводят кабель 6, закрепленный на водоподъемных трубах хомутами 4. Всасывающая часть имеет сетку, задерживающую крупные примеси, находящиеся в воде.

Бак 12 водонапорной башни выполняют сварным из листовой стали и устанавливают на кирпичную, железобетонную или металлическую опору. К баку подводят напорно-разводящий трубопро-

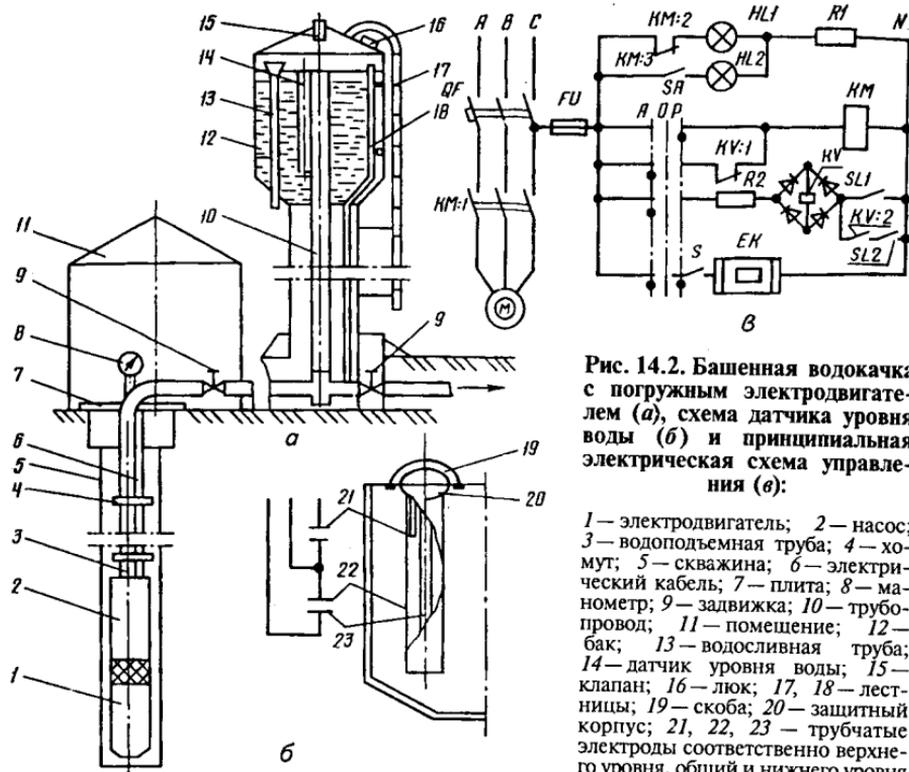


Рис. 14.2. Башенная водокачка с погружным электродвигателем (а), схема датчика уровня воды (б) и принципиальная электрическая схема управления (в):

1 — электродвигатель; 2 — насос; 3 — водоподъемная труба; 4 — хомут; 5 — скважина; 6 — электрический кабель; 7 — плита; 8 — манометр; 9 — задвижка; 10 — трубопровод; 11 — помещение; 12 — бак; 13 — водосливная труба; 14 — датчик уровня воды; 15 — клапан; 16 — люк; 17, 18 — лестницы; 19 — скоба; 20 — защитный корпус; 21, 22, 23 — трубчатые электроды соответственно верхнего уровня, общего и нижнего уровня

вод 10. Конец напорной трубы доводят до верхнего уровня, а отвод воды из бака происходит через обратный клапан у нижнего уровня. Бак оборудуют внешней 17 и внутренней 18 лестницами, люком 16, вентиляционным клапаном 15, датчиками уровня 14 и водосливной трубой 13, исключающей переполнение бака водой в случае неотключения насоса от датчиков верхнего уровня. На водопроводе ставят манометр 8 и задвижки 9.

Электродный датчик уровня (рис. 14.2, б) состоит из защитного корпуса 20, скобы 19 для крепления датчика в баке и трубчатых электродов: верхнего уровня 21, нижнего уровня 23 и общего 22. Внутри центрального электрода расположен нагревательный элемент, который включают в холодное время для исключения обмерзания электродов.

На рисунке 14.2, в показана электрическая схема управления типа ПЭТ башенной насосной водокачкой. Она позволяет в ручном и автоматическом режимах пускать и останавливать электронасос, защищает электродвигатель от перегрузок и коротких замыканий, сигнализирует с помощью сигнальных ламп о включенном и отключенном состоянии насоса.

Вручную электронасос включают, переводя переключатель *SA* в положение *P*, а отключают — переводя его в положение *O*.

Автоматический режим работы задают, переводя переключатель *SA* в положение *A*. Если в башне нет воды, то контакты (электроды) датчиков верхнего *SL1* и нижнего *SL2* уровней разомкнуты, следовательно, контакты *KV:1* реле *KV* в цепи катушки магнитного пускателя *KM* замкнуты. Магнитный пускатель срабатывает и включает электронасос *M*. По мере накопления воды в башне перекрываются водой сначала контакты *SL2* нижнего уровня, а затем *SL1* верхнего уровня, и реле *KV* через воду получает питание. Kontakтами *KV:1* оно разрывает цепь питания магнитного пускателя *KM*, и электронасос отключается. Реле *KV* остается включенным через контакты *SL1*, *KV:2* и *SL2*. Оно отключится только тогда, когда вода разомкнет не только верхние контакты, но и нижние. В этом случае контакты *KV:1* в цепи магнитного пускателя *KM* вызовут повторное включение электронасоса *M*. Отключенное состояние насоса определяют по зеленой лампе *HL1*, а включенное — по красной лампе *HL2*.

Для защиты двигателя применены тепловые расцепители магнитного пускателя *KM* и автомата *QF*. На холодный период года выключателем *S* включается электрообогреватель *EK* датчика, предотвращающий обледенение и вмерзание электродов датчика уровня воды в лед. Кроме рассмотренной станции управления типа ПЭТ, работающей с электродвигателями мощностью от 1 до 6 кВт, применяют другие станции управления аналогичного типа, а также систему автоматического управления насосными агрегатами с бесконтактными станциями управления типа ШЭТ и «Каскад».

14.3. СТАНЦИИ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫМИ АГРЕГАТАМИ

Бесконтактная станция управления типа ШЭТ выполнена на полупроводниковых логических элементах. По сравнению с контактными схемами бесконтактные станции дороже, но удорожание окупается увеличением срока службы и надежности работы как самой системы управления, так и электродвигателя. Для защиты электродвигателя от перегрузок и коротких замыканий имеется специальный блок защиты.

Принципиальная схема станции (рис. 14.3) работает следующим образом. При отсутствии воды в водонапорной башне контакты датчиков верхнего *SL1* и нижнего *SL2* уровней разомкнуты. Вследствие этого на входах *Bx.5* и *Bx.6* сдвоенного логического элемента *ИЛИ* — *НЕ* сигналы отсутствуют, а на его выходе сигналы появляются и через диоды *VD8* и *VD9* поступают на усилитель *У*, который усиливает входной сигнал, вызывающий срабатывание промежуточного реле *KV* и загорание сигнальной лампы *HL*. Реле *KV* своими контактами включает магнитный пускатель *KM*, а пос-

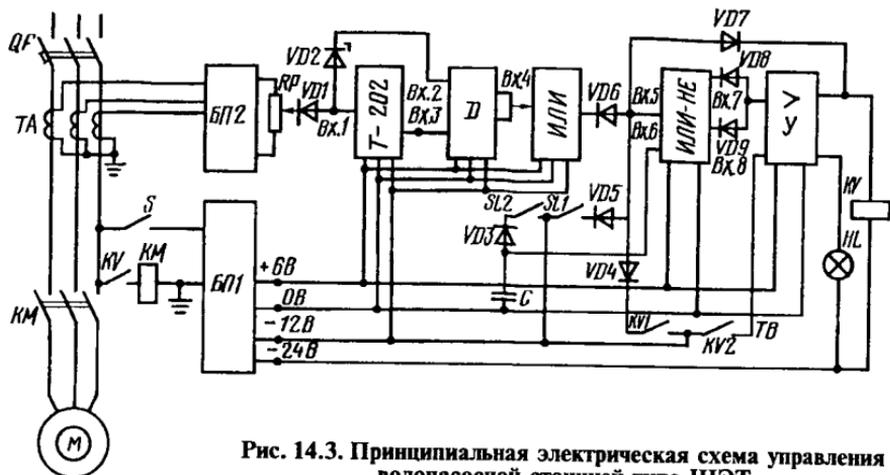


Рис. 14.3. Принципиальная электрическая схема управления водонасосной станцией типа ПЭТ

ледный — электронасос *M*. По мере заполнения башни водой сначала замыкаются контакты датчика *SL2* нижнего уровня, а затем контакты датчика *SL1* верхнего уровня. При замыкании контактов *SL2* на *Bx.6* подается отрицательный потенциал, вследствие чего на диоде *VD9* выходной сигнал исчезает, а на диоде *VD8* выходной сигнал есть, благодаря чему насос не отключается. Когда вода замыкает контакты датчика *SL1* верхнего уровня, на *Bx.5* поступает сигнал и на диоде *VD8* выходной сигнал также исчезает. Вследствие этого лампа *HL* и реле *KV* отключаются, что вызывает выключение электронасоса.

При расходе воды вначале размыкаются контакты *SL1* верхнего уровня, но это не приводит к включению электродвигателя, так как вместо выходного сигнала от датчика на вход *Bx.5* через диод *VD7* и реле *KV* подается отрицательный потенциал от источника — 24 В. При размыкании контактов *SL2* нижнего уровня на *Bx.6* сигнал исчезает, что вызывает автоматическое повторное включение электронасоса.

Элементы логики и выдержки времени *D*, а также элемент *ИЛИ* вместе с блоком питания *БП2* защищают двигатель от перегрузок и работы в аварийных режимах. Датчиком тока служит трансформатор тока *ТА*, выпрямленный ток которого поступает на потенциометр *RP*. Посредством потенциометра *RP* устанавливают значение токов срабатывания защиты при перегрузках и коротких замыканиях электродвигателя. При токах перегрузки срабатывает бесконтактное реле, с которого на вход *Bx.3* поступает сигнал, вызывающий срабатывание элемента выдержки времени *D*. С элемента *D* сигнал с выдержкой времени через элемент *ИЛИ* поступает на вход *Bx.5* элемента *ИЛИ — НЕ*, что вызывает отключение реле *KV* и электронасоса *M*. При токах короткого замыка-

ния напряжение на потенциометре *RP* возрастает в несколько раз, вследствие чего открывается стабилитрон *VD2* и через вход *Vx.2* на элемент *D* поступает сигнал, минуя цепочку выдержки времени в элементе *D*. С элемента *D* сигнал последовательно поступает на входы *Vx.4* и *Vx.5* и исчезает у входа *Vx.7*, что вызывает отключение электронасоса без выдержки времени.

Станция ШЭТ позволяет управлять электронасосом при помощи телемеханики. Для этого устанавливаются реле приема телесигналов управления, контакты *KV2* и *KV1* которых соответственно включают и отключают электронасос. Параллельно контактам можно установить кнопочные станции для дистанционного включения и отключения насоса. Логические элементы питаются от блока питания *БП1*, который подключается к электрической сети выключателем *S*.

Комплектная станция «Каскад» предназначена для автоматического и дистанционного управления погружными электродвигателями (мощностью от 1 до 65 кВт) водонасосных и дренажных станций. В станции предусмотрена защита электродвигателя от перегрузок, коротких замыканий и сухого хода, т. е. от работы двигателя без воды (для двигателей мощностью 4,5 кВт и выше).

Станция управления «Каскад» (рис. 14.4) может работать в двух режимах: управление по уровню и давлению. Однако серийные станции обычно рассчитаны на один из режимов, как правило, управление по уровню. В этом режиме команда на включение насоса вырабатывается ячейкой управления по уровню (*ЯУУ*) при опорожнении бака (контакты датчика верхнего *KВУ* и нижнего *КНУ* уровней разомкнуты). Эта команда поступает в выходной узел (*ВУ*) и через определенное время (до 30 с), устанавливаемое при наладке, включает реле *K1* и магнитный пускатель *КМ*.

Когда уровень воды достигнет контактов датчика *КВУ*, ячейка *ЯУУ* вырабатывает команду на отключение насоса. Команда поступает в *ВУ*, реле *K1* и пускатель *КМ* обесточиваются. При падении уровня воды ниже местоположения датчика *КНУ* цикл повторяется.

Возможно также использование станции «Каскад», оборудованной ячейкой управления по давлению *ЯУД* (ячейка *ЯУУ* отсутствует). При снижении уровня воды в водонапорной башне (рис. 14.4) уменьшается давление воды в водопроводе, фиксируемое датчиком давления воды *ДДВ*. При замыкании контактов этого датчика ячейка *ЯУД* выдает команду на включение насоса, которая запоминается *ВУ*. При этом насос остается включенным независимо от состояния *ДДВ*. Отключение насоса произойдет через определенное время, необходимое для заполнения бака (резервуара) водой. Это время (5...90 мин) устанавливается обслуживающим персоналом. Повторно насос включается автоматически после понижения уровня воды в баке и замыкания контактов *ДДВ*.

Работа насосной установки в режиме дренажа аналогична рабо-

14.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Общие сведения. Под гидромелиоративной системой понимают совокупность оросительных, осушительных и обводнительных систем, создающих благоприятный водный режим для развития растений.

Оросительная система предназначена для пополнения запасов воды в недостаточно увлажненной почве и применяется в тех зонах, где растения систематически испытывают недостаток в воде. Система состоит из водозаборных сооружений, магистральных каналов и распределительной сети по участкам орошения.

Осушительная система предназначена для отвода избытка воды и осушения избыточно увлажненных и заболоченных земель. Она состоит из открытых водосточных каналов, закрытых дренажных водотоков и других устройств.

Обводнительная система предназначена для снабжения водой населенных пунктов, сельскохозяйственных животных и птицы в степных и полупустынных районах, не имеющих естественных водоисточников. Система состоит из прудов, небольших каналов и колодцев. Обводнительная система имеет менее разветвленную распределительную сеть, чем оросительная.

Автоматизация гидромелиоративных систем имеет свои особенности, обусловленные следующими специфическими свойствами объектов управления.

Во-первых, объекты управления отличаются большими мощностями установок и значительной рассредоточенностью по площади. Управляемые объекты связаны через водную среду, вследствие этого имеет место взаимное влияние между ними, например, изменение уровня или расхода воды в одном канале вызывает изменение этих же параметров в соседних каналах. Таким образом, процесс автоматического регулирования должен учитывать связь между регулируемыми параметрами на большой территории.

Во-вторых, все оборудование гидротехнических сооружений, начиная от мощных головных водозаборных устройств и кончая выпускными устройствами на поле, должно работать синхронно и согласованно. В водоводах существует естественная прямая гидравлическая связь от вышележащих водозаборных сооружений к нижележащим водовыпускным. Для автоматизации таких систем необходима организация телемеханических каналов связи.

В-третьих, составленные ранее планы водоиспользования требуют постоянной корректировки в зависимости от атмосферных условий, поведения грунтовых вод, состояния источников воды для орошения и других факторов. Поэтому для централизованного управления такими рассредоточенными системами и своевременной корректировки режимов их работы требуется автоматизация процессов сбора и передачи на диспетчерские пункты управления большого количества информации о состоянии отдельных звеньев

и параметров многочисленных объектов, исчисляемых сотнями. Число измерительных и исполнительных органов должно быть таким, чтобы обеспечивалось надежное управление и контроль за параметрами во всех зонах оросительной сети.

В-четвертых, процесс распределения воды характеризуется большим запаздыванием и малыми скоростями увеличения и уменьшения расходов, особенно в открытых каналах. Поэтому для обеспечения непрерывного управления и потребления воды следует иметь резервные объемы и емкости и знать характеристики системы как в установившихся, так и в переходных режимах.

В-пятых, большинство водохозяйственных установок работает на открытом воздухе, в основном в вегетативный период, а в зимний период они находятся в нерабочем состоянии и при несоблюдении условий хранения разрушаются.

При всем многообразии объекты гидромелиоративных систем можно разделить на такие основные группы:

головные водозаборные и магистральные сооружения;

регулируемые гидротехнические сооружения линейного вододеления с электрическими или гидравлическими ИМ;

насосные станции машинного водоподъема для питания дождевальных машин, осушительных систем и т. д.;

насосные установки артезианских скважин вертикального дренажа, орошения и водоснабжения;

мелиорированные поля при различных способах управления влажностью почвы.

Рассмотрим общие подходы к автоматизации таких важнейших гидромелиоративных процессов, как водоподача, водораспределение и регулирование влажностного режима почв.

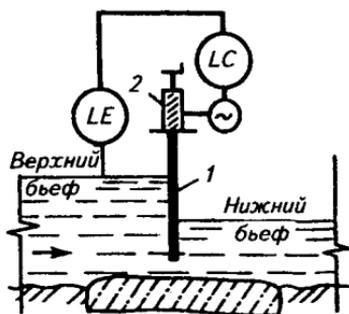
Автоматизация водораспределения. Существуют открытые (каналы) и закрытые (трубопроводы) системы водораспределения. Автоматизация открытой системы водораспределения и регулирования уровня воды основывается на стабилизации уровня в верхнем или нижнем бьефах гидротехнических сооружений. Существует несколько способов регулирования, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки и должен быть соотнесен с местными условиями.

При *регуливании по верхнему бьефу* головное сооружение магистрального канала оборудуют средствами автоматизации, обеспечивающими поступление в оросительную систему заданного количества воды независимо от колебаний уровня воды в нижнем бьефе.

Распределение поступающей в систему воды обеспечивается за счет установки в магистральном канале перегораживающих сооружений (рис. 14.5), автоматически поддерживающих уровень в верхнем бьефе. Регулятор уровня действует по многопозиционному принципу, позволяя регулировать степень подъема заграждения I. Специальное реле времени предупреждает срабатывание регулятора при случайных колебаниях уровня воды верхнего бьефа.

Рис. 14.5. Схема стабилизации верхнего бьефа:

1 — заграждение; 2 — привод заграждения



Особенность схемы регулирования по верхнему бьефу заключается в том, что между бьефами магистрального канала, образовавшимися в результате установки автоматических регуляторов уровня, существует только прямая гидравлическая связь. В результате при прекращении полива какого-то участка и закрытии соответствующего водовыпуска излишний расход воды поступает в нижерасположенный бьеф, из него в следующий и т. д. При этом все нижерасположенные перегораживающие сооружения сохраняют постоянный уровень в своих бьефах, но вся избыточная вода уходит на сброс.

В случае незапланированного увеличения потребления воды одним из потребителей все нижерасположенные перегораживающие сооружения автоматически перекрываются, транзитные расходы уменьшаются и наиболее удаленные потребители не получают достаточного количества воды.

Регулирование по верхнему бьефу дает наибольший эффект при оснащении системы средствами автоматики и телемеханики, обеспечивающими управление и оперативный контроль за состоянием всех сооружений системы и позволяющими оперативно устранять отклонения от заданного режима работы, обеспечивая баланс между водозабором и водопотреблением.

При *регуливании по нижнему бьефу* разбор воды потребителями не ограничивается. Информация о разборе воды передается на головное сооружение для автоматического регулирования подачи воды в оросительную систему путем установки по длине магистрального канала заграждений, оборудованных автоматикой поддержания уровня в своих нижних бьефах. При этом способе регулирования между бьефами магистрального канала существует не только прямая, но и обратная гидравлическая связь. В результате каждое изменение режима работы нижерасположенного бьефа вызывает перестройку работы всех вышерасположенных сооружений, включая и головное, которое, кстати, также оборудуют автоматическим регулятором, стабилизирующим уровень в начале магистрального канала.

Например, при увеличении потребления воды на каком-то участке оросительной системы автоматически открывается вышерасположенное заграждение, поддерживая уровень в нижнем бьефе. Понижение уровня в верхнем бьефе отрабатывается следующим заграждением вплоть до головного сооружения, увеличивающего подачу воды в магистральный канал.

Преимущество этого способа регулирования — наличие постоянного резерва воды, распределенного в бьефах магистрального канала.

Смешанное регулирование — это регулирование по нижнему бьефу, дополненное ограничениями колебаний максимальных и минимальных уровней в верхних бьефах. Этот способ исключает опасность переполнения бьефов и перелива воды через бровку канала в случае аварии на головном сооружении.

Такая система в нормальных условиях осуществляет регулирование по нижнему бьефу, а в случае опасности переполнения или опорожнения магистрального канала переключается на регулирование по верхнему бьефу, поддерживая уровни за счет увеличения или уменьшения конечного сброса.

Регулирование непосредственным отбором расходов не требует установки перегораживающих заграждений. Отводы оборудуют автоматическими устройствами, позволяющими стабилизировать расходы воды независимо от уровня в магистральном канале.

В общем случае способ регулирования водораспределения должен быть определен технико-экономическим расчетом, учитывающим рельеф местности, водные ресурсы, мелиоративное состояние земель, режим орошения и другие факторы.

Закрытые оросительные системы по сравнению с открытыми обладают такими преимуществами, как меньшие потери воды на сбросы, испарение и фильтрацию, меньшее число регулирующих устройств, сокращение транспортирующей сети и повышение коэффициента использования земли.

Водораспределение в закрытых оросительных системах происходит так же, как и при регулировании по верхнему бьефу в открытых каналах, поскольку поступившая в систему вода распределяется посредством автоматизированных гидрантов, задвижек и водовыпусков, работа которых контролируется с диспетчерского пункта так же, как и работа головного сооружения, представляющего собой насосную станцию или водозаборный гидроузел (при комбинированной, т. е. самотечно-напорной системе).

14.5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТНЫМ РЕЖИМОМ ПОЧВ

Поверхностное орошение — наиболее простой способ, при котором используются закрытые трубопроводы или открытые лотки. Вода распределяется системой распределительных и поливных лотков, оборудованных гидравлическими регуляторами расхода.

Дождевание — распространенный способ машинного орошения, эффективно повышающий влажность и снижающий температуру в приземном слое воздуха. Дождевальные системы хорошо поддаются механизации и автоматизации.

Рис. 14.6. Принципиальная схема автоматизации стационарной системы дождевания:

1 — насосная станция; 2 — перепускной клапан; 3 — напорный клапан; 4 — магистральный напорный трубопровод; 5 — поливные трубопроводы; 6 — дождевательные аппараты

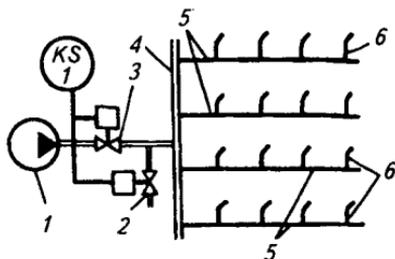


Схема стационарной системы дождевания с программным управлением представлена на рисунке 14.6. Система состоит из насосной станции 1, магистрального напорного трубопровода 4 и поливных трубопроводов 5 с установленными на них дождевальными аппаратами 6, каждый из которых подключен к трубопроводу через трехпозиционный гидроклапан. При подаче воды в напорный трубопровод открываются гидроклапаны дождевательных аппаратов первого ряда (ближайшие к напорному трубопроводу). Через заданное время программное устройство *KS1* формирует кратковременный импульс снижения давления в напорном трубопроводе за счет закрытия напорного клапана 2 и открытия перепускного клапана 3. Каждый такой импульс приводит к закрытию гидроклапанов действующего ряда дождевательных аппаратов и открытию следующего.

Преимущество описанной системы — отсутствие необходимости в специальных каналах связи на орошаемой площади, недостаток — возможность изменения нормы полива только от одного дождевательного аппарата к другому в строгой последовательности.

Значительно более совершенны системы дождевания с широкозахватными дождевальными машинами типа «Фрегат», «Волжанка», ДМ и т. д. «Фрегат» представляет собой самоходную дождевальную машину с гидравлическим приводом передвижения, представляющую собой водоподводящий трубопровод с дождевальными аппаратами, установленный на тележках. Тележки перемещаются по кругу вокруг неподвижной опоры, совмещенной с гидрантом для подачи воды в трубопровод. При этом каждая тележка имеет свой гидропривод, который работает за счет энергии воды, поступающей из трубопровода. Оригинальная схема гидропривода (рис. 14.7) позволяет решить две задачи: автоматическое управление передвижением и управление процессом дождевания.

Вода из водоподводящего трубопровода 14 через регулирующий клапан 11 поступает в распределительный клапан-распределитель 4. Если плунжер клапана-распределителя находится в верхнем положении, то вода по пустотелому штоку 7 поршня 8 поступает в цилиндр 9. Так как поршень закреплен на опоре машины неподвижно, а цилиндр способен передвигаться, то под давлени-

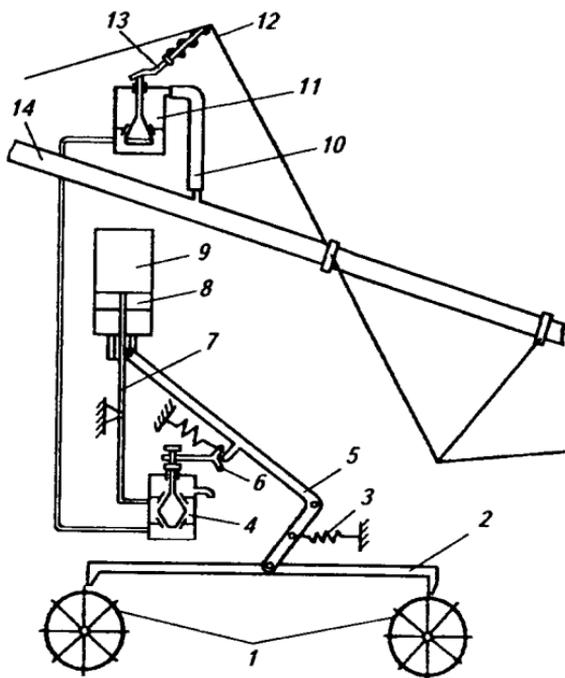


Рис. 14.7. Схема гидропровода передвижения дождевальной машины «Фрегат»:

1 — ходовые колеса; 2 — толкатель; 3 — возвратная пружина; 4 — клапан-распределитель; 5 — рычаг; 6 — рычажный переключатель; 7 — пустотелый шток; 8 — поршень; 9 — цилиндр; 10 — гибкий шланг; 11 — регулирующий клапан; 12 — тяги; 13 — регулирующий стержень; 14 — трубопровод машины

ем воды он перемещается вверх, поворачивая колеса 1 тележки на определенный угол через систему рычаг 5 — толкатель 2.

В крайнем верхнем положении цилиндра рычаг 5 переводит рычажный переключатель 6 и связанный с ним плунжер клапана-распределителя 4 в нижнее положение. В результате цилиндр отсекается от трубопровода, сообщается со сливом и под действием собственного веса опускается, а вода при этом сливается. Толкатель 2 перемещается вправо и входит в зацепление со следующими зацепами колес.

В крайнем нижнем положении цилиндра рычажный переключатель 6 перемещает плунжер клапана-распределителя вниз и цикл повторяется. Естественно, что для сохранения линейности трубопровода тележки, находящиеся на разном расстоянии от оси, должны двигаться с разной линейной скоростью. Схема гидропровода тележек обеспечивает это условие.

При отставании тележки изгибается прилегающий к ней участок трубопровода, что приводит к натяжению тяги 12, связанной с

регулирующим клапаном 11. Перемещение плунжера этого клапана вниз увеличивает подачу воды в цилиндр 9, уменьшает время его заполнения и увеличивает частоту ходов толкателя. В результате скорость тележки возрастает и трубопровод машины выравнивается. Аналогичным образом, но с уменьшением подачи воды, замедляется ход тележки, если трубопровод изогнулся в противоположную сторону. Такой системой регулирования снабжены все тележки, кроме последней. Эта последняя имеет на трубопроводе и цилиндре кран-задатчик, с помощью которого задается скорость движения тележки, а остальные тележки по описанной схеме синхронизируют с ней свое движение.

Равномерность увлажнения орошаемой площади обеспечивается соответствующей регулировкой дождевальных аппаратов (чем дальше от неподвижной опоры, тем производительность выше) и составлением специальной программы полива, учитывающей рельеф, время суток и метеоусловия. Эту программу составляют на сутки, а выполняется она программным устройством.

Широкозахватные дождевальные машины «Волжанка» и «Днепр» — это машины позиционного действия. В машине «Днепр» обеспечивается автоматическое выравнивание трубопровода во время передвижения, причем в качестве датчиков изгиба трубопровода используются конечные выключатели в цепи управления приводными двигателями.

Капельное орошение — самый экономичный способ увлажнения, при котором вода подается прямо в корнеобитаемый слой небольшими дозами через специальные водовыпускные отверстия (капельницы), устанавливаемые через каждые 50...100 см на увлажняющих трубопроводах. Управление системой капельного орошения должно обеспечивать нужную очередность увлажнения отдельных участков и корректировать норму полива каждого из них. Первая задача решается с помощью клапанов с электромагнитным приводом, управляемых программным устройством, вторая — изменением напора в распределительных трубопроводах, а также дозированием времени работы отдельных секций поливаемого участка.

Система автоматического управления капельным орошением представлена на рисунке 14.8. Программа, определяющая очередность и время орошения участков, вводится в блок задания и обработки программы 1. Сигнал разрешения полива участка поступает на блок элементов И и логический блок 3 сравнения, где сравниваются заданное и действительное значения влажности, измеряемые влагомерами 6. При дефиците влажности логическим блоком И вырабатывается команда на управление соответствующим исполнительным механизмом 4.

Осушение земель производится в зонах избыточного увлажнения, а также в районах орошения из-за заболачивания орошаемых участков. Различают неуправляемый и управляемый режимы осу-

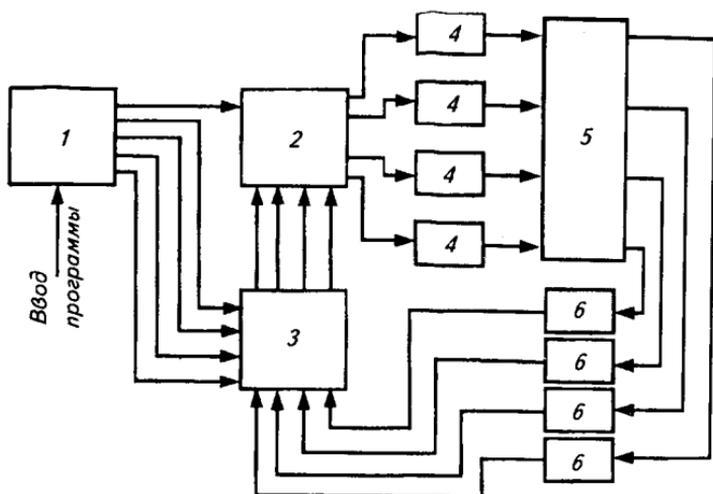


Рис. 14.8. Схема управления капельным орошением:

1 — блок задания; 2 — блок элементов И; 3 — логический блок; 4 — исполнительные механизмы; 5 — объект орошения; 6 — влагомеры

шения. При неуправляемом режиме с осушаемой площади отводится максимально возможное количество воды, определяемое параметрами осушительной сети или мощностью осушительных насосных станций. Управляемый режим применяют для регулирования уровня грунтовых вод, обеспечивающего наиболее благоприятный водно-воздушный режим почвы.

14.6. АВТОМАТИЗАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ МЕЛИОРАЦИИ

В мелиоративном хозяйстве насосные станции при орошении служат для заполнения водохранилищ, подъема воды на командные отметки орошаемых полей, отвода сбросных оросительных и перекачки грунтовых вод, а при осушении — для перекачки сточных вод из каналов и коллекторов, а также для понижения уровня грунтовых вод.

Широкий опыт автоматизации насосных станций в мелиорации показал высокую ее эффективность. Она обеспечивает оптимальный режим работы электронасосов, учет количества подаваемой воды, сокращает число аварий и повышает надежность работы. Срок окупаемости средств на автоматизацию не превышает 1...3 лет.

Насосные станции в мелиорации характеризуются высокой подачей (до сотен тысяч кубометров в секунду) и большой мощностью (до тысяч киловатт). Для них обычно используют асинхрон-

ные короткозамкнутые электродвигатели мощностью до 300 кВт, рассчитанные на напряжение 380 В и 6,3 кВ (при мощности свыше 100 кВт). Если потребная мощность превышает 300 кВт, то рекомендуется применять синхронные двигатели напряжением 6,3 или 10 кВ.

Схемы автоматизации насосных станций обеспечивают пуск и остановку электродвигателей, заливку насосов, управление запорными задвижками, предохранение напорных трубопроводов от гидравлических ударов, защиту оборудования при авариях, сигнализацию о нормальных и ненормальных режимах работы оборудования, контроль и измерение расхода, напора, горизонтов воды и т. п.

Насосные станции в мелиорации снабжают специальными баками-аккумуляторами и вакуум-насосами для предварительной заливки основного насоса водой. При их отсутствии насосы ставят в заглубленных камерах ниже уровня водохранилища, а колено всасывающей трубы располагают выше уровня установки насоса.

Для облегчения пуска электродвигателя на напорных трубопроводах ставят электрифицированные задвижки. Насос пускают при закрытой задвижке, тогда момент сопротивления воды минимальный. Задвижка открывается автоматически после разгона агрегата и установления заданного давления и также автоматически закрывается при отключении электронасоса.

В качестве примера рассмотрим автоматизацию оросительной насосной станции с предварительной заливкой насоса водой и с управлением по уровню воды в водоприемном сооружении (рис. 14.9, а, б). В режиме ручного управления переключатель *SA* ставят в положение *P* и управляют работой оборудования при помощи кнопок *SB1...SB6*.

В автоматическом режиме переключатель *SA* ставят в положение *A*, тогда схема работает в соответствии с временной диаграммой (рис. 14.9, в). При понижении уровня в водоприемном сооружении до минимально допустимого значения замыкаются контакты *SL2* датчика уровня и срабатывает реле *KV1*, которое включает электромагнитный клапан *УА*, установленный на заливной линии насоса. Насос через этот клапан заливается водой, а воздух в насосе выходит через реле залива *K3*. В конце заполнения насоса водой срабатывает реле залива *K3* и включает реле *KV*, которое, в свою очередь, вызывает включение магнитного пускателя *KM1* и реле времени *KT*. Магнитный пускатель запускает электродвигатель *M1* привода насоса. При разгоне двигателя в напорном патрубке создается давление, от которого срабатывает реле давления *KSP*, включающее магнитный пускатель *KM2* и двигатель *M2* на открытие задвижки на напорном трубопроводе. При полном открытии задвижки двигатель *M2* выключается конечным выключателем *SQ1* и загорается сигнальная лампа *HL1*. Одновременно переключаются контакты конечного выключателя *SQ2* и гаснет лампа *HL2*. Струйное реле

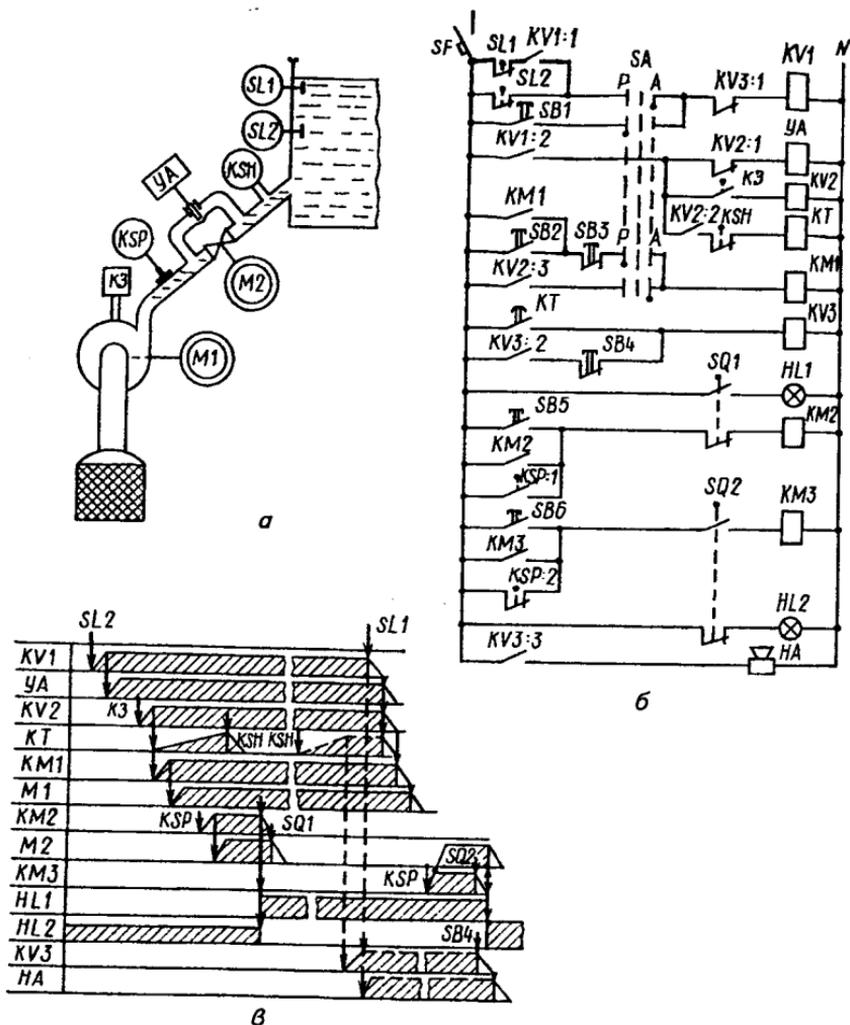


Рис. 14.9. Технологическая (а) и принципиальная электрическая (б) схемы управления оросительной насосной станцией и временная диаграмма (в) ее работы

KSH, реагируя на движение воды в трубопроводе, размыкает свои контакты в цепи реле времени *KT* и отключает его.

Отключение насоса происходит от датчика *SL1* верхнего уровня воды в водонапорном сооружении. Его контакты размыкают цепи тока реле *KVI*, которое отключает электромагнит *YA*, реле *KV2*, а затем магнитный пускатель *KM1* и двигатель *M1* насоса. Давление воды в напорном трубопроводе снижается до статического давления столба воды со стороны водохранилища. При этом

давлении контакты реле давления *KSP* возвращаются в исходное положение и магнитный пускатель *KM3* включает двигатель *M2*, закрывающий задвижку. При полном закрытии задвижки контакты конечных выключателей *SQ1* и *SQ2* занимают исходное положение, контакты *SQ2* отключают двигатель *M2*. Повторный автоматический пуск произойдет при снижении уровня воды до замыкания контактов *SL2*.

Реле времени *KT* предназначено для аварийного отключения насоса. Если, например при пуске, вода не поступает в водоприемное сооружение, то контакты струйного реле *KSH* остаются замкнутыми, реле времени включает аварийную сигнализацию *HA*. От реле *KV1* отключаются реле *KV2* и магнитный пускатель *KM1*, в результате останавливается электронасос *M1*.

Аварийное реле включено до тех пор, пока обслуживающий персонал не нажмет кнопку деблокировки *SB4*. Одновременно отключится электромагнитный клапан *УА*. Такая же последовательность работы схемы на отключение насоса будет и при случайном перерыве подачи воды (пунктирные линии на рисунке 14.9, в).

14.7. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЕРЕКАЧКИ СТОЧНЫХ ВОД

Для откачки сточных, дренажных и хозяйственно-фекальных вод используют низконапорные (8...95 м) высокопроизводительные (16...9000 м³) канализационные электронасосы. Канализационным насосам свойствен ряд отличительных особенностей: незаоряющееся одно- трехлопастное уширенное рабочее колесо; самоуплотняющееся соединение насоса с напорным трубопроводом; отсутствие направляющих аппаратов. Обычно эти насосы имеют простую конструкцию. Они оборудованы кнопочной станцией дистанционного управления электронасосным агрегатом при помощи магнитных пускателей.

В качестве примера рассмотрим систему автоматического управления двухагрегатной водоотливной насосной станцией (рис. 14.10). Вручную агрегаты включают и отключают с помощью кнопок *SB1...SB4*, в автоматическом режиме — с помощью электронных датчиков уровня *SL1...SL4*.

Задвижки *1* и *5* с ручным приводом закрывают при ремонте насосов. При работе насосов они открыты. Обратный поток жидкости через неработающий насос *4*, нагнетающий *3* и всасывающий *7* трубопроводы предотвращает клапан *2*. Сточные воды и навозная жижа собираются в резервуар *6*. По мере повышения их уровня замыкаются контакты датчиков *SL1*, *SL2* и общий электрод *8* (заземленная труба). Вначале от датчика *SL2* включается один насос. Если приток сточных вод больше, чем производительность насоса, то уровень стоков повышается и датчиком *SL3* включается второй электронасос.

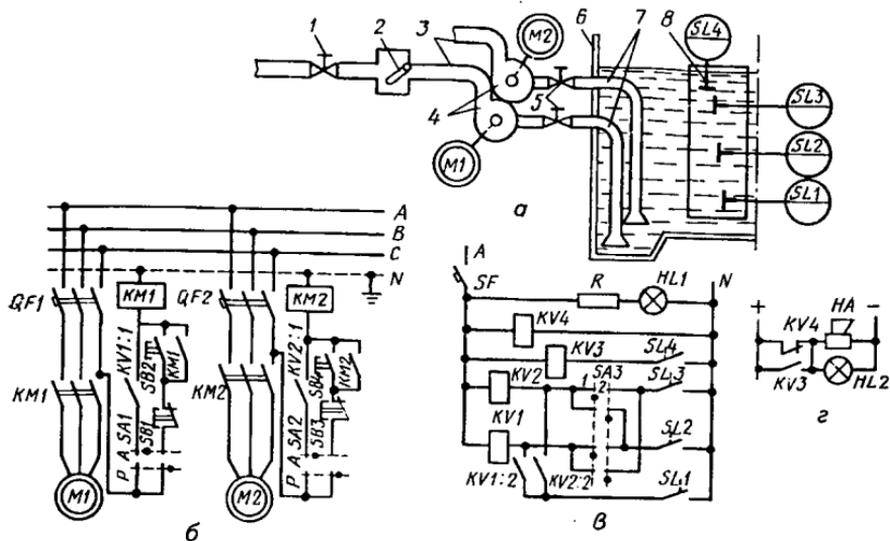


Рис. 14.10. Технологическая (а) и принципиальные электрические (б, в, г) схемы управления двухагрегатной откачивающей насосной станцией:

1, 5 — задвижки; 2 — клапан; 3 — нагнетающие трубопроводы; 4 — насосы; 6 — резервуар; 7 — всасывающие трубопроводы; 8 — электрод

Очередность включения агрегатов определяется переключателем *SA3*. Например, в положении 1 переключателя *SA3* вначале от датчика *SL2* срабатывает реле *KV1*, которое включает электродвигатель *M1* первого насоса, а затем от датчика *SL3* — реле *KV2* и второй электронасос *M2*. В положении 2 переключателя очередность включения насосов будет обратной. Вторыми парами контактов реле *KL1* и *KL2* шунтируют через датчик *SL1* цепи датчиков *SL2* и *SL3*. Благодаря этому шунтированию отключение реле *KV1* и *KV2*, а затем и насосов при снижении уровня сточной воды произойдет только тогда, когда разомкнется цепь датчика *SL1* нижнего уровня.

Если производительность и двух агрегатов меньше притока сточных вод, то от повышения уровня замыкается цепь датчика *SL4* и срабатывает реле *KV3*, которое включает аварийно-предупредительную звуковую *HA* и световую *HL2* сигнализации. Эти же сигнализации срабатывают от реле *KV4* при исчезновении напряжения питания. Цепи аварийной сигнализации получают питание от независимого источника.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие преимущества дает автоматизация водоснабжения? 2. Назовите типы и опишите принципы действия водонасосных установок. 3. Как работают схемы

управления безбашенной и башенной насосных станций? 4. Поясните работу схем управления типа ШЭТ и «Каскад». 5. Назовите особенности гидромелиоративных систем как объектов автоматизации. 6. Как осуществляется автоматизация водораспределения в оросительных системах? 7. Как происходит автоматическое управление влажностным режимом почв? 8. Изучите схему управления насосной станцией для мелиоративных систем. 9. Расскажите об автоматизации перекачки сточных вод.

Глава 15

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

15.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Под энергообеспечением понимают надежное и бесперебойное обеспечение сельских потребителей топливом, теплотой, электроэнергией, газом, теплыми воздухом и водой, горячей водой и паром.

Потребление энергии человечеством из года в год растет по экспоненте. За последнее столетие в мире израсходовано энергии больше, чем за всю историю своего развития, а за минувшую четверть века суммарное потребление возросло в 5 раз. Сельское хозяйство России с учетом местных видов топлива (в основном биомассы) потребляет около 10 % потребляемой энергии в целом по стране.

Огромное количество энергии расходуется в растениеводстве и на транспорте — около 50 %, в быту и коммунальном хозяйстве — 40 %, животноводстве — 10 %.

По структуре потребления жидкое топливо составляет около 35 %, уголь — 30, местное топливо — 15, газ — 12 и электроэнергия — 8 %. От 60 до 80 % энергии этих источников преобразуется в тепловую энергию. Она расходуется на отопление жилых и производственных помещений, приготовление пищи и корма, подогрев воды и получение пара, подогрев почвы и воздуха в теплицах и т. п.

Автоматизация систем энергообеспечения имеет большое значение, поскольку без нее невозможно организовать экономичное, надежное и бесперебойное энергоснабжение сельских потребителей. Она является основным средством повышения безопасности труда, КПД и энергосбережения при преобразовании, передаче и использовании энергии.

15.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Теплоснабжение сельского хозяйства осуществляют в основном от котельных и отдельных котлов низкого давления, теплогенераторов и электронагревательных установок. Котлы используют

весьма широко, несмотря на их значительную металлоемкость и повышенную себестоимость тепловой энергии, а также большие потери теплоты при ее передаче от котельных к потребителям. Высокие пожароопасность и загрязненность отходами свойственны таким котлам. На их эксплуатации только в сельском хозяйстве занято более 500 тыс. операторов. Повсеместный переход на теплоснабжение от электроустановок в существенной мере устраняет указанные недостатки, но сдерживается дефицитом и высокой стоимостью электрической энергии, а также малой пропускной способностью сельских распределительных электросетей. Автоматизация котлов и теплогенераторов существенно облегчает труд операторов и частично их сокращает, повышает надежность и оперативность работы оборудования и снижает себестоимость получаемой теплоты, уменьшает на 10 % расход топлива. В то же время есть ряд потребителей, получающих теплоту только от электрической энергии, например инкубатории, электросварочные установки, установки локального обогрева молодняка птицы и животных, электрокалориферы и электроплиты.

В сельском хозяйстве используют паровые котлы типа КМ, КВ, ДКВР, МЗК паропроизводительностью 200...4000 кг/ч, давлением 0,1...1,3 МПа, температурой 110...190 °С. В котельных тепличных комбинатов установлены пароводяные котлы типа АВ, АПВ, ПТВМ, КВГМ, ДКВР, ДЕ и др. Такие котлы в водогрейном режиме подогревают воду до температуры 70...95 °С для обогрева теплиц, а в паровом режиме вырабатывают пар давлением 0,2 МПа и температурой около 130 °С для пропаривания почвы и собственных нужд.

Объем автоматической котельной установки рассмотрим по технологической схеме производства пара (рис. 15.1).

Топливо G_T и воздух G_B поступают в топку T котла. Продукты сгорания отдают теплоту воде, циркулирующей по контуру: барабан котла ($БК$) — опускные трубы ($ОТ$) — подъемные трубы ($ПТ$) — барабан котла. Пароводяная смесь в барабане котла разделяется на пар и воду. Пар G_p под давлением p_6 подается в пароперегреватель $ПП$, где его температура повышается до $t_{п2}$, а вода из барабана котла вновь опускается в нижний коллектор. Температура перегрева пара регулируется количеством воды $G_{впр}$, впрыскиваемой через регулируемый клапан $РК$ в пароохладитель $ПО$. Необходимый для окисления топлива воздух G_B нагнетается в топку котла дутьевым вентилятором $ДВ$ через воздухоподогреватель $ВП$, в котором его температура повышается за счет теплоты выпускных газов.

Движение выпускных газов G_T создается дымососом $ДС$ и регулируется направляющим аппаратом $НА$ таким образом, чтобы в верхней части топки было небольшое разрежение S_T , исключаящее «выбивание» выпускных газов в помещение котельной.

Питательная вода $G_{пв}$ подается в барабан котла через регулирую-

темы можно выделить ряд каналов регулирующих воздействий (сплошные линии на рис. 15.1, б), а остальные принять как возмущающие. Переходные процессы в котле протекают достаточно быстро, и поэтому выполнение технологических процессов с помощью ручного управления невозможно. Водогрейные котлы оборудуют регуляторами процесса сжигания топлива, а паровые котлы — еще и регулятором питания котла водой.

Процесс управления сжиганием топлива объединяет три взаимосвязанные системы: управления тепловой нагрузкой (т. е. мощностью котла); управления экономичностью процесса сжигания топлива; стабилизации разрежения в топке.

Управление тепловой нагрузкой сводится к стабилизации тепловой нагрузки котла, и поэтому соответствующий регулятор называется регулятором тепловой нагрузки (РТН).

Тепловая нагрузка или мощность котла в установившемся режиме пропорциональна его паропроизводительности $G_{\text{п}}$, а последняя пропорциональна давлению пара в барабане p_6 .

Процесс выработки пара представлен на схеме (рис. 15.2). Регулируемый параметр — давление пара в барабане p_6 , а регулирующее воздействие — изменение подачи в топку количеств топлива $G_{\text{т}}$ и воздуха $G_{\text{в}}$, результатом чего является изменение количества теплоты Q , выделяемой в топке, и давления в барабане p_6 . Основным внешним возмущением при регулировании p_6 является изменение потребления пара $G_{\text{п}}$ и подачи питательной воды $G_{\text{пв}}$. Оба этих возмущения не связаны с работой топки и воздействуют только на режим работы котла.

В существующих способах регулирования тепловой нагрузки объединены принципы регулирования по отклонению и по возмущению в зависимости от того, работает котел в базовом или регулирующем режиме.

В базовом режиме задача РТН — стабилизация тепловой нагрузки котла Q . При сжигании твердого топлива тепловую нагрузку котла оценивают по его паропроизводительности, а при сжигании газа или жидкого топлива она может быть определена по расходу топлива. Подачу твердого топлива $G_{\text{т}}$ в котел регулируют, изменяя длину хода плунжера пневмозабрасывателя или частоту вращения пылепитателей (в зависимости от способа сжигания топлива). Подачу жидкого топлива изменяют с помощью ре-

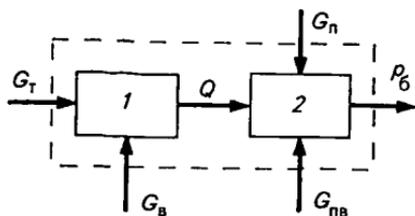


Рис. 15.2. Структурная схема парового котла при изменении (возмущении) потребления пара:

1 — топка; 2 — котел

гулирующего клапана, а газообразного — регулирующей заслонки на газопроводе к котлу.

Система автоматического управления в базовом режиме настраивается таким образом, чтобы учитывать только внутренние возмущения (например, изменение качества топлива и т. д.) и не реагировать на внешние (изменение потребления пара). При изменении потребления пара, о чем свидетельствует соответствующее изменение давления p_6 , главный регулятор изменяет задание подчиненным ему РТН отдельных котлов. В случае необходимости любой котел может быть переведен в базовый режим работы и обратно.

Практически приемлемая неравномерность (ошибка) регулирования давления пара p_6 для отопительно-производственных котельных составляет 0,15...0,2, МПа.

Управление экономичностью процесса сжигания топлива. Регулирование количества воздуха, подаваемого в топку, является основным условием экономичной работы котла. Это условие обеспечивается регулятором экономичности (РЭ), автоматически поддерживающим расчетное соотношение между количествами подаваемых в топку котла топлива G_T и воздуха G_B (рис. 15.3).

Схема «топливо — воздух» применима в случае работы котла на газообразном топливе, расход которого может быть точно измерен. Расход воздуха в схемах РЭ измеряется по перепаду на воздухоподогревателе ($\Delta p_{вп}$). При сжигании твердого и жидкого топлива в котлах малой мощности характеристикой расхода топлива может быть принято положение исполнительного механизма ИМ регулятора РТН.

Наиболее точный способ контроля экономичности процесса горения — измерение содержания кислорода в выпускных газах. Использование этого параметра в схемах регулирования сдерживается невысокой надежностью серийных газоанализаторов.

Во всех рассмотренных схемах регулирующим органом РЭ является направляющий аппарат (НА) дутьевого вентилятора ДВ (см. рис. 15.1).

Стабилизация разрежения в топке. Наличие небольшого (20...30 Па) постоянного разрежения в верхней части топки исключает выброс газов в помещение котельной, способствует устойчивости горения и является косвенным признаком материального баланса между нагнетаемым в топку воздухом G_B и выпускными газами G_T .

Регулятор разрежения воздействует на направляющий аппарат

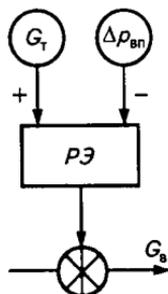


Рис. 15.3. Структурная схема регулятора экономичности «топливо—воздух»

НА дымососа ДС (см. рис. 15.1), а при работе дымососа на группу котлов — на поворотную заслонку в газоходе за водяным экономайзером. Топка котла, как объект регулирования разрежения обладает весьма незначительной инерцией.

Автоматическое управление процессом питания котла водой определяется жесткими требованиями к точности поддержания ее уровня в барабане H_6 , которые объясняются опасностью заброса воды в пароперегреватель («перепитка» котла) или оголения и пережога экранных труб («упуск» уровня).

Особенность барабана котла как объекта регулирования — заполнение его двухфазной средой (пароводяной смесью), плотность которой существенно зависит от давления.

Схемы автоматических регуляторов питания котла водой различны. Самая простая из них — одноимпульсный регулятор (рис. 15.4, а), действующий по отклонению уровня в барабане H_6 с помощью датчика LE и регулятора LC . Недостаток схемы: низкое качество стабилизации уровня. Для повышения качества используют двухимпульсный регулятор (рис. 15.4, б), действующий по отклонению уровня воды в барабане H_6 (датчик LE), с автоматической компенсацией изменения потребления пара пара $G_{пн}$ (датчик FE_1). Это уже комбинированная автоматическая система регулирования, учитывающая отклонение регулируемой величины и возмущающее воздействие по $G_{пн}$.

Наилучшие эксплуатационные характеристики имеет трехимпульсный регулятор (рис. 15.4, в), который стабилизирует уровень воды в барабане не только по сигналам изменения уровня и отбора пара $G_{пн}$, но и по изменению подачи воды (датчик FE_2).

Автоматизация деаэрационных установок. Эти установки предназначены для удаления из питательной воды растворенных газов, способствующих коррозии металлических поверхностей нагрева

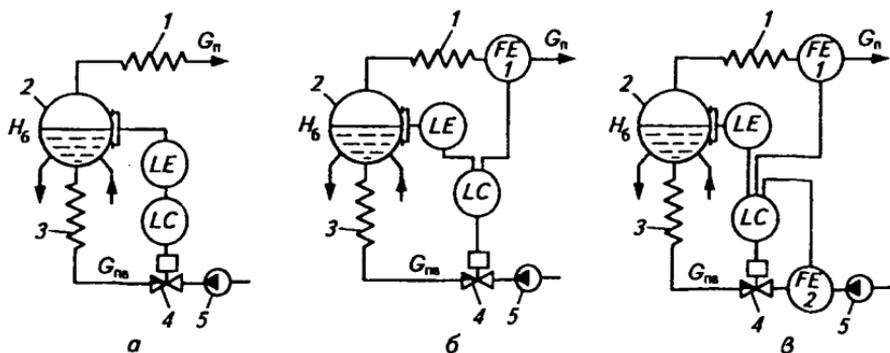


Рис. 15.4. Функциональные схемы регулятора уровня воды в барабане котла:

а — одноимпульсный; б — двухимпульсный; в — трехимпульсный; 1 — пароперегреватель; 2 — барабан; 3 — водяной экономайзер; 4 — регулирующий питательный клапан; 5 — питательный насос

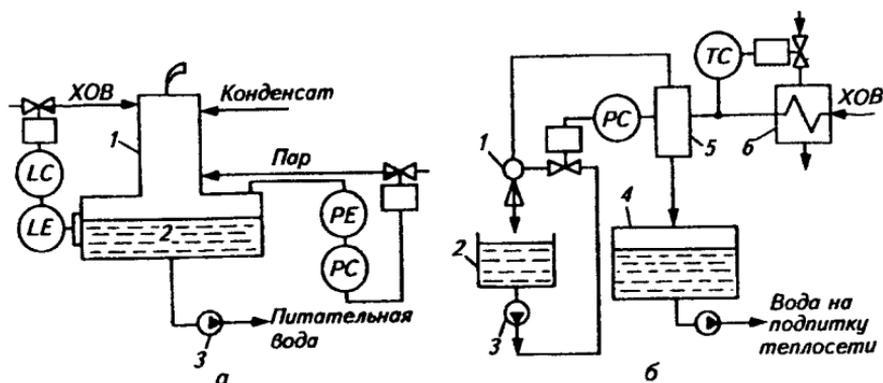


Рис. 15.5. Схемы автоматизации деаэрационных установок:

a — атмосферный деаэратор: 1 — головка деаэратора; 2 — бак-аккумулятор; 3 — питательный насос; *б* — вакуумный деаэратор: 1 — эжектор; 2 — бак рабочей воды; 3 — циркуляционный насос; 4 — бак-аккумулятор; 5 — корпус деаэратора; 6 — водяной подогреватель

котла и трубопроводов тепловых сетей. Остаточное содержание кислорода в сетевой воде для стальных водогрейных котлов не должно превышать 0,05 мг/кг, а в питательной воде для паровых котлов — 0,03 мг/кг.

Деаэратор представляет собой подогреватель, в котором одновременно с нагревом питательной воды происходит выделение, а затем удаление растворенных в воде газов. Конструкция установки (рис. 15.5, *a*) объединяет деаэрационную головку 1 и бак-аккумулятор 2 деаэрированной воды. Питательный насос 3 перекачивает воду из бака-аккумулятора в барабаны котлов. Количество этой воды для каждого из котлов определяется работой своего регулятора уровня.

В деаэрационной головке 1 создаются встречно-направленные потоки греющего пара (снизу-вверх) и деаэрируемой воды (сверху-вниз), в процессе перемешивания которых происходит нагрев воды до температуры кипения, что является необходимым условием эффективности процесса деаэрации.

В паровых котельных широко применяют деаэраторы атмосферного типа, давление в которых равно 0,12 МПа, что соответствует температуре насыщения 104 °С. Стабилизация этого параметра обеспечивается работой регулятора давления РС, действующего обычно по ПИ-закону.

Естественно, в цикле котельных установок неизбежны потери рабочего тела (пара и воды). Эти потери восполняются химически очищенной водой (ХОВ), поступающей на деаэрацию вместе с потоком конденсата.

Косвенный показатель соответствия между необходимыми ко-

личествами воды для питания котлов и деаэрированной смеси конденсата и ХОВ — постоянство уровня воды в аккумуляционных баках. Этот параметр поддерживается регулятором уровня LC с помощью регулирующего клапана на линии подачи ХОВ в деаэрационную головку.

Параллельно работающие деаэраторы объединяют по воде и по пару. Импульсы к регуляторам давления и пара отбирают из этих уравнивательных линий и на всю группу деаэраторов устанавливают один регулятор уровня LE и один регулятор давления PC .

В водогрейных котлах, где отсутствует теплоноситель — пар, деаэрация воды осуществляется в деаэраторах вакуумного типа. Основные условия деаэрации — кипение воды обеспечивается в этом случае понижением абсолютного давления в корпусе деаэратора до 7,5 кПа, что соответствует температуре насыщения 40 °С или, чаще, до 30 кПа, при котором вода кипит уже при 70 °С.

Соответствующее принятому режиму деаэрации давление в корпусе 5 деаэратора (рис. 15.5, б) поддерживается регулятором давления, управляющим производительностью водоструйного насоса (эжектора), откачивающего паровоздушную смесь из корпуса деаэратора.

Рабочая среда водоструйного насоса — вода, циркулирующая по замкнутому контуру: бак рабочей воды 2 — циркуляционный насос 3 — эжектор 1. Необходимая для вскипания температура деаэрируемой воды обеспечивается ее подогревом в водяном подогревателе 6 с управлением регулятором температуры $ТС$. Если давление в деаэраторе $7 \cdot 10^{-3}$ Па, то подогрева ХОВ не требуется, ибо, как указывалось ранее, температура деаэрации всего 40 °С. Уровень в баках-аккумуляторах 4 вакуумных деаэраторов поддерживается так же, как и в атмосферных.

Автоматическое регулирование температуры воды водогрейной котельной осуществляется в соответствии с температурой наружного воздуха $t_{нар}$, как того требует температурный график тепловой сети (рис. 15.6, а).

В водогрейных котельных принципы регулирования температуры $T_{пр}$ прямой воды зависят от вида сжигаемого топлива.

При сжигании газа минимальная температура воды на входе в котел должна быть не менее 60 °С, при сжигании малосернистого мазута — 70, высокосернистого — 110 °С и более. Поскольку большую часть отопительного периода температура $T_{обр}$ обратной теплофикационной воды не превышает 60 °С, то нужное значение температуры воды на входе в котел достигается подмешиванием к ней с помощью рециркуляционных насосов 1 (рис. 15.6, б) части воды, нагретой в котлах.

Особенность водогрейных котлов состоит в недопустимости парообразования в трубах, образующих поверхности нагрева. Для исключения этого явления в трубах котла нужно поддерживать давление 0,63...0,71 МПа и скорость воды не ниже 1 м/с. В соот-

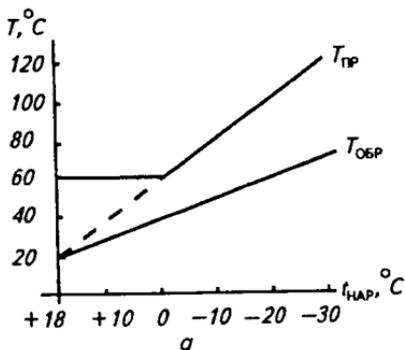
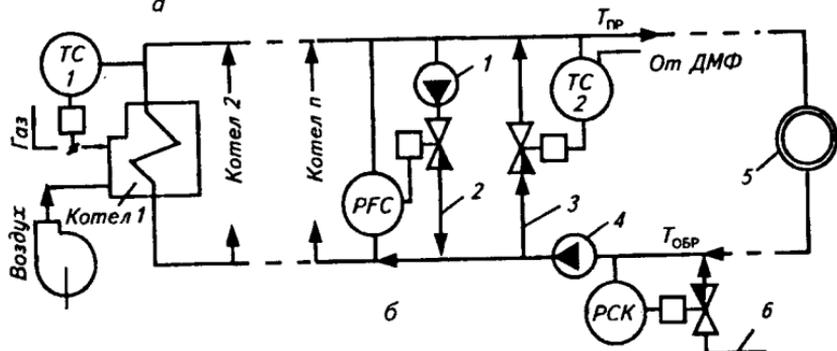


Рис. 15.6. Температурный график тепловой сети (а) и функциональная схема автоматизации водогрейной котельной (б):

1—рециркуляционный насос; 2—линия рециркуляции; 3—линия перепуска; 4—сетевой насос; 5—потребитель теплоты; 6—линия подпитки тепловой сети



ветвствии с этими условиями используется два общекотельных контура (рис. 15.6, б) регулирования постоянного суммарного расхода воды через котлы за счет изменения расхода воды через линию рециркуляции (регулятор *PFC*) и регулирования температуры воды, поступающей в тепловую сеть за счет изменения расхода воды через линию перепуска (регулятор *TC2*). Задание регулятору *TC2* корректируется в соответствии с температурным графиком автоматически или оператором, ориентирующимся на среднюю температуру наружного воздуха за истекшие полсутки.

Одинаковый расход воды через каждый из параллельно работающих котлов обеспечивается при наладке с помощью дроссельных шайб, выравнивающих гидравлические сопротивления трубопроводов. Постоянство суммарного расхода воды обеспечивается регулятором, стабилизирующим перепад давления между коллекторами прямой и обратной сетевой воды. Тепловая нагрузка каждого из котлов в отдельности стабилизируется регулятором *TC1*.

Температурный график тепловой воды сети тепличного комбината полезно корректировать по сигналу от датчика медленно изменяющихся метеофакторов (ДМФ), определяющих температурный режим теплиц (наружная температура, средняя скорость ветра и т. п.). Централизованная обработка этих возмущений суще-

ственно облегчает задачу регуляторов температуры воздуха в теплице и регуляторов, управляющих режимами работы тепловых пунктов блоков теплиц.

Автоматическое регулирование подпитки водой тепловой сети обеспечивает регулятор подпитки РСК, поддерживающий постоянное давление перед сетевым насосом 4.

15.3. АВТОМАТИКА БЕЗОПАСНОСТИ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Автоматика безопасности, объединяющая технологические устройства защиты и блокировки механизмов котла, обеспечивает заданную последовательность операций при растопке котла и его автоматическое отключение при отклонении технологических параметров от допустимых значений, т. е. в аварийной ситуации.

Устройства защиты действуют тогда, когда возможности автоматического или дистанционного управления по предотвращению аварийных отклонений параметра исчерпаны и технологический процесс должен быть изменен или приостановлен.

Объем аварийных защит определяется требованиями СНиП и зависит от типа котла и вида сжигаемого топлива.

Паровые котлы на твердом топливе (слоевое сжигание) отключаются с остановкой тягодутьевых установок и механизмов, подающих топливо в топку:

- при снижении давления воздуха под колосниковой решеткой;
- повышении давления в топке;

- повышении или понижении уровня воды в барабане котла.

Паровые котлы на жидком или газообразном топливе отключаются с прекращением подачи газа:

- при повышении или понижении давления газа перед горелками;

- повышении давления газов в топке;

- повышении или понижении уровня воды в барабане;

- понижении давления воздуха перед горелками;

- повышении давления пара;

- погасании факела горелок.

Водогрейные котлы на твердом топливе отключаются с остановкой тягодутьевых установок и механизмов, подающих топливо в топку:

- при повышении температуры воды за котлом;

- повышении и понижении давления воды за котлом;

- уменьшении расхода воды через котел;

- увеличении давления газов в топке.

Водогрейные котлы на газообразном топливе отключаются с прекращением подачи газа:

- при повышении температуры воды за котлом;

- повышении или понижении давления воды за котлом;

понижении давления воздуха перед горелками;
повышении или понижении давления газа перед горелками;
повышении давления газов в топке;
уменьшении расхода воды через котел;
погасании факела в топке.

Все рассмотренные котлы также автоматически отключаются при исчезновении напряжения питания в цепях питания защит. При срабатывании любого из устройств защиты или при исчезновении питающего напряжения соленоиды клапанов отключаются и подача топлива к котлу прекращается.

Отключение котла — серьезное нарушение технологического регламента, и поэтому причины его должны быть установлены, проанализированы и устранены. Схема автоматизации котла предусматривает определение причины отключения котла. Аварийное отклонение параметров, вызвавшее останов котла, приводит в действие систему автоматических устройств блокировки и сигнализации.

Автоматические устройства блокировки обеспечивают требуемую последовательность включения и отключения оборудования при пуске, останове котла и разного рода технологических переключениях.

Классификация устройств блокировки:

запретно-разрешающие — препятствуют нарушению последовательности операций по обслуживанию установки;

аварийные — отключают агрегат или его отдельные элементы при возникновении аварии в каком-либо звене;

замещения — включают резервное оборудование вместо действующего.

Схема блокировки вращающихся механизмов котла предусматривает автоматическую остановку всех следующих по технологической цепочке механизмов и запрет на включение механизма, если предшествующий по технологической цепочке механизм не работает.

Схема автоматической сигнализации обеспечивает автоматическую подачу световых и звуковых сигналов в случае остановки котла устройством защиты, повышения или понижения давления жидкого топлива и воды в питательных магистралях, а также при других нарушениях в работе основного и вспомогательного оборудования котельной.

15.4. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОТЕЛЬНЫМИ

На практике применяют несколько типов САУ котельными: пневматические, электрические, электрогидравлические и др. Для паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности, работающих на газе и жидком топливе, применяют электронно-гид-

равлические системы «Кристалл», а для тепличных пароводогрейных котлов — «Курс».

Эти системы выполняют следующие основные операции:

автоматическое регулирование тепловой нагрузки с целью обеспечения заданной температуры в помещении и требуемого количества горячей воды и пара;

автоматическое управление уровнем воды в котле;

дистанционное управление котлом (пуск, регулирование тепло- и паропроизводительности и останов котлов);

технологическую защиту, предотвращающую аварии;

технологическую блокировку, исключающую выполнение неправильных операций при эксплуатации;

технологическую сигнализацию, извещающую персонал о ходе выполнения технологических процессов;

автоматический контроль технологических параметров работы котлов.

Система автоматики «Кристалл» построена по агрегатному принципу, позволяющему просто и удобно собирать заданную систему управления различными параметрами из небольшого числа элементов аппаратуры. Функциональная схема системы «Кристалл» изображена на рисунке 15.7. Эта система обеспечивает автоматическое управление давлением пара и уровнем воды в барабане 8 котла, разрежением в топке 6, расходом воздуха и розжигом котла

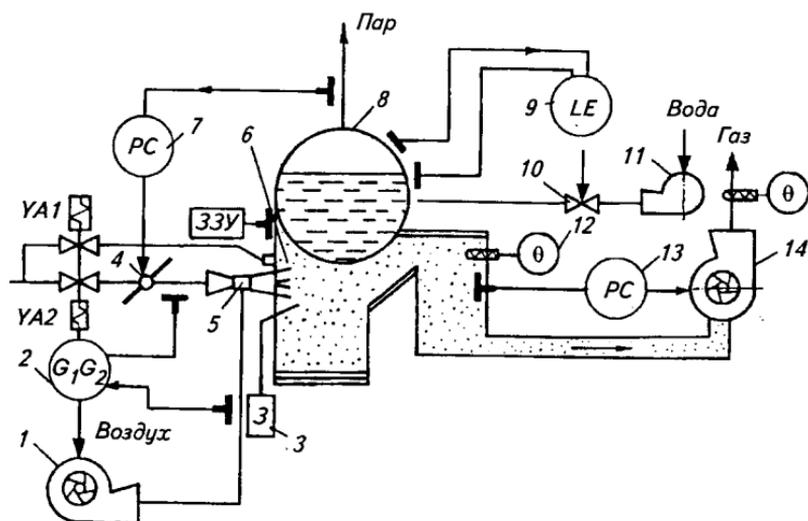


Рис. 15.7. Функциональная схема системы автоматики «Кристалл»:

1 — вентилятор; 2, 7, 9, 13 — регуляторы; 3 — зажигатель; 4 — регулирующий орган; 5 — горелка; 6 — топка; 8 — барабан котла; 10 — регулирующий клапан; 11 — насос; 12 — контрольно-измерительные приборы температуры; 14 — дымосос

при помощи зажигателя 3, дистанционное управление электроприборами дымососа 14 и насоса 11 питательной воды, дистанционный контроль давления воздуха за вентиляторами, разрежения в топке и температуры выпускных газов. Световая сигнализация включается при повышении или понижении уровня воды в барабане котла, понижении давления воздуха и разрежения в топке, повышении давления пара и при аварийном отключении котла.

Система состоит из регулятора 7 давления пара в барабане 8 котла, регулятора 2 соотношения газа и воздуха, регулятора 13 разрежения в топке, регулятора 9 уровня воды с соответствующими датчиками и контрольно-измерительных приборов 12 температуры. Регуляторы 2, 7 и 13 оптимизируют процесс горения. Давление пара в котле характеризует соответствие между выработкой и потреблением пара. Например, при увеличении потребления пара давление падает и регулятор 7 выдает импульс регулирующему органу 4 на увеличение подачи топлива.

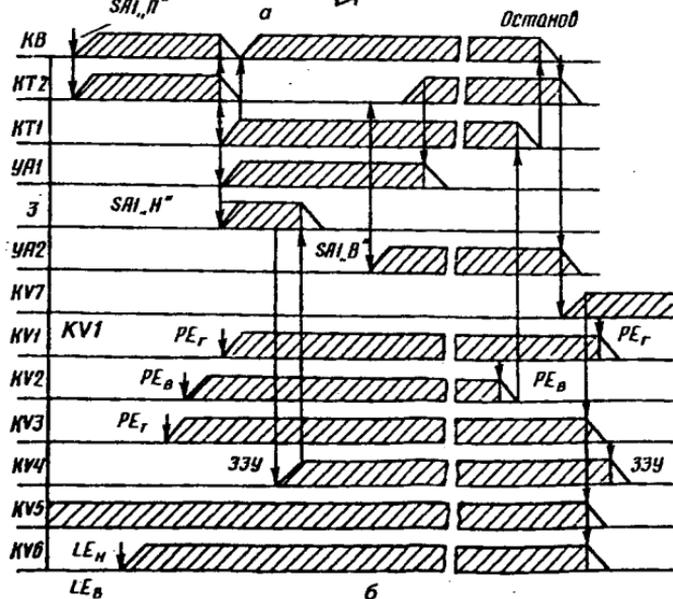
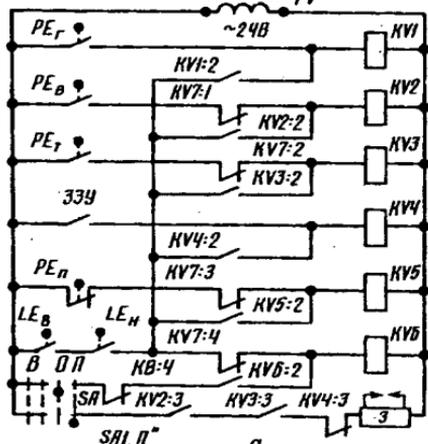
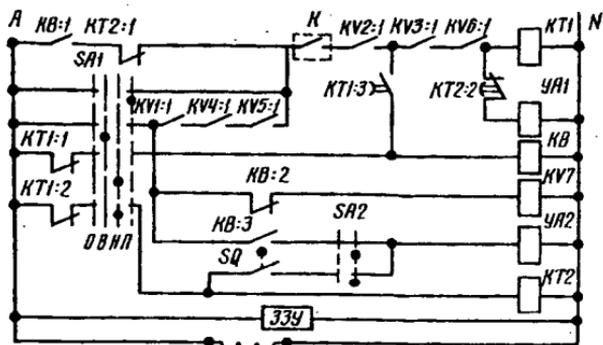
Для полного сгорания топлива в горелке 5 необходимо определенное количество воздуха, так как избыток воздуха повышает вынос теплоты с выпускными газами, а недостаток воздуха приводит к неполному сгоранию топлива. Следовательно, для обеспечения максимального КПД котельной установки необходим регулятор 2, поддерживающий заданное соотношение топливо — воздух. Регулятор 2 по сигналу от датчиков расхода топлива G_1 и воздуха G_2 управляет производительностью вентилятора 1.

Для полного удаления выпускных газов используется дымосос 14, который при помощи регулятора 13 обеспечивает заданное разрежение в верхней части топки. При избыточном разрежении увеличивается вынос теплоты через дымосос, при недостаточном — выпускные газы прорываются внутрь помещения котельной.

Уровень воды в барабане котла поддерживается постоянным при помощи регулятора 9, получающего сигнал об изменении уровня от манометра. При отклонении уровня от заданного значения регулятор 9 воздействует на регулирующий клапан 10.

В аварийном режиме котел останавливают, прекращая подачу топлива при помощи клапана УА2, если произошло одно из следующих нарушений: снизилось или повысилось давление в системе подачи топлива или воздуха, резко уменьшилось разрежение в топке, повысилось давление пара, понизился или повысился уровень воды в барабане, погасло пламя в топке. Для этого котел оборудуют соответствующими датчиками безопасности: давления газо- или жидкообразного топлива PE_T , воздуха PE_B , разрежения газов в топке PE_T , давления пара PG_T , верхнего LE_B , нижнего LE_H уровней воды в барабане котла, наличия пламени ЗЗУ (рис. 15.8, а).

Схема управления системой «Кристалл» для котла ДКВР и устройств его защиты работает в соответствии с временной диаграммой (рис. 15.8, б). При подаче на схему напряжения срабатывает



только реле $KV5$ через замкнутый контакт датчика PE_n , остальные реле сигнализации отключены. Переводя переключатель $SA1$ в нормальное предпусковое положение H , включают реле блокировки KB и реле выдержки времени $KT2$, которое своими контактами (на рис. 15.8, a не показаны) исключает ложное срабатывание реле защиты $KB1...KV6$ из-за срабатывания датчиков вследствие колебаний контролируемых параметров в период подготовки котла к пуску. Затем оператор кнопочными постами включает питательный насос, заполняющий барабан водой, дымосос, дутьевой вентилятор, продувку топливопроводов (на рис. 15.8 эти элементы не показаны).

По мере достижения указанными параметрами заданных значений срабатывают датчики LE_b , LE_n , PE_t , PE_b и включают соответственно реле $KV6$, $KV3$ и $KV2$. Для розжига топki от запальников переключатель $SA1$ переводят в положение Π (Пуск), при котором срабатывают реле выдержки времени $KT1$ по цепи K (из схемы управления дымососом) — $KV2: 1 - KV3: 1 - KV6: 1$, электромагнит $YA1$ клапана топлива на запальнике и электроискровой зажигатель $З$. Одновременно отключаются реле KB и $KT2$, но реле KB вновь включается замыкающими контактами $KT1: 3$.

Далее переключатель $SA1$ переводят в положение B (Включено) и вручную полностью открывают электромагнит $YA2$ отсечного клапана (см. рис. 15.7) на топливопроводе. При этом замыкаются контакты SQ (см. рис. 15.8). Одновременно срабатывает реле $KT2$, которое с выдержкой времени снимает напряжение с пускового электромагнита $YA1$, и последний закрывается. На этом пуск заканчивается.

Для нормального останова переводят переключатель в положение O (Отключено). Аварийный останов происходит при срабатывании соответствующих устройств защиты. Например, при снижении давления воздуха за дутьевым вентилятором размыкаются контакты PE_b датчика давления и реле $KV2$ отключается. Затем отключаются другие элементы схемы в последовательности, показанной на рисунке 15.8, b .

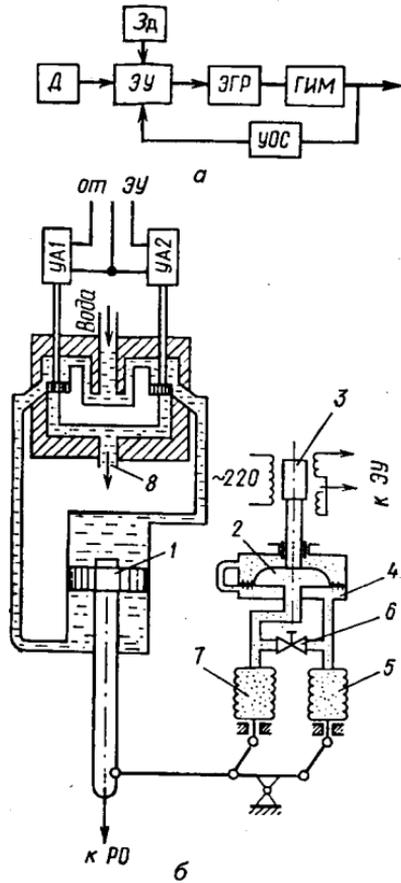
Регуляторы в системе «Кристалл» выполнены по функционально-структурной схеме, показанной на рисунке 15.9, a .

Регулятор состоит из датчика D , задатчика $Зд$, электронного усилителя $ЭУ$, электрогидравлического реле $ЭГР$, пневматического устройства обратной связи $УОС$ и гидравлического исполнительного механизма $ГИМ$. Регулятор позволяет управлять параметрами по P -, I -, PI -законам регулирования. Усилитель $ЭУ$ воспринимает сигнал разбаланса датчиков и задатчика. Сигнал

Рис. 15.8. Принципиальная электрическая схема системы «Кристалл» (a) и временная диаграмма ее работы (b) при управлении котлом

Рис. 15.9. Функционально-структурная схема регулятора системы «Кристалл» (а) и схема его гидравлических и пневматических узлов (б):

1 — поршень; 2, 4 — полости мембранной коробки; 3 — датчик; 5, 7 — сильфоны; 6 — дроссель; 8 — сливное отверстие



разбаланса после усиления поступает на электрогидравлическое реле ЭГР, управляющее электрогидравлическим исполнительным механизмом ГИМ.

При отсутствии рассогласования обмотки электромагнитов УА1 и УА2 гидравлического реле (рис. 15.9, б) отключены от электронного усилителя. Связанные с их сердечниками клапаны опущены и перекрывают отверстия 8 для слива воды. Поршень 1 неподвижен, так как давление с обеих его сторон одинаковое.

При появлении сигнала рассогласования срабатывает один из электромагнитов ЭГР, например УА1, поднимая клапан. Нижняя полость исполнительного механизма соединяется со сливом 8, и поршень начинает перемещаться вниз под действием

давления воды в верхней полости, воздействуя на регулирующие органы (РО). Одновременно перемещаются рычаги обратной связи, сжимая сильфон 5 и растягивая сильфон 7. Вследствие этого давление внутри полости 2 мембранной коробки понижается, а снаружи в полости 4 — повышается, в результате чего сердечник дифференциально-трансформаторного датчика 3 смещается вниз и к усилителю ЭУ поступает сигнал от гибкой обратной связи.

Полости сильфонов 5 и 7 соединены регулируемым дросселем 6. Благодаря этому давления в полостях 2 и 4 постепенно выравниваются, сердечник датчика 3 возвращается в исходное состояние и интегральная составляющая сигнала исчезает. При открытом дросселе 6 регулятор работает по ПИ-закону, а при закрытом — по П-закону, поскольку в последнем случае появляется жесткая связь.

Систему автоматики «Курс» используют для автоматизации котлов тепличных комбинатов. Функциональная схема системы по-

казана на рисунке 15.10. Она обеспечивает автоматический пуск и останов котла, предварительную вентиляцию топки, автоматический розжиг котла, позиционное автоматическое регулирование теплопроизводительности котла, автоматическую блокировку и защиту при аварийных режимах, рабочую и аварийную сигнализацию. Возникновение ненормальных и аварийных режимов сопровождается звуковой сигнализацией.

Применение системы «Курс» обеспечивает полную автоматизацию котла, его надежную и экономичную работу без постоянного дежурного персонала. Система «Курс» работает в комплекте с общепромышленной контрольно-измерительной и регулирующей аппаратурой: сигнализаторами давления воздуха 1 и 10, мазута 2, пара 22, воды 26, газа 32 до и после регулирующей заслонки 33,

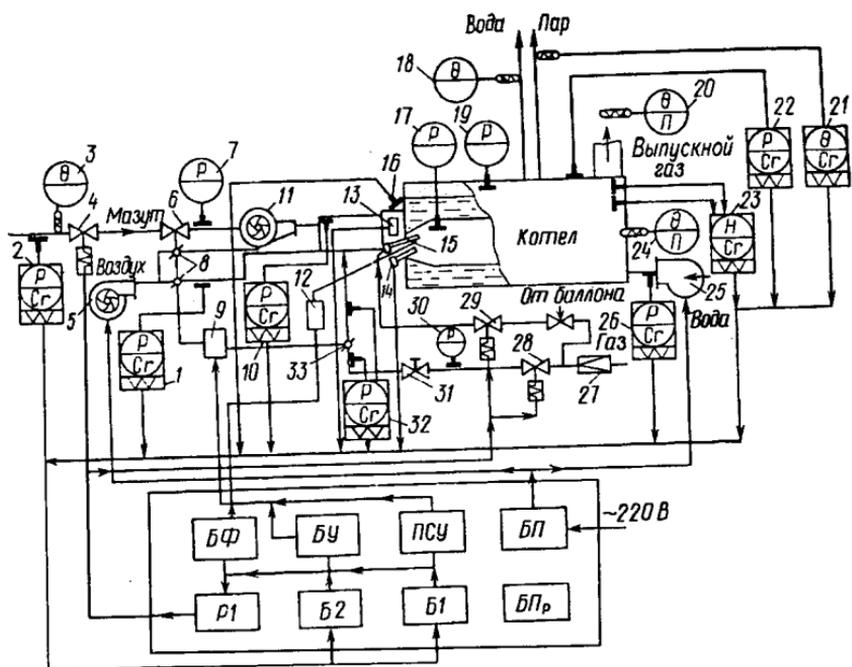


Рис. 15.10. Функциональная схема автоматизации котла типа АВ для тепличного комбината:

1, 10 — сигнализаторы давления воздуха; 2 — сигнализатор давления мазута; 3 — датчик температуры мазута; 4, 28, 29 — отсечные клапаны; 5, 11 — вентиляторы; 6 — регулирующий клапан жидкого топлива; 7, 17, 19, 30 — приборы контроля давления соответственно мазута, газов в топке, пара и газа для розжига котла; 8 — дроссельные заслонки; 9 — исполнительный механизм; 12 — трансформатор зажигания; 13 — фотодатчик; 14 — ионизационный датчик; 15 — запальник; 16 — конечный выключатель; 18, 20, 24 — датчики температуры соответственно воды, выпускных газов и газов в топке; 21 — сигнализатор температуры соответственно пара и воды; 22, 26 — сигнализатор давления соответственно пара и воды; 23 — сигнализатор уровня воды; 25 — электронасос; 27 — регулятор давления газа; 31 — вентиль; 32 — сигнализатор давления газа до и после регулирующей заслонки; 33 — регулирующая заслонка

сигнализатором 23 уровня воды, датчиками температуры мазута 3, воды 18, выпускных газов 20, газов в топке 24, сигнализатором 21 температуры пара, приборами контроля давлений мазута 7, газов в топке 17, пара 19 и газа для розжига 30. Уровень воды в котле поддерживается при помощи электронасоса 25.

Газ подается в котел через регулятор 27 давления газа, отсечной клапан 28 и вентиль 31. При розжиге топки газ поступает из газового баллона через отсечной клапан 29 и запальник 15. Воздух в топку подается вентиляторами 5 и 11. Резервное жидкое топливо (мазут) распыляется ротационной форсункой, имеющей общий электропривод с вентилятором 5. На трубопроводе жидкого топлива установлены отсечной 4 и регулирующий 6 клапаны. Газ воспламеняется в запальнике 15 от искры, получаемой на электродах от трансформатора зажигания 12. Наличие пламени в запальнике контролируется ионизационным датчиком 14, а в основной горелке — фотодатчиком 13. Плотность закрытия топки контролируется конечным выключателем 16.

Процессом горения в топке управляют при помощи исполнительного механизма 9, воздействующего на положение газовой заслонки 33, или клапана 6 жидкого топлива и дроссельных заслонок 8, изменяющих расход воздуха.

Управляющее устройство системы «Курс» состоит из отдельных блоков и панелей. Поступающая от датчиков информация обрабатывается в блоках Б1 и Б2 и направляется на панель сигнализации и управления ПСУ, блок управления БУ, блок реле Р1 и блок управления факелом БФ. Переключатели вида топлива, режима и резервного оборудования размещены в блоке переключателей БП. Электроснабжение всех цепей управления осуществляется от блока питания БП.

Котел пускают, нажимая кнопку «Пуск» на панели системы «Курс» после заполнения котла водой и включения вентилятора, подающего воздух в топку. При этом исполнительный механизм 9 перемещает органы, регулирующие поступление топлива и воздуха, в положение 100%-й нагрузки и начинается вентиляция топки и газоходов котла, которая продолжается 1...2 мин. По истечении этого времени от блока управления БУ поступает сигнал на исполнительный механизм 9, осуществляющий перевод воздушной заслонки и регулирующего органа топлива в положение 20%-й нагрузки. Блок реле Р1 выдает сигнал на открытие нормально закрытого отсечного клапана 29 и закрытия продувочного клапана (на рис. 15.10 не показан). Одновременно от блока БФ включается трансформатор зажигания 12. При появлении пламени в запальнике 15 от ионизационного датчика 14 поступает в блок Б1 и реле Р1 сигнал на открытие отсечного клапана 28, подводящего газ к горелке. При успешном розжиге горелки сигнал от фотодатчика 13 поступает через блоки Б2 и БУ на исполнительный механизм 9, который через 20...25 с перемещает регулирующие органы в поло-

жение 40%-й нагрузки. Запальник 15 отключается через 50...70 с. После этого котел переводят переключателем, установленным на панели системы «Курс», в режим автоматического регулирования параметров котла. На этом пуск котла заканчивается.

Автоматическая система регулирования обеспечивает перемещение регулирующих органов в положения 40- и 100%-й нагрузки и автоматического отключения подачи воздуха и топлива. При максимальных значениях температуры воды или давления пара исполнительный механизм переходит из положения 100%-й нагрузки в положение 40%-й нагрузки, а при достижении максимальных предельно допустимых значений система при помощи отсечного клапана 28 или 4 прекращает подачу топлива. При этом исполнительный механизм занимает положение 20%-й нагрузки, пламя в топке гаснет и начинается послеостановочная вентиляция котла, которая автоматически отключается через 30...60 с. При снижении регулируемого параметра до предельного минимального значения котел автоматически включается в соответствии с изложенной выше последовательностью пуска.

Работу котла останавливают дистанционно с помощью кнопки «Стоп», расположенной на панели. Последовательность нормального останова аналогична описанному выше автоматическому отключению котла. Аварийное автоматическое отключение котла происходит в следующих ситуациях: при максимальном и минимальном предельных уровнях воды в котле; температуре воды выше 97 °С или давлении пара до 0,21 МПа (котел АПВ-2); давлении газа перед клапанами-отсекателями и перед горелкой ниже 1 кПа, а перед регулирующей заслонкой выше 35 кПа; давлении первичного воздуха ниже 1,1 кПа или вторичного ниже 0,15 кПа. При аварийном отключении повторный пуск котла возможен только после устранения причины останова.

Система «Курс» оснащена устройствами световой сигнализации положения регулирующих органов, контроля всех параметров в нормальном и аварийном режимах, памяти причин аварии и общей звуковой аварийно-предупредительной сигнализации.

15.5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОДОГРЕВА ВОДЫ, ВОЗДУХА И ПОЛУЧЕНИЯ ПАРА

Электронагревательные установки широко применяют в сельскохозяйственном производстве благодаря их преимуществам, основные из которых следующие: постоянная готовность к действию и исключение использования огневых котельных со специальными помещениями для котлов и хранилищ топлива, транспортировки топлива и золы; возможность полной автоматизации процессов нагрева; улучшение санитарно-гигиенических условий обслуживающего персонала; облегчение в распределении теплоты

по большим территориям; уменьшение себестоимости тепловой энергии и пожарной опасности.

Для подогрева воды используют установки: *электродные прямого нагрева* путем пропускания тока через воду, *элементные косвенного нагрева* при помощи тепловых электронагревательных элементов (ТЭН), а также установки *индукционного* и *диэлектрического нагрева* (последние в сельском хозяйстве применяют редко).

Элементные водонагреватели используют теплоту, выделяющуюся при прохождении электрического тока через активный резистор (ТЭН). Некоторые конструкции (ВЭТ, УАП, САОС) рассчитаны на аккумуляцию нагретой воды, а иные — проточного типа ((ВЭП, ЭПВ). На рисунке 15.11 представлена схема автоматизации аккумуляторного водонагревателя типа САЗС.

Водонагреватель представляет собой металлический резервуар с хорошей тепловой изоляцией и расположенными в нижней его части элементами ТЭН 7 (см. рис. 15.11, а). Объем резервуара 0,4 или 0,8 м³, а мощность нагревателей соответственно 12 или 18 кВт.

Холодная вода из водопровода поступает в резервуар 6 через нижний трубопровод 8, а разбирается через верхний 3. В комплект САЗС входит циркуляционный насос 1, что позволяет водонагревателю работать в замкнутых системах автопоения животных, отопления и др.

Типовое решение по автоматизации таких нагревателей — применение двухпозиционного устройства контроля температуры УКТ (см. рис. 15.11. б) с контактным (иногда бесконтактным) выходом.

Нагреватель включают, нажимая кнопку SB2. При этом напряжение подается на УКТ, основой которого является контактный термометр и реле K1. Если температура воды в корпусе нагревателя ниже заданной, включается реле K1 и контактами K1: 2 подается напряжение на терморегулятор BK, который включает KM1 и нагревательные элементы EK1...EK3. Нагрев длится до выхода температуры воды на заданный уровень и размыкания контактов BK.

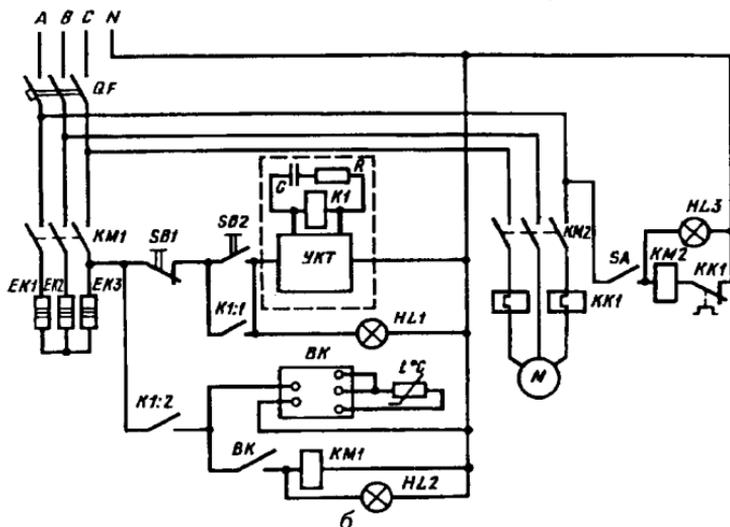
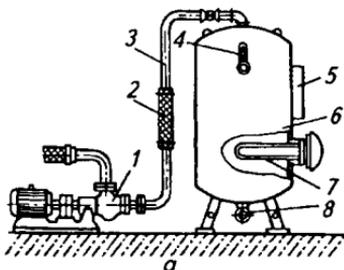
В случае нарушения описанного алгоритма и аварийного подъема температуры до 95 °С устройство УКТ обесточивает реле K1 и нагреватель отключается.

Электродвигатель M циркуляционного насоса 1 включается переключателем SA. Более мощные элементные нагреватели имеют две группы ТЭНов, расположенных одна над другой и управляемых раздельно. Это позволяет осуществить два режима: форсированный (работают обе группы) и аккумуляторный (работает только нижняя группа).

Электродные водонагреватели прямого нагрева характеризуются простотой устройства, большой скоростью нагрева и высоким КПД. Они используют теплоту, выделяющуюся при прохождении электрического тока через воду. Мощность нагревателя регулируют

Рис. 15.11. Элементный водонагреватель САЭС (а) и принципиальная электрическая схема управления им (б):

1 — циркуляционный насос; 2 — изоляционная вставка; 3 — трубопровод горячей воды; 4 — термометр; 5 — шкаф управления; 6 — резервуар; 7 — блок электронагревателей; 8 — трубопровод холодной воды



ются специальными экранами, изменяющими активную площадь электродов. Типовое решение по автоматизации электродного водонагревателя (КЭВЗ, ЭПЗ и т. д.) — применение двухпозиционного режима, т. е. аналогично элементному водонагревателю. Новое решение — использование автоматического регулятора непрерывного действия для перемещения экранов с помощью исполнительного механизма.

Электродная группа водонагревателя состоит из трех фазных и трех подвижных электродов, выполненных из стальных труб. Диапазон плавного регулирования мощности 25...100%.

Электродные водонагреватели используют в одном из трех режимов:

стабилизация температуры воздуха в отапливаемом помещении;

стабилизация температуры воды за котлом $t_{\text{ВЫХ}}$;

стабилизация соотношения $t_{\text{ВЫХ}}$ с наружной температурой $t_{\text{НАР}}$.

Нужный режим выбирают с помощью кнопочного переключателя на панели регулятора. В случае выбора режима стабилизации соотношения $t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{НАР}}$ специальным переключателем выбирают

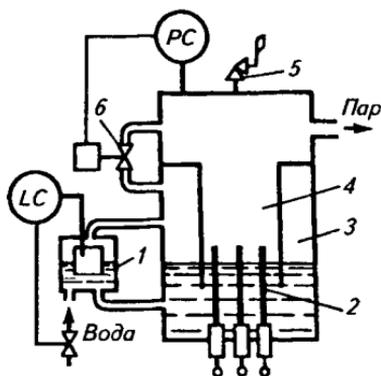


Рис. 15.12. Электродный паровой котел:

1 — регулятор уровня; 2 — электроды; 3 — вытеснительная камера; 4 — паровая камера; 5 — предохранительный клапан; 6 — электромагнитный клапан

также наклон температурного графика $t_{\text{вых}} = f(t_{\text{нар}})$. Такое представление выходных сигналов позволяет совместно с исполнительным механизмом регулировать мощность электроводонагревателя по ПИ-закону.

Схема управления электроводонагревателем предусматривает защиту от короткого замыкания, перегрузки (с помощью токового реле) и неполнофазного режима (с помощью блока защиты).

Защита от перегрева сначала уменьшает мощность нагревателей до 25 % номинальной, а затем отключает водонагреватель при температуре воды в выходном патрубке выше 100 °С.

Схема управления электроводонагревателем обеспечивает также дистанционное включение электроводонагревателя от внешнего устройства (в том числе с учетом загрузки электросети), блокировку от включения при неработающем циркуляционном насосе, световую сигнализацию режимов работы и аварийного отключения.

Электродные водонагреватели относятся к сложным и небезопасным установкам, поэтому к их конструкции и условиям эксплуатации предъявляют особые требования.

Электрические парогенераторы используют в разнообразных ТП, требующих применения пара.

Пар реализуется во многих современных ТП, где предусмотрено уплотнение (грануляция) различных кормов и кормовых смесей, подогрев жидких компонентов (мелассы, жира и т. п.), вводимых в кормовую смесь. Кроме кормопроизводства пар широко используют на молочных фермах для пастеризации молока в процессе его переработки и получения горячей воды для санитарно-гигиенических нужд.

Электродные парогенераторы имеют своеобразную конструкцию и интересные схемы автоматизации.

Цилиндрический корпус котла имеет в днище люк, закрываемый крышкой, служащий для монтажа пакета фазных электродов 2 (рис. 15.12). К корпусу котла присоединяется поплавковый регулятор уровня 1 с патрубками для питания котла водой в автоматическом и ручном режимах.

Внутри корпус котла разделен на две камеры: паровую 4 и вытеснительную 3, сообщающиеся между собой через уравнильный трубопровод с электромагнитным клапаном 6.

По мере работы котла вода испаряется, солесодержание ее рас-

тет и электропроводность возрастает в несколько раз. В результате увеличиваются мощность котла, давление пара и температура. В этом случае регулятор давления *РС* закрывает клапан *б*, разобщает паровую и вытеснительную камеры. Повышенным давлением часть воды из паровой камеры *4* перемещается в вытеснительную *3*, электродные пластины *2* оголяются и мощность котла снижается.

При большом снижении нагрузки давление пара растет и электродные пластины оголяются полностью, а котел переходит в режим «горячего» резерва.

По мере понижения уровня в вытеснительной камере поплавковый регулятор обеспечивает подпитку котла водой.

Для предохранения корпуса котла от недопустимого повышения давления на паровой и вытеснительной камерах устанавливаются предохранительные клапаны *5*. В отдельных случаях электроводонагреватели и (или) электродные паровые котлы объединяют в общую тепловую схему и размещают в специальном помещении, образуя электрокотельную. Электрические котельные реализуют идею комплексной электрификации централизованного теплоснабжения: отопления, горячего водоснабжения, а иногда и вентиляции производственных помещений.

Схема автоматизации электрической котельной с аккумуляцией теплоты для теплоснабжения фермы с прилегающим жилым помещением представлена на рисунке 15.13.

Сетевая вода, нагреваясь в электродных котлах *1*, поступает в бак-аккумулятор *2*, откуда сетевыми насосами *3* перекачивается в

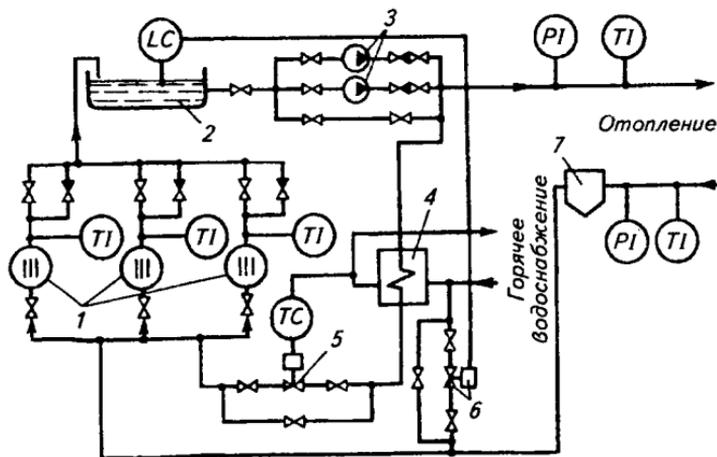


Рис. 15.13. Функциональная схема автоматизации электрокотельной:

1 — электродные котлы; 2 — бак-аккумулятор горячей воды; 3 — сетевые насосы; 4 — водяной теплообменник системы горячего водоснабжения; 5, 6 — регулирующие клапаны; 7 — грязевик

подающую магистраль тепловой сети. Часть этой воды направляется в водяной теплообменник 4 для нагрева чистой водопроводной воды, поступающей затем в систему горячего водоснабжения. Температура нагрева поддерживается регулятором *ТС*, управляющим расходом греющей воды через теплообменник.

Подпитка тепловой сети водопроводной водой производится регулятором *ЛС*, поддерживающим уровень воды в баке-аккумуляторе.

Основу схемы автоматизации котельной составляют комплектные системы автоматизации отдельных водонагревателей, рассмотренных ранее. Суть дополнительных связей сводится к следующему.

Программное реле времени обеспечивает работу электрокотельной по заданному графику, исключая включение котлов в работу в часы максимума нагрузки. В то же время при снижении температуры воды в тепловой сети до аварийно низкого уровня, при котором возможно замораживание теплопроводов, котлы автоматически вводятся в работу.

В схему включения котлов вводят устройства блокировки, исключающие работу котлов в случае прекращения циркуляции воды (отключения сетевых насосов) и автоматически вводящие резервный насос взамен остановившегося.

С целью обеспечения безопасной эксплуатации электродные котлы устанавливают на изоляторах в защитных шкафах из металлической сетки. Корпуса котлов к нулевому проводу не присоединяют и не заземляют. Трубопроводы горячей и холодной воды соединяют с корпусом электродного котла посредством изолирующих вставок.

Для подогрева воздуха используют электрокалориферы, автоматизация которых рассмотрена в параграфе 13.4.

15.6. АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Газоснабжение сельских потребителей осуществляется от газовых сетей среднего давления (до 0,3 МПа). Внутрихозяйственные системы газоснабжения состоят из газорегуляторного пункта (ГРП), системы распределительных газопроводов и аппаратуры, обеспечивающих прием, учет, дросселирование и раздачу газа потребителям.

Газорегуляторный пункт (рис. 15.14) служит для понижения давления газа до требуемого по условиям эксплуатации уровня и для автоматической стабилизации этого параметра. Основная причина отклонения параметра от нормы — изменение количества потребляемого газа.

Газ из питающей магистрали среднего давления поступает в

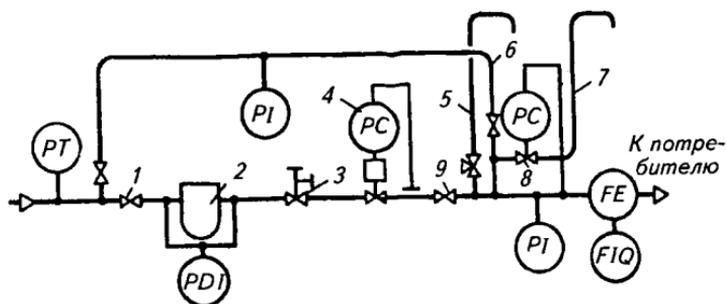


Рис. 15.14. Схема газорегуляторного пункта:

1, 9 — клапаны; 2 — фильтр; 3 — предохранительно-запорный клапан; 4 — регулятор давления; 5, 7 — свечи; 6 — обводная линия; 8 — предохранительный сбросной клапан

корпус фильтра 2, где происходит его очистка от механических примесей (песка, окалины и т. д.), и через предохранительно-запорный клапан 3, обеспечивающий защиту оборудования от недопустимо больших колебаний давления газа за ГРП. Далее газ подается к регулятору давления 4 и затем к газосжигающим устройствам потребителя. Свеча 5 служит для продувки трубопроводов ГРП при включении оборудования. При резком повышении давления газа, например при отключении части потребителей, срабатывает регулятор давления PC и избыток газа выпускается в атмосферу через предохранительный сбросной клапан 8 и свечу 7.

Если основное оборудование ГРП подлежит ремонту или профилактическому обслуживанию, газоснабжение потребителей обеспечивается через обводную линию 6 при закрытых клапанах 1 и 9.

Правила безопасности в газовом хозяйстве предусматривают контроль давления на входе и выходе ГРП и измерение расхода газа.

Понижение давления газа и стабилизация этого параметра осуществляются пропорциональным регулятором давления типа РДУК (рис. 15.15, а), объединяющего командный прибор «пилот» 6 и мембранный исполнительный механизм с регулирующим клапаном 5.

Увеличение (уменьшение) потребления газа приводит соответственно к уменьшению (увеличению) давления газа в надмембранной полости прибора 6, соединенной с трубопроводом импульсной трубкой 9. При этом мембрана перемещается вверх (вниз) под действием пружины 8.

Перемещение мембраны 7 и связанного с ней клапана прибора «пилот» приводит к увеличению (уменьшению) давления газа в импульсной трубке 1 и мембранной полости исполнительного механизма 2, перемещению мембраны 3 вверх (вниз) и соответственно открытию (закрытию) регулирующего клапана 5 на величину, пропорциональную отклонению давления газа.

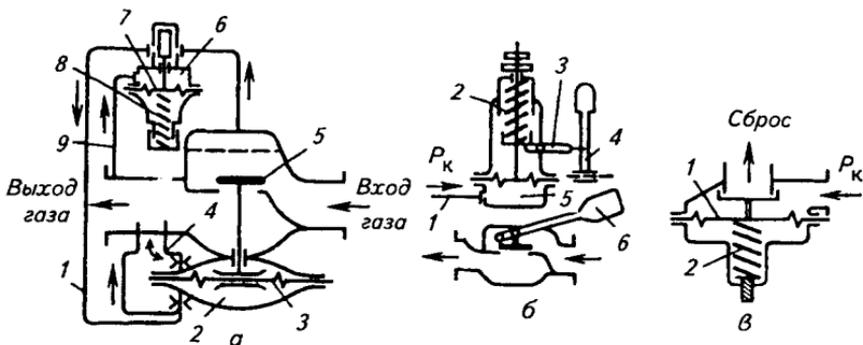


Рис. 15.15. Оборудование газорегуляторного пункта:

а — регулятор давления: 1, 4, 9 — импульсные трубки; 2 — исполнительный механизм; 3, 7 — мембраны; 5 — регулирующий клапан; 6 — командный прибор «пилот»; 8 — пружина задатчика; *б* — предохранительно-запорный клапан: 1 — импульсная трубка; 2 — пружина; 3 — коромысло; 4 — молоток; 5 — подмембранная полость; 6 — рычаг с грузом; *в* — сбросной клапан: 1 — мембрана; 2 — пружина

Пропорциональный (П) закон регулирования обеспечивается жесткой обратной связью, охватывающей исполнительный механизм и выполненной в виде трубки 4, соединяющей выходной коллектор регулятора с надмембранной полостью исполнительного механизма. Действие обратной связи проявляется в том, что при перемещении клапана 5 изменяющееся давление в выходном коллекторе создает соответствующее усилие, направленное навстречу воздействию мембраны 3 исполнительного механизма.

Параметр настройки П-регулятора (коэффициент пропорциональности) устанавливается на заводе подбором соответствующих сечений дросселей и в процессе эксплуатации ГРП обычно не меняется.

Предохранительно-запорный клапан (рис. 15.15, б) предназначен для автоматического прекращения подачи газа потребителю в случае аварийного отклонения давления от заданного уровня.

Подмембранная полость 5 клапана соединена трубкой 1 с выходным коллектором ГРП. При аварийных отклонениях давления P_k вызывает перемещение мембраны и связанного с ней штока к повороту коромысла 3, правое плечо которого служит упором для молотка 4. Поворот коромысла освобождает молоток, который, падая, освобождает рычаг с грузом 6, закрывающий клапан и прекращающий подачу газа. С целью настройки клапана изменяют степень сжатия пружины 2.

Предохранительный сбросной клапан (рис. 15.15, в) обеспечивает сброс в атмосферу избыточного давления газа в случае повышения его давления до недопустимых значений. Настраивают сбросной клапан, изменяя степень сжатия пружины 2, противодействующей давлению газа на мембрану 1. При этом сбросной

клапан должен сработать раньше предохранительно-запорного и предотвратить, таким образом, отключение ГРП и прекращение подачи газа.

15.7. АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Без автоматических устройств защиты и блокировки, управления и регулирования, измерения и сигнализации человек не в состоянии быстро обнаружить и устранить повреждения, а также управлять быстропротекающими технологическими процессами в электроснабжающих установках.

Благодаря автоматизации повышаются обеспечение бесперебойного электроснабжения сельских потребителей и надежность работы электрооборудования, сокращаются количество обслуживаемого персонала и эксплуатационные расходы, возрастают качество электрической энергии и скорость управления технологическими процессами, снижаются потери и себестоимость вырабатываемой электроэнергии, улучшаются условия работы обслуживаемого персонала.

В установках сельского электроснабжения широко применяют различные устройства автоматики энергосистем.

Автоматическая защита предохраняет электрические установки от ненормальных (перегрузки, снижение или повышение напряжения и частоты) и аварийных (короткие замыкания, неполнофазные режимы, атмосферные перенапряжения и т. п.) режимов. Устройства защиты выполняют в виде плавких предохранителей, тепловых расцепителей магнитных пускателей, тепловых и электромагнитных расцепителей автоматов и различных реле.

Автоматическое секционирование сетей позволяет сохранить электроснабжение основной массы потребителей за счет автоматического отключения поврежденного участка сети и части потребителей, питающихся от этого участка.

Автоматическое повторное включение (АПВ) обеспечивает сохранность электроснабжения за счет автоматического отключения поврежденного участка на короткое время, за которое повреждения самоустраняются. Обычно такие переходящие (неустойчивые) короткие замыкания наблюдаются в линиях электропередачи. Благодаря АПВ число перерывов в снабжении потребителей электрической энергией значительно снизилось. До 80 % общего числа потребителей, отключенных при возникновении коротких замыканий, успешно автоматически повторно включаются в эксплуатацию. Это объясняется тем, что в период бестоковой паузы (от долей секунды до нескольких секунд) короткие замыкания самоустраняются, поскольку электрическая прочность поврежденного

элемента изоляции при кратковременном отключении в большинстве случаев восстанавливается.

Устройства АПВ бывают одно-, дву- и трехкратными. Последние дважды и трижды включают сети после аварийного отключения линии защитой. Многократные устройства АПВ значительно сложнее однократных, поэтому их применение в сельском электроснабжении может быть оправдано лишь на ответственных установках.

Автоматическое включение резерва (АВР) обеспечивает бесперебойность электроснабжения посредством быстрого автоматического отключения релейной защитой поврежденного оборудования и включения резервного оборудования или источника электроэнергии.

Если АПВ повторно включает линию электропередачи, то АВР включает резервный источник электроэнергии (силовой трансформатор, резервную электросеть или дизельную электростанцию) при выходе из работы основного.

Устройства АВР относительно простые, и стоимость их незначительна, поэтому экономический эффект от их внедрения существенно заметен. Устройства АВР эффективно используют при электроснабжении животноводческих комплексов, которые имеют часть потребителей первой и второй категорий.

Продолжительность действия устройств АПВ и АВР в общем случае ограничивается следующими условиями. Время бестоковой паузы $t_{п}$ должно быть больше времени деионизации среды $t_{д}$ в месте короткого замыкания и меньше времени $t_{с}$, обеспечивающего самозапуск включенных двигателей после восстановления напряжения: $t_{д} < t_{п} < t_{с}$. Время $t_{п}$ для АВР рекомендуется принимать равным 0,5...1,5 с, для однократного АПВ — 0,5...2 с, для двукратного АПВ во втором цикле — 10...15 с.

При оперативном отключении источников электроснабжения устройства АПВ и АВР выводятся из работы.

Автоматическая частотная разгрузка (АЧР) источника электроснабжения предотвращает чрезмерное снижение частоты, угрожающее развитием аварии, путем принудительного автоматического отключения малоответственных потребителей при снижении частоты из-за дефицита мощности. Устройства АЧР при снижении частоты до 40...47 Гц (в зависимости от конкретных энергосистем) поочередно отключают неответственные потребители суммарной мощностью, чтобы частота восстановилась до 48...49,5 Гц. Сельские электропотребители пока не оснащены устройствами АЧР, хотя для животноводческих комплексов они обязательны.

Автоматическое регулирование возбуждения генераторов и напряжения в сетях обеспечивает поддержание напряжения у электропотребителя на заданном уровне. Для сельских потребителей допускается такое же отклонение напряжения, как и для промышленных потребителей ($\pm 5\%$).

Заданное напряжение на шинах электростанций обеспечивается регуляторами возбуждения генераторов, на шинах подстанций — устройствами автоматического переключения под нагрузкой ответвлений силового трансформатора, в электросетях и непосредственно у электропотребителя — статическими конденсаторами, которые одновременно используют как компенсаторы реактивной индуктивной мощности.

Устройства автоматики для автоматического пуска и останова электрогенерирующих агрегатов, автоматического включения генераторов на параллельную работу, регулирования частоты и распределения активной мощности между параллельно работающими агрегатами применяют на дизельных, гидравлических и ветровых электростанциях сельскохозяйственного назначения, в том числе используемых в качестве резервных источников.

Кроме того, в установках сельского электроснабжения широко используются различного назначения автоматические устройства измерения, контроля и сигнализации, позволяющие обслуживающему персоналу следить за режимами работы установок и быстро определять причину и нарушения нормального режима и место аварий.

15.8. АВТОМАТИЗАЦИЯ БЫТОВЫХ УСТАНОВОК И ОБОРУДОВАНИЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ

Бытовые установки и фермерское оборудование предназначены для удовлетворения потребностей человека, улучшения условий труда, повышения культуры и комфортности его жизненной деятельности. В современных условиях уже трудно представить использование бытовой и фермерской техники без применения автоматических и микропроцессорных средств контроля, сигнализации, управления.

Классическим системам автоматизации, построенным на основе релейно-контактных схем, присущи «жесткие» логика функционирования и алгоритмы управления. Любые изменения последних (например, вследствие совершенствования оборудования, технологических операций) требуют выполнения значительного объема работ по изменению электрических схем, их монтажу, вводу новых элементов. Кроме того, используемая для этих целей элементная база, построенная на жесткой логике, характеризуется ограниченными функциональными возможностями, потребностью в существенных затратах квалифицированного труда на ремонт и обслуживание.

На смену релейно-контактным схемам управления бытовыми установками, оборудованием приходит микропроцессорная техника. Широкое применение автоматических СУ на основе такой техники обусловлено ее универсальностью, высокой надежностью,

быстродействием, возможностью оперативных корректировки и составления новых программ управления, диагностики неисправностей, компактностью исполнения, низким энергопотреблением, устойчивостью к возмущениям внешней среды, упрощением схмотехники, ремонта, обслуживания. Стоимость систем автоматизации на базе микропроцессорной техники существенно ниже стоимости систем, созданных на основе традиционных технических средств автоматизации.

Степень совершенства любых технических средств (систем), особенно малогабаритных бытовых и фермерских, определяется отношением количества выполняемых техническими средствами функций к общей стоимости этих средств. Такому требованию многофункциональности устройств при минимальной их стоимости в полной мере удовлетворяют различные установки и оборудование, выполненные на базе микропроцессорной техники.

Опыт разработки и внедрения автоматических СУ позволил осуществить сравнительный анализ (по данным Белорусского аграрного технического университета) затрат времени на построение систем, реализованных на релейно-контактной и микропроцессорной технике (см.табл.).

Затраты времени на построение автоматических СУ

Этапы создания автоматических СУ	Затраты времени, %, при использовании	
	релейно-контактной элементной базы	микропроцессорной техники
Разработка концепции автоматических СУ и технических требований	18,7	11,7
Выбор комплекса технических средств и составление спецификации на комплектующие изделия	4	2,6
Разработка технической документации на СУ	18,7	—
Оформление заказа на спецификацию и его контроль	4	2,6
Монтаж аппаратуры	7,6	4,1
Прокладка питания и каналов связи	14,7	6,1
Проверка монтажа аппаратуры и каналов связи	7,6	4
Наладка и ввод в действие	8,1	6,1
Составление технической документации	5,5	—
Поддержание эксплуатационной надежности	11,1	—
Всего	100	37,2

Эта таблица отражает существенную экономию затрат на построение автоматической СУ на базе микропроцессорной (по сравнению с релейно-контактной) техники.

Основные причины широкого внедрения микропроцессоров: возможность программирования последовательности и многообразия выполняемых функций, т. е. способность к работе по заданной программе (это основное отличие микропроцессора от классических элементов полупроводниковой «жесткой» логики);

использование в микропроцессорных системах цифрового способа представления информации, позволяющего существенно (по сравнению с аналоговым способом) повысить помехоустойчивость создаваемых на их базе устройств, а также обеспечить простоту передачи, преобразования информации и долговременное ее хранение;

применение программного способа обработки информации, позволяющего создавать унифицированные технические средства, отличающиеся практически лишь содержимым запоминающего устройства и специфическими устройствами ввода-вывода информации;

компактность, высокая надежность и низкая потребляемая мощность микропроцессорных средств, обеспечивающие возможность расположения управляющих (контролирующих) устройств, созданных на их основе, в непосредственной близости от управляемого оборудования;

низкая стоимость микропроцессорных средств и высокая степень их эффективности.

Универсальным устройством микропроцессорной техники, предназначенным для управления различными установками и оборудованием, служит микроконтроллер, представляющий собой аналог специализированного компьютера с развитым интерфейсом ввода-вывода электрических сигналов. Конструктивно микроконтроллер выполнен с учетом обеспечения надежной работы в сложных производственных условиях (влажность, пыль, загазованность, вибрации, электромагнитные помехи и др.). Устройство ввода-вывода микроконтроллера имеет развитый интерфейс ввода (входы электрических сигналов), что позволяет просто вводить информацию с различных датчиков, кнопок, контактов, реле и т. д. К тому же с помощью микроконтроллера легко включать-отключать различные исполнительные механизмы: реле, пускатели, клапаны, заслонки, электродвигатели, электронагреватели и т. д. Микроконтроллеры работают в реальном времени, т. е. прием и передача управляющих сигналов происходят с быстродействием реального ОУ.

Таким образом, микроконтроллер представляет собой универсальное устройство управления, которое получает информацию о состоянии ОУ (в виде электрических сигналов от различных датчиков) и на основе специальной (прикладной) программы формирует электрические сигналы, которые посредством исполнительных механизмов целенаправленно воздействуют на ОУ.

Перечисленные преимущества микропроцессорной техники обусловили ее широкое применение в бытовых установках и фермерском оборудовании.

К бытовым установкам, приборам и устройствам можно отнести стиральные и швейные машины, холодильники, пылесосы, кухонные комбайны, сушилки, электронагревательные и холодильные установки, микроволновые печи, средства радиоэлектронной аппаратуры, аудио-, видео- и вычислительную технику и др.

Типовая современная структура микропроцессорного устройства управления бытовой установкой включает в себя микропроцессор, пульт управления с клавиатурой и дисплеем, цифроаналоговый и аналогово-цифровой преобразователь, силовой преобразователь и привод исполнительного механизма.

Привод исполнительного механизма может быть выполнен в виде электромеханического преобразователя. В состав электропривода могут входить электрические асинхронные и синхронные машины, коллекторные машины постоянного и переменного тока, вентильные и шаговые машины. Например, в такой бытовой технике, как стиральные машины и холодильники, широко применяют асинхронные однофазные двигатели; в аудио- и видеотехнике — электроприводы с синхронными машинами, ротор которых возбуждается постоянным магнитом, а статор питается от инвертора; в вычислительной технике — электроприводы с шаговыми двигателями. В пылесосах, дрелях, швейных машинах часто используют универсальные коллекторные двигатели.

Благодаря интенсивному развитию микропроцессорной техники возрос интерес к вентильно-индукторному электроприводу, основой которого служит индукторный двигатель. Преимущества этого двигателя: конструктивная простота и технологичность изготовления, отсутствие коллектора (что существенно увеличивает срок службы двигателя и упрощает обслуживание), высокая надежность, широкий диапазон регулирования частоты вращения (от единиц до сотен герц), благоприятные механические характеристики (с большими моментами вращения при низких частотах вращения вала двигателя), низкая стоимость и др. Эти преимущества индукторных двигателей существенно расширяют область их применения, в частности в электроприводах современных бытовых установок самого различного назначения.

К электроприводам бытовой техники предъявляют следующие требования: электробезопасность работы (исключающая возможность поражения электрическим током пользователя), экологическая безопасность (исключающая вредные для здоровья человека различные излучения, шумы), высокая надежность (в течение гарантированного срока службы устройства), энергетическая экономичность, быстрдействие, небольшие масса и габаритные размеры, низкая стоимость и др.

Помимо бытовой техники в фермерских хозяйствах применяют стационарную (доильные агрегаты, кормоприготовители и раздатчики кормов, насосные станции, устройства для послеуборочной обработки зерна, сепараторы и др.) и мобильную (садовая мини-

техника, мини-тракторы с навесным оборудованием для возделывания и уборки урожая, мотокультиваторы и др.) технику.

Рассмотрим пример модернизации (замены релейно-контактной системы автоматики на микропроцессорную) стационарной установки для управления раздачей жидких кормов. Автоматическая СУ обеспечивает приготовление жидкого корма заданной влажности на двух линиях кормоприготовления и нормированную раздачу на двух линиях кормления.

Дозирование комбикорма происходит в порционном весовом дозаторе 4 (рис. 15.16), а объемное дозирование воды — с помощью электромагнитных расходомеров 2. Для дозирования жидкого корма служит электромагнитный расходомер 3. В качестве устройства управления использован серийный микроконтроллер общепромышленного применения, расположенный в шкафу управления 1. Микроконтроллер включает в себя 8 аналоговых входов, 48 дискретных входов и 48 дискретных выходов, четырехстрочный дисплей на 42 клавиши. СУ оснащена усовершенствованным диагностическим оборудованием, электронной защитой двигателей и насосов 5. Раздаточная тележка 6 перемещается вдоль трубопровода 7 для кормосмеси. Предусмотрен вывод более 60 диагностических сообщений.

Микропроцессорная система обеспечивает оперативное изменение кормовых доз, контроль процесса кормления, учет расхода сухого и жидкого кормов. Разработанная система позволяет упо-

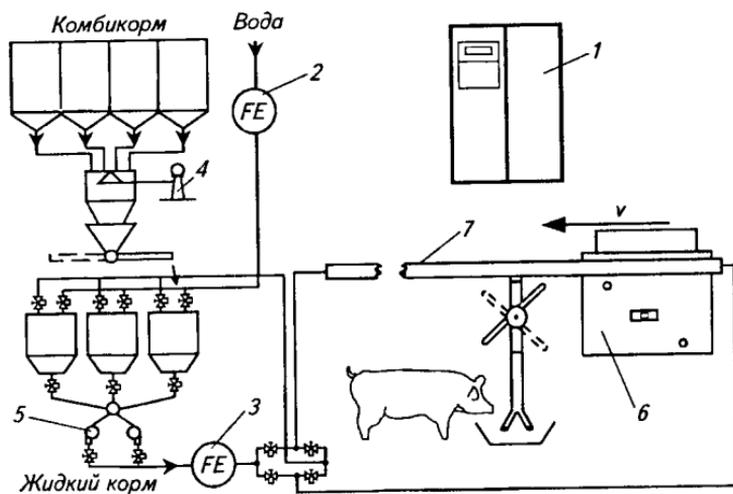


Рис. 15.16. Технологическая схема микропроцессорной СУ раздачей жидкого корма:

1 — шкаф управления с микропроцессорным контроллером; 2 — электромагнитный расходомер воды; 3 — электромагнитный расходомер жидкого корма; 4 — весовой дозатор комбикорма; 5 — насос для подачи кормосмеси; 6 — раздаточная тележка; 7 — трубопровод для кормосмеси

рядочить кормление свиней, повысить эффективность и снизить издержки производства свинины.

Устранение недостатков релейно-контактной СУ технологическим процессом откорма позволило на свинокомплексе достичь в год:

уменьшения потерь комбикорма за счет снижения непроизводительных затрат;

снижения расхода электроэнергии за счет сокращения времени использования электрооборудования (вследствие применения более эффективных алгоритмов работы);

повышения продуктивности животных на 5 % благодаря увеличению точности дозирования кормов и соблюдению зоотехнических норм кормления.

Реализация такой СУ позволила значительно улучшить выполнение агротребований по нормированному кормлению свиней, стабилизировать влажность корма, гибко изменять выдаваемые дозы корма, существенно уменьшить время кормораздачи, вести учет расхода кормов и значительно повысить надежность системы кормления.

Рассмотренный пример модернизации стационарной установки свидетельствует об эффективности внедрения автоматизированной СУ технологическим процессом кормления на основе использования современной элементной базы.

За рубежом в качестве мобильного фермерского оборудования стали выпускать садовую мини-технику с микропроцессорным управлением. Например, автоматическую мотокосилку, по заданной программе (без участия человека) скашивающую траву газонов и приусадебных участков.

Контрольные вопросы и задания

1. С какой целью и как автоматизируют системы энергообеспечения? 2. Перечислите технологические процессы, подлежащие автоматизации в котельных. 3. Как управляют тепловой нагрузкой котла и экономичностью процесса сжигания топлива в нем? 4. Для чего предназначена автоматика безопасности котельных установок? 5. Объясните принцип действия функциональной схемы системы «Кристалл» автоматизации котла. 6. Объясните назначение элементов системы «Курс». 7. Какие процессы и как автоматизируют в элементных и электродных электронагревателях воды для получения пара? 8. Поясните принцип работы функциональной схемы автоматизации электродкотельной. 9. Какие технологические процессы автоматизируют в системах внутрихозяйственного газоснабжения? 10. Расскажите об автоматизации системы электроснабжения сельского хозяйства. 11. Изложите основные причины широкого применения микропроцессоров при автоматизации бытовых установок. 12. Расскажите о типовой современной структуре микропроцессорного устройства управления бытовой установкой.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

16.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Автоматизация системы технического сервиса тракторов, автомобилей и другой сельскохозяйственной техники способствует облегчению условий труда, повышению его качества и производительности, снижению себестоимости и сокращению сроков ремонта.

К основным ТП технического сервиса сельскохозяйственной техники можно отнести: мойку и очистку машин, разборку и сборку агрегатов, восстановление изношенных деталей, обкатку отремонтированных двигателей, машин.

Многие соединения, сопряжения деталей после эксплуатации машины, сборочной единицы весьма трудно поддаются ручной разборке, мойке, очистке. Качество отремонтированных изделий во многом зависит от соблюдения оптимальных режимов ТП. Например, если увеличиваются или уменьшаются необходимые плотность тока, температура и концентрация электролитов, то ухудшаются свойства гальванических покрытий. В то же время рабочему трудно обеспечить контроль и своевременную корректировку указанных параметров. Поэтому облегчить условия ручного труда, повысить его производительность и достичь высокого качества покрытий можно только при использовании специальных автоматических устройств.

Обкатка и испытания сборочных единиц, агрегатов, машин, являющиеся заключительным этапом ТП технического сервиса, требуют также применения специальных технических средств контроля и управления для достоверной оценки качества проведенного ремонта.

Таким образом, механизация и автоматизация основных ТП мойки и очистки машин, их разборки и сборки, восстановления деталей, сборочных единиц, а также обкатки агрегатов имеет первостепенное значение для правильной организации труда, повышения эффективности и культуры технического сервиса на ремонтных предприятиях.

16.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МОЙКИ И ОЧИСТКИ МАШИН, АГРЕГАТОВ

Общие сведения. Сельскохозяйственную технику эксплуатируют в различных климатических условиях. Поверхности тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин в результате контакта с почвой, растениями, топливно-смазочными материалами, удобре-

ниями, а также из-за переменных температурных режимов работы покрываются загрязнениями разнообразного состава. По природе возникновения различают *эксплуатационные* и *производственные загрязнения*. К эксплуатационным относят дорожную грязь, растительные остатки, остатки перевозимых продуктов, лакокрасочные покрытия, продукты коррозии, накипь, нагар, лаковые, асфальто-смолистые и масляно-грязевые отложения, различные смазки, масла. Производственные загрязнения — это пыль, стружка, абразив, окалина, шлаки, продукты износа при обкатке и др.

Загрязнения различают также по механизму их возникновения и виду взаимодействия с поверхностью. Это загрязнения *адгезионно связанные* (прилипание частиц веществ, пыли, смазочного материала к наружным поверхностям машин); *поверхностно-адсорбционные* (загрязнения внутренних поверхностей в виде смазок, осадков, смолистых отложений и наружных поверхностей с большим содержанием органических веществ); *технологические* (глубинно связанные загрязнения, такие, как лак, нагар, краски, продукты коррозии и т. д.).

Загрязнения разных видов встречаются в самых разнообразных сочетаниях. В связи с этим применяют различные по составу, свойствам и назначению эффективные моющие средства. Так, по химическому составу различают *синтетические* и *кислые моющие средства*, *органические растворители*, *растворяюще-эмульгирующие средства*.

По физико-химическим основам моющего средства все способы очистки и реализующие их моечные машины делят на струйные, погружные и комбинированные.

Наиболее распространен *струйный способ*, при котором подача раствора дополняется механическим воздействием струи на загрязнения. Этот способ реализован в мониторных и струйных моечных установках.

Мониторные моечные машины, предназначенные для гидродинамической очистки поверхностей ремонтируемой техники, представляют собой малогабаритные установки, состоящие из двигателя, насоса, устройства для нагрева воды и моющего раствора, а также ручного моечного пистолета. В последнем благодаря применению насадок малого диаметра создается большая скорость струи (20...70 м/с), обеспечивающая быстрое удаление загрязнений.

Струйные машины применяют для очистки техники в сборе или ее отдельных узлов. Они представляют собой камеру, в которой размещена система гидрантов для подачи моющего раствора на объект одновременно почти по всей очищаемой поверхности.

Сущность *погружного способа* заключается в подаче объекта очистки в моющий раствор с последующей выдержкой в нем. Создание эффективных моющих средств (типа растворяюще-эмульгирующих и др.) способствовало совершенствованию погружных моечных машин. Таким машинам свойственны вертикально-воз-

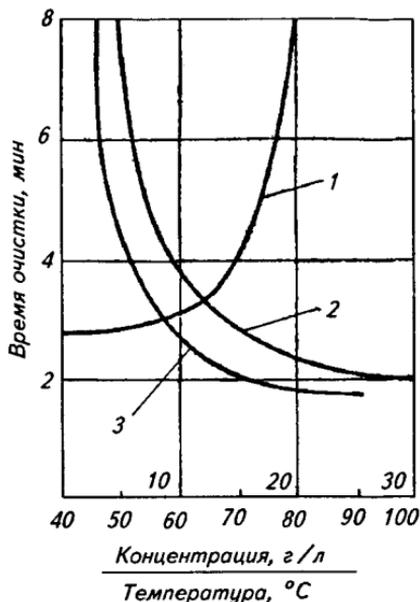
Рис. 16.1. Зависимости времени очистки сборочных единиц агрегатов от концентрации моющего раствора (2), концентрации загрязнений (1) и температуры раствора (3)

вратно-поступательные перемещения объекта очистки, колебательные перемещения очищаемых объектов вокруг горизонтальной оси и роторные перемещения очищаемых объектов, а также активизация моющего раствора лопастными винтами. Погрузные машины являются основным оборудованием для очистки деталей от асфальтосмолистых отложений, продуктов коррозии и остатков старых лакокрасочных покрытий.

Наиболее распространены комбинированные способы очистки и реализующие их комбинированные моечные машины, представляющие собой сочетание погружных и струйных. Сочетая преимущества различных видов очистки, такие способы и устройства обеспечивают наиболее эффективные и экономичные режимы технологических процессов.

Основные факторы, определяющие качество и эффективность мойки и очистки. Для качественного проведения очистных операций с минимальными энерго- и трудозатратами важно наряду с применением эффективных моющих средств и установок соблюдать технологические режимы. На рисунке 16.1 изображены зависимости времени очистки от основных технологических параметров. Нарушения технологического режима очистки приводят к росту затрат на эту операцию либо к производству некачественной продукции. В связи с этим целесообразно автоматизировать контроль и регулирование основных технологических параметров (температуры, загрязненности, концентрации) в требуемых пределах.

Система автоматического регулирования температуры моющих растворов. В сельскохозяйственном ремонтном производстве применяют различные способы нагрева моющего раствора: за счет сжигания жидкого топлива в специальных камерах сгорания; пропуская пар (газ) по змеевику, помещенному в ванну с моющим раствором; электрический. Последний способ как наиболее экономичный, надежный и простой широко применяют в автоматических системах регулирования температуры жидкостей, газов. В системах, реализующих электрический способ нагрева, в качестве регулирующих элементов обычно используют ТЭНы погруж-



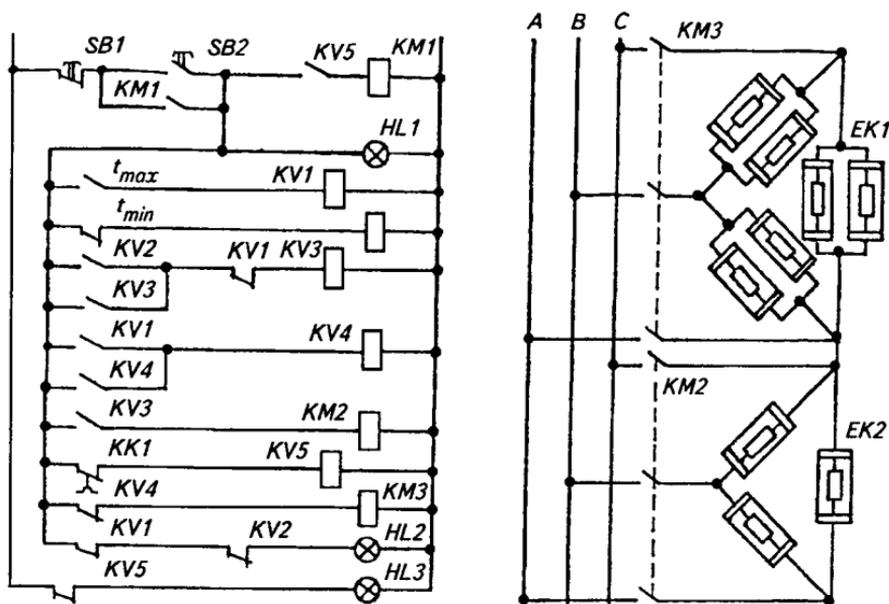


Рис. 16.2. Принципиальная схема САР температуры моющей жидкости

ного типа в сочетании с двухпозиционными регуляторами и датчиками, выполненными на базе манометрических электроконтактных термометров.

Принципиальная схема системы регулирования температуры моющего раствора приведена на рисунке 16.2. Все ТЭНы разделены на две группы: 1) ТЭНы, включаемые контактором *КМ3* и работающие только в период вывода температуры моющего раствора до заданного значения (в дальнейшем на всем протяжении работы эти ТЭНы отключены); 2) ТЭНы, включаемые контактором *КМ2* и работающие на первой стадии совместно с ТЭНами первой группы, а после вывода температуры моющего раствора в желаемую область включаемые периодически для поддержания температуры в требуемом диапазоне. Мощность ТЭНов первой группы в основном определяется временем вывода температуры моющего раствора в желаемую область и количеством раствора, а второй группы — потерями теплоты в процессе мойки. В качестве датчика температуры моющего раствора используют манометрический электроконтактный термометр. В случае возникновения каких-либо неисправностей, сбоев, которые могут вызвать превышение температуры моющего раствора относительно верхнего предела зоны регулирования, в схе-

ме предусмотрено использование термодатчика *КК1*, реагирующего на это превышение. При этом размыкающий контакт *КК1* обесточивает обмотку реле *KV5*, которое отключает нагрев и включает световую сигнализацию «Авария». Включение контактора *КМ1* происходит после устранения неисправности в схеме и последующего нажатия кнопки *SB2*.

Контроль концентрации моющих средств в растворах. Качество очистки находится в прямой зависимости от концентрации моющих средств. Причины ее изменения в ТП очистки — это добавление воды для компенсации слива раствора, а также моющего средства с целью восстановления концентрации раствора (изменяющейся вследствие его осаждения на деталях, химического реагирования с загрязнениями, солями и других случайных факторов).

Концентрацию растворов обычно оценивают по их плотности или щелочности. Плотность замеряют ареометром при конкретной температуре, после чего по градуировочной зависимости определяют концентрацию растворов. Этот метод применяют только для чистых растворов, поскольку при наличии в последних (в процессе мойки) различных загрязнений контролируемая плотность растворов не будет соответствовать реальным ее значениям. Щелочность достаточно точно определяют химическим анализом (методом титрования), который в производственных условиях весьма сложен и трудоемок.

В современном ремонтном производстве применяют моющие средства, основу которых составляют щелочные электролиты. Известно, что электропроводность растворов (на основе таких моющих средств) имеет однозначную корреляцию с их концентрацией и температурой. Поэтому на практике для измерения концентрации растворов применяют метод оценки электропроводности с учетом их температурной погрешности.

Схема устройства, реализующего такой метод, изображена на рисунке 16.3. Прибор работает следующим образом. Сигнал с генератора импульсов *1* частотой 2,5 кГц подается на ключевой двухполярный усилитель *2*, к выходу которого подключена электролитическая ячейка *3* с опорным сопротивлением $R_{оп}$. Напряжение, снижаемое с этого сопротивления, пропорционально протекающему в нем току, а следовательно, и электропроводности раствора. Ключевой усилитель обеспечивает значительную напряженность электрического поля на электродах ячейки *3* и тем самым позволяет минимизировать влияние различных загрязнений на значение контролируемого тока. В зоне электролитической ячейки помещен датчик температуры *4*, подключенный к мосту *M*, в одно из плеч которого подсоединен переменный резистор *R*. Сопротивление моста R_m изменяется прямо пропорционально температуре раствора. Оно подключено к входной цепи инвертирующего операционного уси-

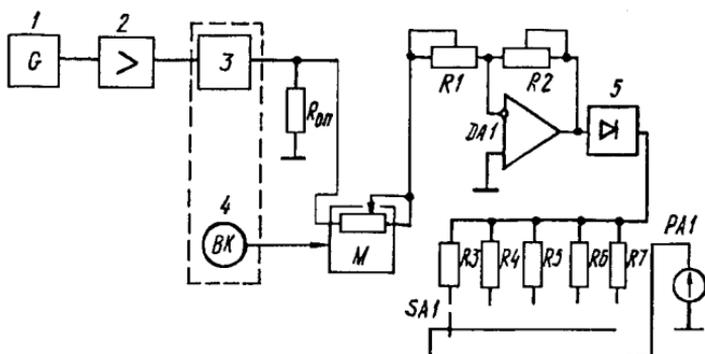


Рис. 16.3. Схема анализатора мощных растворов:

1 — генератор; 2 — усилитель; 3 — электролитическая ячейка; 4 — датчик температуры; 5 — амплитудный детектор

лителя $DA1$ с подстроечными резисторами $R1$ и $R2$. Выходное напряжение усилителя

$$U_{\text{вых}} = C f(N),$$

где C — коэффициент пропорциональности, определяемый параметрами устройства; $f(N)$ — функция, зависящая только от концентрации раствора.

На выходе амплитудного детектора 5 прибором $PA1$ регистрируют напряжение, пропорциональное концентрации мощных средств в растворах. Переключателем $SA1$ изменяют число задействованных в цепи токоограничивающих резисторов $R3...R7$, которые учитывают процент щелочной составляющей раствора.

Контроль загрязненности растворов. Если такие параметры, как температура, уровень концентрации растворов, поддаются регулированию, то снижение моющей способности растворов (из-за превышения в них нормы количества загрязнений) вызывает необходимость их замены или регенерации (восстановления).

Известны технологии и оборудование для регенерации мощных растворов, которые обычно происходят в два этапа. Первый этап (отстаивание) совершается в рабочем резервуаре как в процессе работы машины, так и при ее остановке (путем периодического удаления находящихся на поверхности раствора различных нефтепродуктов, а также осевшего на дно резервуара шлама с последующей фильтрацией раствора). Второй этап (очистка), осуществляемый с применением коагулянтов смеси $Ca(OH)_2$ и $FeSO_4$, позволяет восстановить свойства растворов при насыщении их мелкодисперсными загрязнениями, не поддающимися отстаиванию и фильтрации.

В связи с отсутствием простых и надежных средств контроля загрязненности растворов до сих пор о необходимости их восстановления (или замены) судят субъективно по визуальному контролю цвета раствора, а также по времени его работы.

Разработаны достаточно чувствительные, надежные и простые по конструкции оптические датчики контроля загрязненности растворов. Принцип действия такого датчика (рис. 16.4) основан на избирательном поглощении частицами загрязнений светового излучения в видимой и инфракрасной областях спектра. Датчик выполнен в виде ступенчатого цилиндрического стакана, состоящего из блока светового излучения 1 с лампой 17 и блока светоприемника-преобразователя 6 со светочувствительным элементом 11. Блоки соединены между собой шпильками 2. Измерительная камера 5 образована рабочим объемом между блоками 1 и 6, ограниченными защитными стеклами-линзами 3. Оптическую длину камеры регулируют шпильками 2. Светочувствительный элемент 11 установлен на пластмассовом основании 7. Для дополнительного охлаждения элемента 11 служит трубка 10 и система отверстий в основании 7 и стакане 8. С целью исключения утечки раствора стекла-линзы 3 уплотнены резиновыми прокладками 15, 16 и втулкой 4. Для внутренних и внешних подсоединений электрических проводов 12 на датчике установлен электрический разъем 9. Монтажные провода между блоками заключены в защитный рукав 14. При погружении датчика в раствор измерительная камера заполняется раствором моющей среды. Оптическая характеристика датчика выбрана такой, что она не реагирует на компоненты моющего средства. При наличии загрязнений оптическая плотность

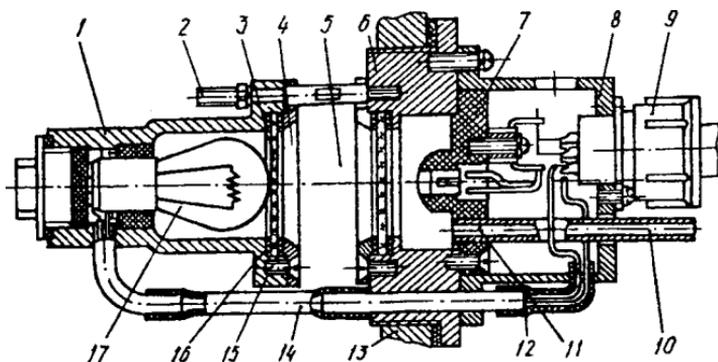


Рис. 16.4. Оптический датчик для контроля моющих растворов:

1 — блок светового излучения; 2 — шпилька; 3 — защитное стекло-линза; 4 — втулка; 5 — измерительная камера; 6 — блок светоприемника; 7 — основание; 8 — стакан; 9 — разъем; 10 — трубка; 11 — фотозлемент; 12 — провода; 13 — корпус; 14 — защитный рукав; 15, 16 — прокладки; 17 — осветительная лампа

раствора изменяется и датчик преобразует ее в электрический сигнал, пропорциональный концентрации загрязнений, который регистрируется индикатором.

Диапазон значений измеряемой концентрации загрязнений 0...40 г/л, а относительная погрешность измерений не превышает 8 % при температуре контролируемой среды менее 85 °С.

Система автоматического управления ТП мойки. ТП мойки заключается в подаче в камеру мойки сборочных единиц и деталей, опускании шторки, закрывающей проем для исключения разбрызгивания моющего раствора, включении насоса подачи раствора в сопла, обеспечении относительного перемещения деталей и струй жидкости. По истечении времени мойки двигатель насоса отключается, шторка, закрывающая входной проем, поднимается, и корзина с деталями возвращается в исходное положение. Для удаления паров моющей жидкости на всем протяжении мойки работает вытяжная вентиляция.

Схема автоматизации ТП мойки показана на рисунке 16.5. Для управления исполнительными механизмами установлены бесконтактные путевые конечные выключатели $SQ1...SQ5$ в комплекте с промежуточными реле $KV1...KV5$ (рис. 16.6). В исходном состоянии тележка находится в крайнем левом положении (включено реле $KV1$), шторка — в крайнем верхнем (включено реле $KV2$). При соблюдении этих условий и нажатии кнопки $SB2$ включается контактор $KM1$ и своим замыкающим контактом самоблокируется.

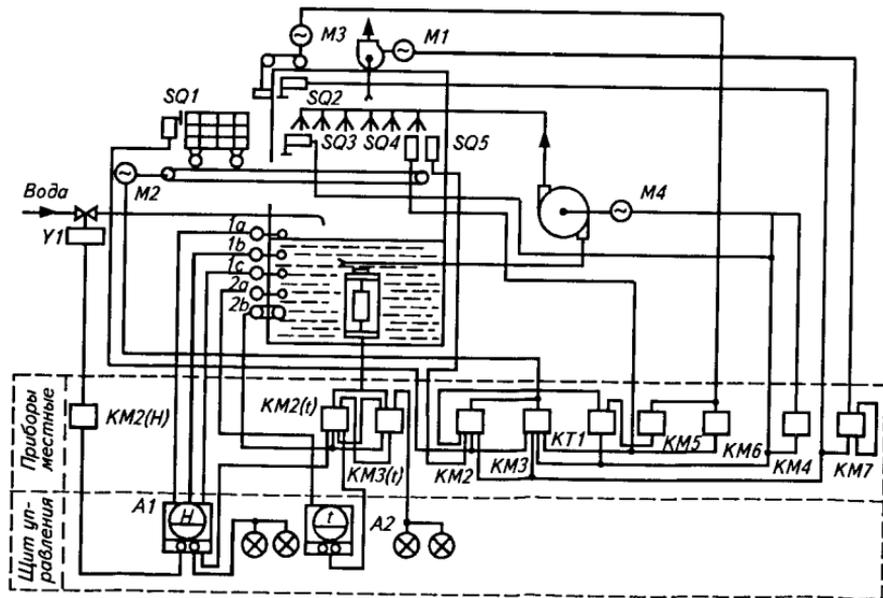


Рис. 16.5. Схема автоматизации моечной машины

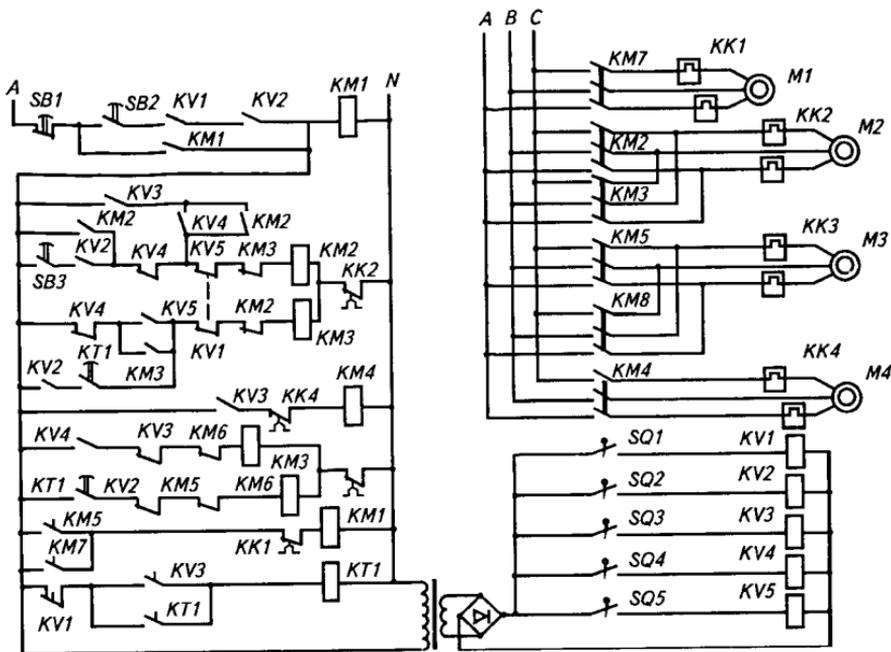


Рис. 16.6. Принципиальная схема устройства управления мойкой

При нажатии кнопки *SB3* на обмотку пускателя привода каретки «Вперед» *KM2* подается напряжение. При подходе каретки к путевому выключателю *SQ4* последний включает реле *KV4*, размыкающий контакт которого обесточивает катушку пускателя *KM2*, а замыкающий — подготавливает цепь питания катушки пускателя *KM2* по цепи *KV3—KV4—KV5—KM3* и подает питание на катушку пускателя привода шторки *KM5*.

Посредством пускателя *KM5* подается напряжение на обмотку другого пускателя-выключателя вентилятора *KM7*. Шторка, опустившись в крайнее нижнее положение, посредством выключателя *SQ3* включает реле *KV3*, которое в свою очередь включает пускатель насоса *KM1*, реле времени *KT1* мойки и пускатель привода каретки «Вперед». Каретка, продолжая движение вперед, воздействует на выключатель *SQ4*. Движение каретки продолжается до срабатывания *SQ5*. Реле отключает питание с обмотки реле «Вперед» и подает его на обмотку реле «Назад». Движение каретки продолжается до тех пор, пока не сработают контакты реле времени (мойки), которое обеспечит включение пускателя привода шторки «Вверх». Она воздействует на *SQ3*. При этом реле отключается, питание с пускателя привода насоса прекращается, а цепь питания пускателя привода каретки «Вперед» разрывается. Второй замыкающий контакт *KT1* подготавливает цепь питания катушки

«Назад». Если контакты реле времени *KT1* срабатывают, то каретка доходит до *SQ5* и возвращается назад до *SQ4*. Если же контакты реле *KT1* замыкаются при движении каретки «Назад», то ее перемещение продолжается, так как привод ее будет получать питание при подъеме шторки в крайнее верхнее положение по цепи *KV2 — KT1 — KV1 — KM2 — KV3*. При этом каретка всегда возвращается в крайнее левое положение, вызывая срабатывание *SQ1*. Реле *KV1* отключает питание с пускателя *KM3*, и каретка останавливается. Это же реле отключает и реле времени *KT1*. После замены очищенных деталей в тележке загрязненными и нажатия кнопки *SB3* весь процесс подачи каретки с деталями в моечную камеру и сам процесс очистки повторяются. Вентилятор вытяжки работает постоянно. Отключают его нажатием кнопки *SB1*.

16.3. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Диагностирование — это определение состояния объекта с указанием места, вида и причин дефектов, нарушений, повреждений и т. п. Внедрение технического диагностирования дает существенный технико-экономический эффект и является основным звеном планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники. Оно позволяет на 10...15 % повысить межремонтный ресурс сельскохозяйственных машин, устранить необоснованную разборку сборочных единиц, ускорить, снизить на 30 % трудоемкость обслуживания и ремонта, повысить мощность, экономичность и надежность техники. Благодаря своевременному диагностированию и обслуживанию на 20 % сокращается число ремонтов и на 20...30 % — потребность в запасных частях. Постоянно совершенствуются методы и технические средства диагностирования, разработаны электронные приборы и автоматические системы технической диагностики сельскохозяйственной техники.

Диагностирование делят на три основных этапа: получение информации о техническом состоянии объекта; обработка и анализ полученной информации; постановка диагноза и принятие решения. На основе проведенной диагностики устанавливают вид и объем ремонтных работ, проверяют готовность машин и приводят их в работоспособное состояние.

При **прямом диагностировании** измеряют параметры деталей и по их отклонению от норм дают заключение о техническом состоянии. Измерения выполняют при помощи специальных приборов: микро- и миллиметров, нутромеров, щупов, масштабной линейки, рулетки, штангенциркуля, угломеров, зубомеров, калибраторов, тахометров и т. п. Широко используют также приборы измерения температуры, усилий, давления, вращающих моментов, расхода жидкостей и газов, ускорений и вибраций, состава отработавших газов, жидкостей и других величин.

При **косвенном диагностировании** техническое состояние деталей и сборочных единиц оценивают по косвенным параметрам. Например, зазор в сопряжении поршень — цилиндр двигателя определяют по количеству газов, прорывающихся в его картер.

Прямые методы основаны на использовании простых измерительных приборов. Однако эти методы очень трудоемки и требуют разборки сборочных единиц. Косвенные методы обеспечивают большую информативность, не требуют разборки агрегатов, но для их реализации необходимо использовать сложные и дорогостоящие специальные приборы и системы.

Для оценки технического состояния сельскохозяйственной техники создано множество диагностических приборов и установок, с помощью которых удается не только контролировать, но и повышать качество машин.

В сельскохозяйственном производстве широко применяют безразборную диагностику и прогнозирование остаточного ресурса сборочных единиц с помощью контрольно-измерительных приборов. Эти приборы помогают решать широкий круг задач диагностики: измерить вращающий момент и мощность двигателя, силу тяги и тормозные усилия на колесах, подачу и давление масляных насосов, давление в смазочной системе и загрязненность фильтров гидросистемы, давление впрыска топлива форсунками, давление сжатия в цилиндрах двигателя и момент подачи в них топлива, а также оценить качество распыла топлива форсунками. Эти приборы позволяют также определить зазоры в кривошипно-шатунном механизме и механизмах трансмиссии.

Перечисленные методы выполняют при постоянном участии оператора-диагноста.

При **автоматическом диагностировании** функции оператора сводятся к включению системы в начале проверки и отключению ее в конце диагностики. Автоматические системы диагностики используют виброакустические и спектрофотометрические методы контроля с набором электронных приборов.

Виброакустические методы диагностики позволяют регистрировать амплитуду акустических сигналов (шумов и вибраций) и оценить характер их изменений. Амплитуда и частота шумов и вибраций изменяются по мере изнашивания деталей и увеличения зазоров сопряженных деталей. Задача виброакустической системы диагностики (рис. 16.7) заключается в выделении сигнала, создаваемого возникшим дефектом, из многочисленных акустических помех, возникающих при нормальной работе агрегата, т. е. из сложных колебаний необходимо выделить информационную составляющую сигнала. Для этого используют приборы спектрального анализа, позволя-

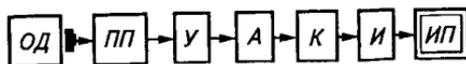


Рис. 16.7. Функциональная схема акустической системы диагностики

ющие выявлять причину, частоту и мощность вибраций, возникших из-за дефектов.

Для этого на объекте диагностики *ОД* устанавливают датчик акустических колебаний *ПП* (первичный преобразователь), с которого электрический сигнал подается на усилитель *У*, а затем на анализатор *А*. На выходе анализатора поочередно выделяются составляющие (гармоники) акустических колебаний и в виде переменного напряжения подаются в квадратор *К*, а затем в интегратор *И* и измерительный прибор *ИП*. Квадратор на выходе дает значение мощности (в виде квадрата напряжения), а интегратор осредняет мощность вибраций исследуемого диапазона частот за определенный промежуток времени. Значение мощности регистрирует *ИП*.

Спектрофотометрический метод диагностики основан на определении содержания продуктов износа в пробе масла путем измерения спектров излучения при сжигании пробы масла в электрической дуге. Спектры фотографируют, а потом расшифровывают по специальным спектрограммам или с помощью ЭВМ. По результатам периодических анализов строят графики интенсивности изнашивания и прогнозируют работоспособность объекта диагностики.

Спектрофотометрическое диагностирование рекомендуется для предварительной экспресс-оценки технического состояния машин.

Для оценки технического состояния и регулировки двигателей внутреннего сгорания служат мотор-тестеры *К-518*, *К-484*, *МТ-5* и *К-195*. С помощью этих приборов можно определить параметры системы зажигания карбюраторных двигателей, системы энергоснабжения и пуска двигателя, а также оценить эффективность работы его отдельных цилиндров.

Тестер *К-518* подключают к двигателю в пяти точках. Зажимы прибора *М*, *Б* и *Пр* подключают соответственно к клеммам «масса» автомобиля, «+» аккумулятора и контакту *Пр* прерывателя-распределителя. На высоковольтный провод, идущий от катушки зажигания к распределителю, размещают датчик импульсов *2* (рис. 16.8), на провод первого цилиндра — датчик первого цилиндра *3*. Переключатель *17* устанавливают в положение, соответствующее числу цилиндров диагностируемого двигателя.

Переключатель *11* переводят в положение «тахометр». После пуска двигателя омметр-тахометр *5* показывает частоту вращения его коленчатого вала. С помощью переключателя *14* задают программу испытаний, результаты которых отображаются как на комбинированном измерителе *6*, так и на экране осциллографа в виде соответствующих осциллограмм. Например, в первом положении переключателя *14* прибор показывает напряжение на зажимах аккумулятора, а на экране осциллографа отображается переходный процесс, проходящий на контактах прерывателя; во втором положении — угол замкнутого состояния контактов прерывателя и

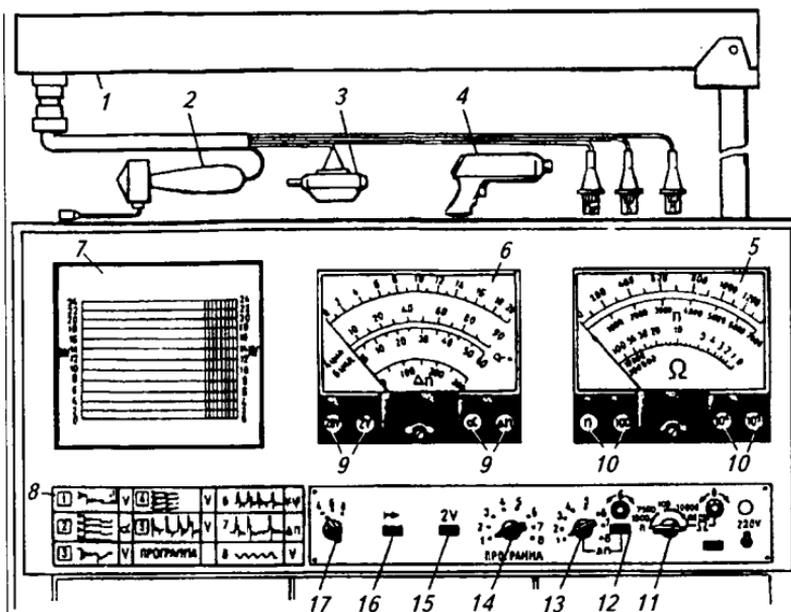


Рис. 16.8. Схема мотор-тестера К-518:

1 — стрела; 2 — датчик импульсов; 3 — датчик первого цилиндра; 4 — осветитель; 5 — омметр-тахометр; 6 — комбинированный измеритель; 7 — экран осциллографа; 8 — образцы осциллограмм; 9, 10 — контрольные лампы комбинированного измерителя и омметра-тахометра; 11 — переключатель омметра-тахометра; 12 — кнопка выключения цилиндра; 13 — переключатель выбора цилиндров; 14 — переключатель «Программа»; 15 — кнопка переключения вольтметра; 16 — кнопка горизонтального расширения развертки осциллографа; 17 — переключатель числа цилиндров

асинхронизм; в пятом положении — напряжение на искровых свечах зажигания. В седьмом положении переключателя 14 посредством мотор-тестера можно контролировать эффективность работы отдельных цилиндров двигателя путем их отключения с помощью переключателя 13 и кнопки 12.

За счет осветителя 4 тестер обеспечивает контроль установки начального угла опережения зажигания и работу центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания. Тестером контролируют и другие параметры.

У мотор-тестера К-484 по сравнению с К-518 меньше габаритные размеры и масса. Им измеряют силу тока до 500 А. Но у него нет встроенного осциллографа. Мотор-тестер К-295 аналогичен прибору К-484, но снабжен цифровой индикацией.

Дизельные двигатели диагностируют приборами К-297 и К-296, контролирующими частоту вращения коленчатого вала двигателя, угол опережения начала подачи топлива и максимальное давление впрыска.

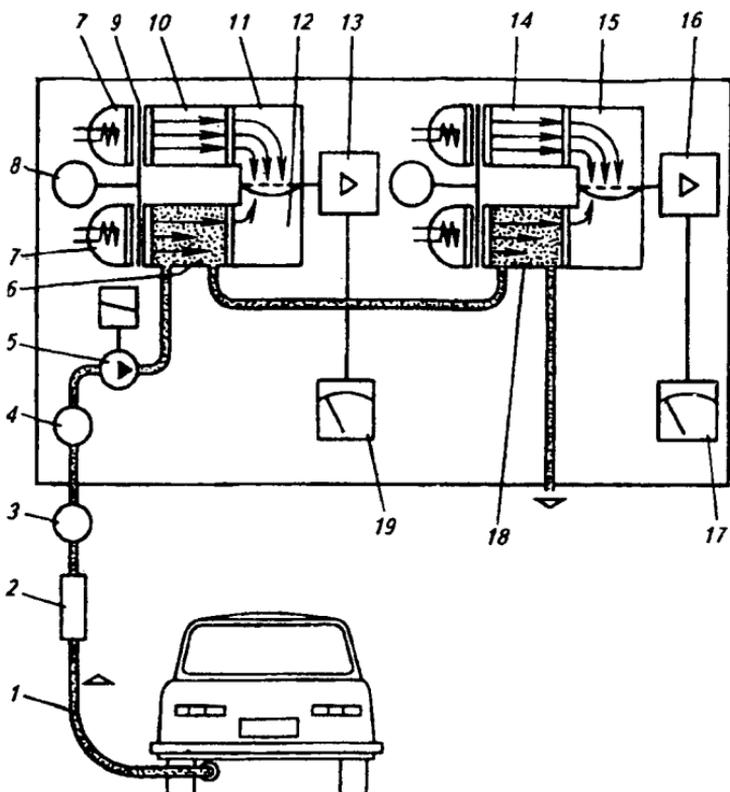


Рис. 16.9. Схема газоанализатора:

1 — зонд; 2, 3, 4 — фильтры; 5 — мембранный насос; 6, 18 — измерительные камеры; 7 — инфракрасный излучатель с параболическим зеркалом; 8 — синхронный двигатель; 9 — обтуратор; 10, 14 — сравнительные камеры; 11, 15 — инфракрасные лучеприемники CO_2 и CH_4 ; 12 — мембранный конденсатор; 13, 16 — усилители; 17, 19 — индикаторы

Для оценки экономичности двигателей используют расходомеры объемного ротаметрического и тахометрического типов. С их помощью определяют как мгновенные, так и средние значения расхода топлива карбюраторными двигателями и дизелями. Расходомеры объемного (К-516) и ротаметрического типов предназначены для измерения расхода топлива в диапазоне 2...70 л/ч. Расходомеры К-427 и КИ-13967 тахометрического типа позволяют измерять расходы соответственно 0,9...120 и 3...300 л/ч. Их преимущества — малые габаритные размеры и масса, а также возможность питания от бортовой сети автомобиля (12 В).

Работу системы питания карбюраторных двигателей проверяют по составу отработавших газов, контролируя содержание в них CO , CO_2 и CH_4 . Для этих целей используют газоанализаторы, принципиальная схема одного из которых показана на рисун-

ке 16.9. Газ из выпускной трубы автомобиля забирается с помощью зонда 1 и мембранного насоса 5. Пройдя через систему фильтров 2...4 газ поступает в измерительные камеры 6, 18 и удаляется в атмосферу. Сравнительные камеры 10 и 14 заполнены азотом или чистым воздухом. Инфракрасное излучение от накаливаемых спиралей излучателя 7 проходит через камеры 6, 18 и 10, 14. Часть инфракрасного излучения поглощается в измерительных камерах 6, 18 и фиксируется инфракрасными лучеприемниками 11, 15, разностный сигнал усиливается усилителями 13, 16 и отображается аналоговыми или цифровыми индикаторами 19 и 17.

С помощью газоанализаторов ГИАМ-29, АСКОН-01 и 121ФА-01 можно измерить содержание CO , CO_2 и CH_4 .

Бензонасосы карбюраторных двигателей проверяют специальным прибором, который состоит из манометра 1 (рис. 16.10), штуцера 3, трубок 4 и 8, корпуса крана 5, запорной иглы 7, переходников 6 и 9. Прибор устанавливают между бензонасосом и карбюратором. С помощью прибора можно измерить давление, развиваемое бензонасосом, определить герметичность его клапанов и запорной иглы карбюратора.

Техническое состояние цилиндропоршневой группы (ЦПГ) оценивают разными методами. Наиболее простой из них основан на использовании компрессиметра (рис. 16.11) для определения давления, развиваемого в цилиндре в конце такта сжатия.

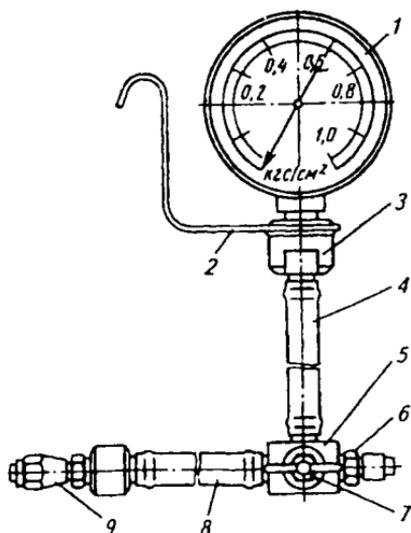


Рис. 16.10. Схема прибора 527Б для проверки бензонасосов:

1 — манометр; 2, 4, 8 — трубки; 3 — штуцер; 5 — корпус крана; 6, 9 — переходники; 7 — запорная игла

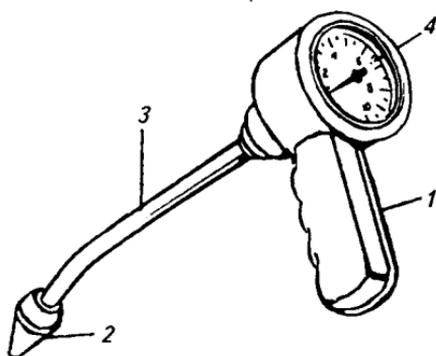


Рис. 16.11. Компрессиметр:

1 — держатель; 2 — конус; 3 — трубка; 4 — манометр

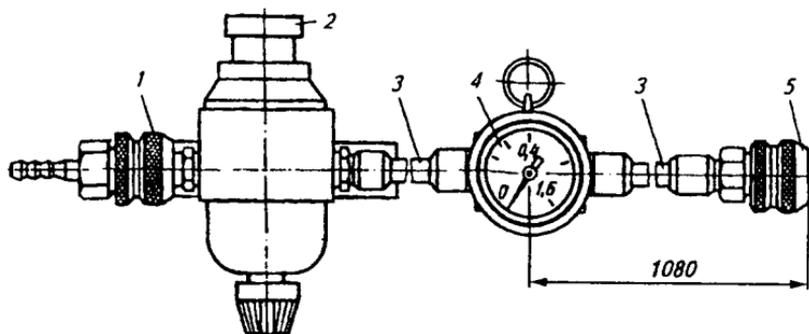


Рис. 16.12. Схема пневмотестера К-272М:

1, 5 — муфты; 2 — штуцер; 3 — трубки; 4 — манометр

Пневмотестером К-272 (рис. 16.12) определяют состояние цилиндропоршневой группы по расходу воздуха через диагностируемый цилиндр. Для этого пневмотестер посредством муфты 1 подключают к воздушной пневмосети, а с помощью муфты 5 — к проверяемому цилиндру. Падение давления на дросселе характеризует техническое состояние цилиндра. Давление подводимого к прибору воздуха 0,08...0,25 МПа, расход воздуха до 1,6 м³/ч, масса прибора 2,4 кг.

16.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Технология восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники гальваническим способом основана на осаждении металлов путем электролиза водных растворов солей металлов или кислот (хромирования).

На деталь (катод) подводят отрицательный потенциал источника питания. В качестве анода используют пластину из металла, который необходимо нанести на деталь, или пластины из нерастворимого металла, например свинца (при хромировании). К пластинам присоединяют положительный потенциал источника питания.

Массу металла, осаждаемого на катоде, определяют по формуле

$$m = cIt,$$

где c — электрохимический эквивалент, г/(А · ч); I — сила тока электролиза, А; t — продолжительность электролиза, ч.

Электрохимический эквивалент зависит от вида металла, расходуемого на покрытие, плотности тока, температуры электролита, формы кривой тока электролиза и других параметров.

Детали перед гальваническим наращиванием проходят специальную обработку. Их шлифуют, промывают, обезжиривают, протравляют в растворах серной, фосфорной или хромовой кислот, снова промывают, а затем помещают в электрохимические ванны и подсоединяют к отрицательному электроду источника питания. На места деталей, не подлежащие наращиванию металла, наносят электроизоляционные материалы.

Для получения качественного наращивания металлов используют различные методы изменения полярности и формы тока электролиза: а) автоматическое реверсирование тока, т. е. периодическую смену полярности напряжения на детали с отрицательной на положительную, и наоборот; б) асимметричный, т. е. выпрямленный ток с различным коэффициентом выпрямления. Реализацию одного из таких методов рассмотрим на примере универсального источника тока для питания электролитических ванн (рис. 16.13, а).

Устройство позволяет вести процесс наращивания металла на однофазном асимметричном и трехфазном выпрямленном токах с возможностью перехода с одного режима на другой без прерывания тока и с высокой точностью стабилизации и регулирования составляющих тока.

Источник выполнен в виде двух функциональных блоков: силового и управляющего. Силовой блок содержит понижающий трансформатор TV ($10 \text{ кВ} \cdot \text{А}$), тиристорный блок $TБ$, шунты $R1$ и $R2$ в цепях измерения тока. Блок управления имеет катодный $KУ$ и анодный $AУ$ усилители, регуляторы катодного PKT и анодного PAT токов, блоки фазоимпульсного управления катодными тиристорами $VD1...VD3$ (БФУК) и анодным тиристором $VD4$ (БФУА), электродный коммутатор $ЭК$.

Переключая $SA1$ с помощью магнитных пускателей $KM1...KM3$, можно получить три значения выходного напряжения на трансформаторе TV : 6, 12 и 26 В при максимально возможной силе тока 1200, 600 и 300 А. Амперметр $PA1$ измеряет значение анодного тока, амперметр $PA2$ — значение постоянной составляющей выпрямленного катодного тока.

В качестве датчика силы тока используют сопротивление шунта $R2$, через который протекают катодные и анодные составляющие тока. Напряжение сигнала с шунта $R2$ усиливается однополупериодными усилителями $KУ$ и $AУ$, собранными на операционных микросхемах. Усилитель $KУ$ одновременно инвертирует сигнал. Блок $БФУК$ поочередно управляет коммутацией тиристоров $VD1...VD3$, а $БФУА$ — коммутацией тиристора $VD4$. На блоки $БФУК$ и $БФУА$ подаются управляющие импульсы от электронного коммутатора $ЭК$ с частотой 1 кГц. При отключенном переключателе $SA2$ работают тиристоры $VD4$ и $VD1$, которые обеспечивают асимметричную форму тока, показанную в левой части рисунка 16.13, б. При включенном $SA2$ работают тиристоры $VD1...VD3$.

данные для детали плотности тока прямой полуволны (катода j_k) и обратной полуволны (анода j_a). Через время $t_1 \leq 1$ мин программное реле в течение $t_2 = 3$ мин плавно снижает плотность тока j_a до нуля. После этого за время t_3 происходит плавное увеличение плотности выпрямленного катодного тока до предельного значения $j_{к.п.}$ Плотность тока j_k и времени t_3 выбирают и корректируют в зависимости от заданных параметров микротвердости, сцепляемости и толщины наращиваемых покрытий, а также от температуры, кислотности и концентрации электролитов.

Выдержка деталей без тока продолжительностью $t_0 = 10...60$ с необходима для выравнивания температур электролита и деталей, что обеспечивает лучшую сцепляемость первого слоя покрытия с деталью. Малая плотность тока (до 300 А/м^2) и наличие анодного тока в периоды t_1 и t_2 обеспечивают осаждение мягкого подслоя железа с небольшими внутренними напряжениями. Применение асимметричного тока повышает производительность процесса в 2...3,5 раза, улучшает сцепление покрытия с основой и позволяет получать покрытие с заданной микротвердостью.

При помощи ПУ происходит автоматическое управление параметрами режимов обработки, а именно температурой электролита, плотностью тока, кислотностью растворов и временем выдержки деталей в ванне, обеспечивающим заданную толщину покрытий. Программное устройство имеет соответствующие регуляторы.

Автоматическое регулирование температуры особенно важно при хромировании, химическом никелировании и железнении. В этих процессах колебания температуры электролита не должны превышать $\pm 2^\circ\text{C}$. Для малых ванн применяют двухпозиционные регуляторы, для больших — регуляторы пропорционально-интегрального действия, которые управляют электрическим обогревателем раствора.

Автоматическое регулирование плотности тока происходит за счет изменения угла открытия тиристорov $VD1...VD4$ (см. рис. 16.13, а).

Заданное значение плотности тока устанавливается программным устройством ПУ в зависимости от режима электролиза, а фактическое — измеряется и определяется по значению падения напряжения на шунтах-резисторах $R1$ и $R2$. Фактическое значение тока доводится до заданного при помощи выпрямителей KU и AU , регуляторов тока PKT , PAT и блоков управления тиристорами $БФУК$, $БФУА$.

Автоматическое регулирование кислотности обеспечивает получение качественных осадков металла на деталях. Кислотность измеряют рН-метрами, а корректируют добавлением в электролит щелочи или кислоты.

Автоматическое регулирование заданной толщины покрытия осуществляется либо при помощи счетчика ампер-часов, либо при помощи программного реле времени.

Гальванические цехи оборудуют поточными линиями, в кото-

рых обрабатываемые детали транспортируются по определенной программе. Программой предусматривается необходимая последовательность перемещения и время выдержки в ваннах деталей при обезжиривании, промывке, декапировании, гальванопокрытии, сушке и других операциях. С этой целью гальванометрические поточные линии составляют из манипуляторов и автооператоров, которые перемещают детали из ванны в ванну в соответствии с заданным технологическим процессом.

Автоматизация гальванометрических процессов повышает качество покрытий, снижает стоимость обработки, трудоемкость работ и расход химикатов, улучшает условия труда и ускоряет процесс ремонта.

16.5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Обкатка — завершающая операция при ремонте двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Она обеспечивает приработку взаимно трущихся поверхностей деталей. В процессе обкатки выявляются и устраняются дефекты, снижающие надежность ДВС в эксплуатации. На мотороремонтных предприятиях применяют комбинированную тройную обкатку: холодную, горячую холостую и горячую под нагрузкой.

При холодной обкатке неработающий ДВС прокручивают от электродвигателя на малых оборотах. При горячей холостой обкатке ДВС работает на холостом ходу. Холостая обкатка начинается с холодной, когда ДВС надежно запускается. В этом режиме электродвигатель отключен. При горячей обкатке под нагрузкой ДВС работает как первичный двигатель, вращающий тормоз или тот же электродвигатель. Электродвигатель переводят в режим генератора. Вырабатываемая им электроэнергия поступает в общую электросеть. Нагрузка изменяется ступенчато от 10...20 до 85...100 % номинальной мощности обкатываемого ДВС.

После обкатки на этом же стенде ДВС подвергают испытанию для выявления надежности его работы и определения основных технико-экономических показателей. Для обкатки ДВС используют стенды с асинхронными электродвигателями мощностью 4...160 кВт с частотой вращения 10...25 Гц. Электродвигатели используют с контактными кольцами в цепи ротора, к которым присоединяют жидкостные реостаты. Изменяя глубину погружения электродов реостата в жидкость, регулируют частоту вращения.

На практике широко используют и автоматические обкаточно-испытательные стенды с асинхронно-вентильным усилителем мощностью выше 60 кВт. Стенд содержит кинематически соединенный с валом обкатываемого ДВС 3 асинхронный электродвигатель 1 (рис. 16.14) с фазным ротором. Токи обмоток ротора вы-

и 11, сравнивающими органами 10 и 7, задатчиками программы обкатки 9 и вращающего момента 13 и блоком 12 для фазоимпульсного управления группами вентилей 19, 20 и 21 инвертора тока ИТ. Трансформатор инвертора тока имеет вторичную трехфазную обмотку 15 и три секционированные первичные трехфазные обмотки 16, 17 и 18. Задатчиками 9 и 13 задают временные программы нарастания частоты вращения и тормозного момента при обкатке двигателя с учетом температуры нагрева масла. В органах сравнения 10 и 7 происходит сравнение фактических значений частоты и момента вращения с заданными значениями. При помощи усилителей 8, 11, блока управления 12 и инвертора тока ИТ происходит обработка заданной программы обкатки.

Переход с одного режима на следующий происходит автоматически от датчика 4 скорости изменения температуры масла. Как только температура масла в смазочной системе прекращает свой рост, то при холодной обкатке на ступень увеличивается частота вращения, а при горячей обкатке — вращающий момент. При повторной стабилизации температуры вырабатывается сигнал для перехода на следующую ступень обкатки.

На крупных моторостроительных предприятиях обкаточно-испытательные стенды оснащены программным управлением по 3...10 независимым параметрам, устройствами контроля режима обкатки и микроЭВМ, соединенными сетью с ЭВМ предприятия.

На моторостроительных и мотороремонтных предприятиях применяют автоматизированные комплексы для обкатки и испытания ДВС. На этих комплексах происходит программное управление обкаткой по двум—пяти независимым параметрам, испытание ДВС на неустановившихся режимах, контроль и обработка на ЭВМ параметров двигателей при обкатке с выводом результатов на печать. Все обкаточно-испытательные стенды оснащены, как правило, двухуровневой системой управления, причем каждый стенд снабжен микроЭВМ, управляющей работой ДВС и стенда. Кроме того, микроЭВМ, или микропроцессоры, обеспечивают защиту ДВС и стенда от аварийных режимов работы, сбор, обработку и протоколирование результатов измерений, а также выдают необходимые данные в управляющую вычислительную машину.

Кроме устройств программного управления представляют интерес экспериментальные образцы устройств управления временем обкатки в зависимости от скорости изменения технических параметров и устройства управления режимами обкатки в зависимости от значения этих параметров. Данные устройства при определенных условиях могут обеспечить оптимальную приработку трущихся поверхностей деталей обкатываемого ДВС, причем время обкатки определяется индивидуально для каждого двигателя.

Приработка контактируемых поверхностей деталей сопровождается усиленным трением и износом. По мере прирабатываемости деталей трение и износ снижаются, а по окончании приработки —

стабилизируются. Изменение трения и износа во времени сопровождается соответствующим изменением температур трущихся поверхностей деталей. Показателями качества приработки могут также служить изменения утечки воздуха, вводимого внутрь цилиндра на стадии холодной обработки, удельного расхода топлива и количества газов, прорывающихся в картер двигателя на стадии горячей обработки под нагрузкой. Характер изменения этих показателей позволяет оценить качество приработки трущихся поверхностей деталей при обкатке.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите основные ТП технического сервиса. 2. Назовите основные способы очистки и основные виды моечных машин. 3. Как работает автоматическая система контроля степени концентрации растворов? 4. Как осуществляется автоматический контроль степени загрязненности растворов? 5. Объясните принцип действия САУ ТП мойки. 6. Перечислите приспособления для автоматической сборки и разборки агрегатов. 7. Разъясните принцип действия устройства для гальванического покрытия деталей. 8. Назовите виды обкатки ДВС. 9. Объясните принцип работы САУ режимами обкатки ДВС. 10. Для чего диагностируют машины? 11. Назовите средства диагностирования машин. 12. Перечислите параметры для оценки мотор-тестеров. 13. Какие технические средства применяют для экологического контроля двигателей? 14. Какие приспособления используют для общего диагностирования сельскохозяйственных машин и автомобилей?

ЛИТЕРАТУРА



- Бородин И. Ф., Рысс А. А.* Автоматизация технологических процессов. — М.: Колос, 1996.
- Бохан Н. И., Бородин И. Ф., Дробышев Ю. В.* Средства автоматики и телемеханики. — М.: Агропромиздат, 1992.
- Загинайлов В. И., Шеповалова Л. Н.* Основы автоматики. — М.: Колос, 2001.
- Методы* классической и современной теории автоматического управления/Под ред. Н. Д. Егупова. Тома 1, 2, 3. — М.: МГТУ, 2000.
- Механизация и автоматизация на сельскохозяйственных ремонтных предприятиях*/Н. И. Бохан, Ю. В. Дробышев, Л. В. Муравьев, Н. Г. Евтихийев. — Минск: Уралжай, 1985.
- Шавров А. И., Коломиец А. П.* Автоматика. — М.: Колос, 2000.
- Шичков Л. П., Коломиец А. П.* Электрооборудование и средства автоматизации сельскохозяйственной техники. — М.: Колос, 1995.
- Энциклопедия.* Серия «Машиностроение». Сельскохозяйственные машины и оборудование/Под ред. И. П. Ксеновича. — М.: Машиностроение, 1998.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автоматизация комплексная 8
— полная 8
— частичная 8
Автоматизация башенных водокачек 263
— безбашенной насосной установки 262
— водоохладительных установок 230
— водораспределения 270
— деаэрационных установок 286
— дозирования кормов 204, 220
— зернохранилищ 181
— кормления животных 210
— пастеризационных установок 228
— поения животных 218
— уборки навоза 233
— установки для охлаждения молока 231
— фруктохранилищ 177
Автоматическая частотная разгрузка (АЧР) 308
Автоматическое включение резерва (АВР) 308
— повторное включение (АПВ) 307
- Вентилирование зерна активное 158
Весы автоматические ковшовые 165
— — ленточные 165
— — платформенные стационарные 164
— — порционные 165
— — с тензометрическими силоизмерителями 165
Взвешивание животных автоматическое 222
Водонагреватели электродные 300
— элементные 300
Воздействия возмущающие 24, 122
— регулирующие 24
— управляемые 23
— управляющие 23
Время регулирования 70
- Дисперсия 38
Дождевание 272
- Дозатор молока автоматический 224
- Затраты на автоматизацию капитальные 19
— труда приведенные 21
Защита автоматическая 5, 307
- Идентификация животного автоматическая 219
Издержки производства эксплуатационные 19
Измерение автоматическое 5
Измерение продуктивности животного автоматическое 220
- Кибернетика 7
Комплект оборудования типа «Кли-мат» 250
Компрессиметр 329
Контроль автоматический 5
— загрязненности растворов 320
— концентрации моющих средств в растворах 319
— сельскохозяйственной продукции 181
Коэффициент объема 113
— ограждения 113
— преобразования 50
— проницаемости 112
— теплопередачи 113
— теплопроводности 113
— экономической эффективности нормативный 20
- Линеаризация уравнений динамики 33
— — статики 34
- Математическая модель зерносушилок 163
Математическое ожидание 38
Методы диагностики сельскохозяйственной техники 324

- Метод определения характеристик объекта автоматизации активный 36
 — — — — пассивный 37
- Микропроцессорная система управления микроклиматом теплиц 175
- МикроЭВМ 15
- Мотор-тестеры 326
- Облучение искусственное в сооружениях защищенного грунта 137
- Обогрев защищенного грунта биологический 115
 — — — водяной 116
 — — — комбинированный 125
 — — — солнечный 115
 — — — электрический 117
- Оборудование для регулирования температуры в овощехранилище 172
- Объект управления 6
- Орошение капельное 275
 — поверхностное 272
- Осушение земель 275
- Отклонение среднее квадратическое 38
- Оценка качества ТП интегральная квадратичная 72
 — — — — линейная 71
- Параметры микроклимата в животноводческих, птицеводческих помещениях 244
- Парники 110
- Парогенераторы 302
- Плотность спектральная 39
- Пневмотестер 330
- Показатель колебательности 71
- Преобразователи измерительные 44
- Производительность труда 20
- Регулятор автоматический 6, 51
 — — вакуума 223
 — — интегральный (И) 55
 — — позиционный (релейный) 59
 — — пропорционально-дифференциальный (ПД) 55
 — — пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) 58
 — — пропорционально-интегральный (ПИ) 56
 — — пропорциональный (П) 53
- Регулирование давления 30
 — параметров состава и качества продукта 31
 — расхода 29
 — температуры 31, 288
 — уровня 29, 270
- Режим в сооружениях защищенного грунта водный 114
 — — — — воздушно-газовый 114
 — — — — питания 114
 — — — — световой 112
 — — — — тепловой 113
 — суши в зерноочистительных и сушильных пунктах 162
- Режим работы микроЭВМ информационно-советующий 16
 — — — прямого цифрового управления 16
 — — — супервизорного управления 16
- Рентабельность производства 21
- Сбор информации автоматический 5
- Свойство эргодичности 39
- Секционирование сетей автоматическое 307
- Сигнализация автоматическая 5
- Система автоматика «Кристалл» 292
 — — «Курс» 296
 — кондиционирования воздуха 252
 — автоматического регулирования температуры моющих растворов 317
- Система управления (СУ) автоматизированная 7
 — — автоматическая 8
 — — — астатическая 12
 — — — замкнутая 11
 — — — комбинированная 12
 — — — многомерная 13
 — — — непрерывная 13
 — — — одномерная 13
 — — — прерывистая 13
 — — — импульсная 13
 — — — релейная 13
 — — — цифровая 13
 — — — приспособляющаяся 12, 79
 — — — разомкнутая 11
 — — — стабилизирующая 12
 — — — статическая 12
- Система управления автоматическая влажностью воздуха и почвы 130
 — — — воздушораспределением в бункере 160
 — — — загрузкой, температурой и влажностью зерна в бункерах 160
 — — — режимом вентиляции 125
 — — — обогревом 123
 — — — температурой поливной воды 133
- Содержание диоксида углерода в сооружениях защищенного грунта 136
- Сортирование автоматическое 5, 182
- Срок окупаемости капитальных затрат на автоматизацию 20
- Стабилизация разрежения в топке 285
- Станция управления бесконтактная 265
 — — — — комплектная «Каскад» 267
- Степень затухания колебательного переходного процесса 70

— колебательности переходного процесса 71
— устойчивости переходного процесса 71
Счетчик молока групповой автоматический 224

Телемеханика 6

Теплицы 111

Тепловентиляторы 251, 252

Теплогенератор 253

Управление автоматизированное 17

— автоматическое 18

— аналоговое 166

— дистанционное 6

— ручное 6

— старт-стопное 165

— цифровое 167

Управление тепловой нагрузкой 284

— технологическим процессом комбинированное 26

— — — логическое 25

— — — по возмущению 26

— — — по отклонению 25

— — — программное 25

— экономичностью процесса сжигания топлива 285

Установка приточно-вытяжная 251

— электрокалориферная 257

Установки для обогрева молодняка животных и птицы 257

— — доения коров автоматизированные 225

— электронагревательные 299

Устройства автоблокировки 6, 291

— автоматики 309

— защиты 290

Устройство измерительное 43

— микропроцессорное 15

Факторы, определяющие качество и эффективность мойки и очистки 317

Функция автокорреляционная 39

— передаточная верхней зоны овощехранилища 171

— — массы хранимой продукции 170

— — смесительной камеры овощехранилища 171

Характеристика амплитудная фазочастотная 40

Характеристики автоматических регуляторов 52

Экономия труда при автоматизации 20

Экраны теплозащитные 130

Электробрудеры 259

Эффект от внедрения автоматизации структурный 19

— — — технологический 19

— — — трудовой 18

— — — энергетический 18

Эффективность автоматизации 18

ОГЛАВЛЕНИЕ



<i>Предисловие</i>	3
Раздел I. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	5
Глава 1. Общие понятия и технико-экономическая эффективность автоматизации технологических процессов	5
1.1. Основные понятия о системах автоматизации	5
1.2. Характеристика и классификация автоматических систем управления ...	8
1.3. Общий подход к автоматизации технологических процессов	13
1.4. Основные источники и показатели технико-экономической эффек- тивности автоматизации	18
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	22
Глава 2. Характеристика объектов автоматизации сельскохозяйственного производства	22
2.1. Характеристика технологических процессов	22
2.2. Структура и принципы управления технологическими процессами	24
2.3. Особенности автоматизации сельскохозяйственного производства	26
2.4. Типовые технические решения при автоматизации технологичес- ких процессов	28
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	31
Глава 3. Статика и динамика технологических объектов управления	32
3.1. Основные понятия математического моделирования	32
3.2. Математические модели установившегося и переходного режимов и методы их линеаризации	33
3.3. Аналитический метод построения математической модели	35
3.4. Экспериментальные методы построения математической модели	36
<i>Контрольные задания</i>	40
Глава 4. Характеристики технических средств автоматических систем управления	41
4.1. Общие сведения о приборах и средствах автоматизации техноло- гических процессов	41
4.2. Измерительные преобразователи и устройства	43
4.3. Автоматические регуляторы	51
4.4. Исполнительные механизмы	60
4.5. Регулирующие органы	66
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	69
Глава 5. Методы синтеза автоматических систем управления	69
5.1. Выбор регулятора и закона управления	69
5.2. Методы синтеза одноконтурных автоматических систем регулирования	72
5.3. Методы синтеза многоконтурных автоматических систем регули- рования	73
5.4. Системы регулирования объектов с запаздыванием и неста- ционарных объектов	74
5.5. Синтез систем позиционного регулирования	75
5.6. Цифровые автоматические системы	76
5.7. Управление при неполной начальной информации	78
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	81
Раздел II. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТИПОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	82
Глава 6. Автоматизация технологических процессов в полеводстве	82
6.1. Общие сведения	82

6.2. Системы автоматического контроля работы мобильных сельскохозяйственных агрегатов	83
6.3. Системы автоматического управления положением рабочих органов и режимами работы мобильных сельскохозяйственных агрегатов	87
6.4. Микропроцессорные системы управления работой мобильных сельскохозяйственных агрегатов	99
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	109
Глава 7. Автоматизация технологических процессов в сооружениях защищенного грунта	109
7.1. Назначение и виды защищенного грунта	109
7.2. Характеристики сооружений защищенного грунта	112
7.3. Способы обогрева защищенного грунта	115
7.4. Технологические процессы (операции), механизруемые и автоматизируемые в сооружениях защищенного грунта	118
7.5. Автоматическое управление температурой воздуха и почвы	121
7.6. Автоматическое управление температурным режимом в блочных теплицах	123
7.7. Автоматическое управление микроклиматом в ангарных теплицах	125
7.8. Автоматическое управление температурой почвы и теплозащитным экраном	129
7.9. Автоматическое управление влажностью воздуха и почвы, температурой поливной воды	130
7.10. Автоматическое управление концентрацией растворов минеральных удобрений	134
7.11. Автоматическое управление содержанием диоксида углерода и досвечиванием растений	136
7.12. Автоматизация гидропонных и пленочных теплиц, парников	138
7.13. Автоматизация теплиц для выращивания грибов	141
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	144
Глава 8. Автоматизация процессов послеуборочной обработки зерна	144
8.1. Механизация и автоматизация процессов послеуборочной обработки зерна	144
8.2. Автоматизация процессов очистки и сортирования зерна	146
8.3. Оптимизация автоматического управления очистительными и сортировальными машинами	150
8.4. Автоматизация зерносушилок	152
8.5. Автоматизация процесса активного вентилирования зерна	158
8.6. Характеристика зерносушилок как объектов автоматизации	162
8.7. Автоматизация взвешивания продукции	164
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	167
Глава 9. Автоматизация хранилищ сельскохозяйственной продукции	167
9.1. Общие сведения	167
9.2. Характеристика овощехранилища как объекта управления микроклиматом	169
9.3. Автоматические системы управления микроклиматом в овощехранилищах	171
9.4. Автоматизация фрукто- и зернохранилищ	177
9.5. Автоматизация учета, контроля и сортирования сельскохозяйственной продукции	181
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	189
Глава 10. Автоматизация процессов производства и переработки кормов	189
10.1. Общие сведения	189
10.2. Автоматизация агрегатов для приготовления травяной муки	190
10.3. Автоматизация процесса гранулирования и брикетирования кормов	194
10.4. Автоматизация комбикормовых агрегатов	199
10.5. Автоматизация процессов приготовления кормовых смесей	202
10.6. Автоматизация дробилок и процессов переработки корнеклубнеплодов	207
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	209

Глава 11. Автоматизация технологических процессов в животноводстве	210
11.1. Общие сведения	210
11.2. Автоматизация кормления и поения животных	210
11.3. Автоматизация дозирования корма и учета продукции	218
11.4. Автоматизация машинного доения коров	223
11.5. Автоматизация первичной обработки молока	228
11.6. Автоматизация систем навозоуборки и навозоудаления	233
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	235
Глава 12. Автоматизация технологических процессов в птицеводстве	235
12.1. Общие сведения	235
12.2. Автоматизация кормления	236
12.3. Автоматизация поения птицы, уборки помета и сбора яиц	239
12.4. Автоматизация инкубационного процесса	242
12.5. Автоматизированные технологические линии убоя птицы	243
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	244
Глава 13. Автоматизация установок микроклимата в животноводческих и птицеводческих помещениях	244
13.1. Влияние параметров воздуха на продуктивность животных и птицы	244
13.2. Способы и средства управления микроклиматом	248
13.3. Автоматизация вентиляционных установок	250
13.4. Автоматизация нагревательных установок	253
13.5. Автоматическое управление освещением птичников	260
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	261
Глава 14. Автоматизация водоснабжения и гидромелиорации	261
14.1. Общие сведения	261
14.2. Автоматизация водонасосных установок для ферм и населенных пунктов	262
14.3. Станции управления насосными агрегатами	265
14.4. Автоматизация гидромелиоративных систем	269
14.5. Автоматизация процессов управления влажностным режимом почв	272
14.6. Автоматизация бытовых установок и оборудования для мелиорации	276
14.7. Автоматизация перекачки сточных вод	279
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	280
Глава 15. Автоматизация систем энергообеспечения сельского хозяйства	281
15.1. Общие сведения	281
15.2. Автоматизация тепловых котельных	281
15.3. Автоматика безопасности котельных установок	290
15.4. Системы автоматического управления котельными	291
15.5. Автоматизация электрических установок для подогрева воды, воздуха и получения пара	299
15.6. Автоматизация систем сельскохозяйственного газоснабжения	304
15.7. Автоматизация системы электроснабжения сельского хозяйства	307
15.8. Автоматизация бытовых установок и оборудования фермерских хозяйств с применением микропроцессорной техники	309
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	314
Глава 16. Автоматизация системы технического сервиса в сельском хозяйстве	315
16.1. Общие сведения	315
16.2. Автоматизация технологических процессов мойки и очистки машин, агрегатов	315
16.3. Диагностирование сельскохозяйственной техники	324
16.4. Автоматизация процессов восстановления деталей	330
16.5. Автоматизация обкатки двигателей внутреннего сгорания	334
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	337
<i>Литература</i>	338
<i>Предметный указатель</i>	339