

Министерство сельского хозяйства и продовольствия  
Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Белорусский аграрный технический университет»

Кафедра автоматизированных  
систем управления производством

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

*МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ*

для студентов специальности

1 – 74 06 05 – 02 «Энергетическое обеспечение сельскохозяйствен-  
ного производства (теплоэнергетика)»

МИНСК

2009

УДК 631.171:65.011.56 (07)

ББК 40.7я 7

А

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Автоматизация теплоэнергетических процессов» рассмотрены на заседании научно-методического совета агроэнергетического факультета, рекомендованы к изданию и использованию в учебном процессе.

Протокол № от сентября 2009 года.

Составители:

старший преподаватель Якубовская Елена Степановна

старший преподаватель Волкова Елена Сергеевна

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Лабораторная работа №1. Изучение САУ ТП в защищенном грунте	6
Лабораторная работа №2. Управление теплоэнергетическими процессами в режиме реального времени	27
Лабораторная работа №3. Автоматическая защита теплоэнергетических процессов	32
Лабораторная работа №4. Изучение и исследование САУ микроклимата в инкубационной камере	46
Лабораторная работа №5. Автоматизация режимов при хранении картофеля	58
Лабораторная работа №6. Изучение и разработка САУ точной технологической линии	70
Лабораторная работа №7. Изучение типовых и синтез САУ точной вентиляции животноводческих помещений и птичников	75
Лабораторная работа №8. Автоматизация вытяжных систем вентиляции	91
Лабораторная работа №9. Изучение и разработка САУ раздачи корма	98
Лабораторная работа №10. Исследование автоматизированной холодильной установки	102
Лабораторная работа №11. Автоматизация сушки зерновых	115
Лабораторная работа №12. Изучение САУ котлоагрегатов	127
Лабораторная работа №13. Изучение системы автоматизации пастеризационной установки	140

Лабораторная работа №14. Автоматизация процесса пере- работки молока в сырных ваннах	155
Литература	161
Приложения	163
Приложение 1. Функциональные возможности и принципы программирования $\alpha$ -контроллера	163
Приложение 2. Устройство ступенчатой имитации заката и рассвета	179
Приложение 3. Характеристика некоторых программных устройств управления	181
Приложение 4. Характеристика преобразователя частоты Hitachi SJ 100	190
Приложение 5. Характеристика некоторых регулирующих приборов	201

## ВВЕДЕНИЕ

«Автоматизация теплоэнергетических процессов» является специальной дисциплиной. В соответствии со своим местом в учебном процессе дисциплина формирует базу знаний, обеспечивающих решение задач по разработке, освоению и эксплуатации систем автоматического управления установками с теплоэнергетическими процессами. **Цель дисциплины** - изучение и освоение методов исследования теплоэнергетических процессов как объектов управления и синтеза систем автоматического управления, а также типовых решений по автоматизации основных теплоэнергетических процессов. Поэтому в трех циклах лабораторных работ решаются задачи освоения методов исследования теплоэнергетических процессов как объектов управления и регулирования (первый цикл работ), синтеза САУ (второй цикл работ), изучения типовых решений автоматизации теплоэнергетических процессов.

Содержание лабораторных работ по циклам:

- первый цикл – изучение САУ ТП в защищенном грунте; управление теплоэнергетическими процессами в режиме реального времени; автоматическая защита теплоэнергетических процессов; изучение и исследование САУ микроклимата в инкубационной камере;
- второй цикл – автоматизация режимов при хранении картофеля; изучение и разработка САУ поточной технологической линии; изучение типовых и синтез САУ приточной вентиляции животноводческих помещений и птичников; автоматизация вытяжных систем вентиляции; изучение и разработка САУ раздачи корма;
- третий цикл – исследование автоматизированной холодильной установки; автоматизация сушки зерновых; изучение САУ котлоагрегатов; изучение системы автоматизации пастеризационной установки.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1**

## **ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ (САУ ТП) В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ**

**Цель работы:** изучение типовых решений по реализации системы автоматического управления технологическими процессами в защищенном грунте; освоение методики разработки и реализации САР и программного управления.

**Оборудование занятий:** методические указания, справочные материалы, стенд с набором закрепленных элементов САР и исполнительных устройств.

Продолжительность работы – 2 часа.

### **Вопросы предварительного контроля**

1. Какой объем автоматизации предусматривают нормы технологического проектирования для зимних теплиц?
2. Какие параметры микроклимата в теплице должны поддерживаться системой автоматического регулирования?
3. Каковы технические характеристики  $\alpha$ -контроллера 2-го поколения как устройства управления?

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомьтесь с общими положениями по автоматизации ТП в защищенном грунте, приведенными в методических указаниях [1, с. 47-67] и литературе [2, с. 160-165].
2. Сформулируйте технологические требования к САР температуры воздуха в теплице. Разработайте в соответствии с технологическими требованиями схему автоматизации и полную электрическую схему САР температуры воздуха в теплице с учетом оборудования представленного на лабораторном стенде.

3. Сравните Вашу разработанную схему с аналогом, представленным на рисунке 1. Соберите схему (линии соединения выделены толщиной). Покажите работу преподавателю.
4. Вместе с преподавателем после проверки схемы опробуйте работу схемы, подав питание на стенд.
5. Заполните таблицу 1, изменяя принудительно температуру на датчике 1. Сделайте вывод о заданной температуре в пасмурный и ясный день.

Таблица 1 – Диаграмма работы исполнительных механизмов при изменении температуры

Температура, °С	Изменение состояния исполнительного механизма	Положение имитатора	Температура, °С	Изменение состояния исполнительного механизма	Положение имитатора
	МЛБ открыт	Ясно		МЛБ открыт	Пасмурно
	МПБ открыт	Ясно		МПБ открыт	Пасмурно
	МЛВ открыт	Ясно		МЛВ открыт	Пасмурно
	МПВ открыт	Ясно		МПВ открыт	Пасмурно
	Норма	Ясно		Норма	Пасмурно
	Авария: ошибка +6 °С	Ясно		Авария: ошибка +6 °С	Пасмурно
	Авария: ошибка -6 °С	Ясно		Авария: ошибка -6 °С	Пасмурно

6. Обесточьте стенд. Разберите схему.
7. Считайте программу с контроллера. Для этого к отключенному компьютеру присоедините кабель связи. Включите компьютер, подайте питание на стенд. Запустите Alpha Programming. Вызовите команду Считывание из контроллера из меню Контроллер. Посмотрите, какой контур регулирования остался не задействован.
8. Сделайте вывод о качестве регулирования.
9. Снимите питание со стенда, выключите компьютер, отсоедините кабель связи.

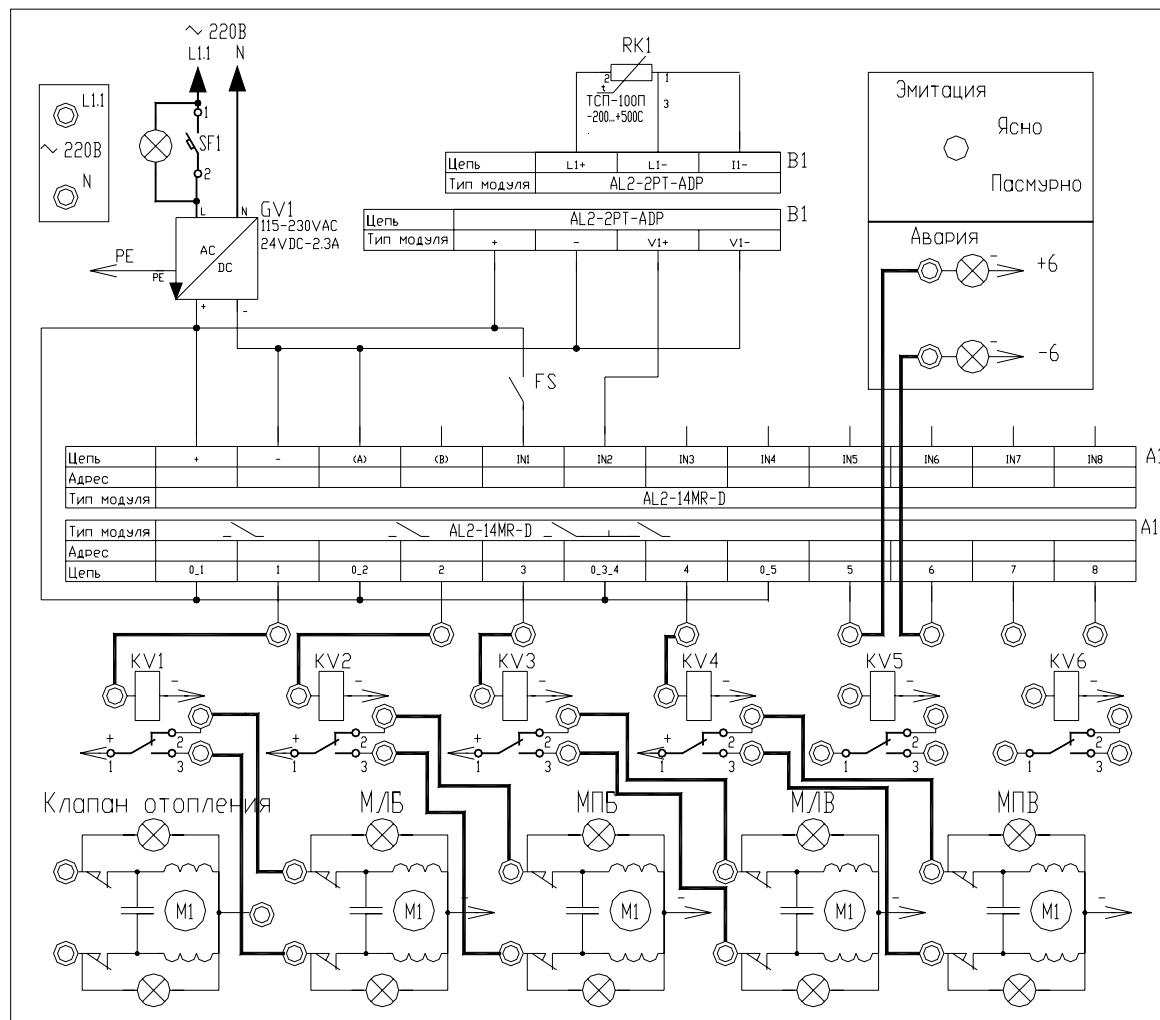


Рисунок 1 – Наборное поле для реализации САУ ТП в защищенном грунте: МЛБ – механизм левой боковой; МПБ – механизм правой боковой; МЛВ – механизм левой верхней; МПВ – механизм правой верхней фрамуг

## **Краткие теоретические сведения**

Согласно научно обоснованным нормам питания, человек должен равномерно в течение всего года потреблять 130–150 кг овощей и 120 кг картофеля.

Однако суровые климатические условия не позволяют получать овощи из открытого грунта равномерно в течение круглого года. В первой половине года поступает населению мене 10% овощей, а в июле-сентябре поступает более 90% огурцов и томатов.

Таким образом, для равномерного потребления овощей в течение года около 25% всего их количества должно выращиваться в сооружениях защищенного грунта (теплицах, парниках, утепленном грунте и т.п.).

### **Технологические основы управления микроклиматом в теплицах**

Важнейшими параметрами микроклимата, которые играют значительную роль в росте растений, являются следующие: освещенность, температура воздуха, влажность воздуха, концентрация углекислого газа и скорость движения воздуха. Управление микроклиматом означает управление этими параметрами с учетом их взаимосвязи.

В природе существует равновесие между теплотой, поступающей за счет радиации, и её потерей. В теплице это равновесие менее устойчиво, поскольку её ограждение практически не пропускает наружу длинноволновую составляющую теплового излучения (парниковый эффект).

Равновесие, конечно же, наступает, но важно, чтобы оно соответствовало той температуре, которая нужна растению.

Оптимальное значение температуры воздуха зависит от многих факторов и в первую очередь от выращиваемой культуры, стадии её развития и уровня освещённости растений. Низкая освещённость и высокая температура ускоряет фотосинтез и накопление

углеводов, необходимых для дыхания и роста растений. Достаточное количество света при высокой температуре ускоряет фотосинтез и накопление углеводов, необходимых для дыхания и роста растений. Низкая освещенность и высокая температура приводят к дефициту углеводов и истощению растений, а низкая температура даже при достаточной освещенности замедляет или приостанавливает рост растения.

Максимум интенсивности фотосинтеза соответствует температуре  $+25-30$  °С, но с учетом дыхания, интенсивность которого также зависит от температуры, этот оптимум снижается до  $+20-25$  °С [3].

Следует помнить, что изменяют и регулируют обычно температуру воздуха, а не температуру самого растения. В то же время, несмотря на малую тепловую инерцию листа, при нарушениях баланса влаги его температура может быть на  $10$  °С выше температуры окружающего воздуха.

В переходных режимах массивные части растения прогреваются медленнее — отсюда опасность конденсации на них влаги и заболевания растения. Поэтому в режиме перехода от ночного к дневному уровню температур скорость изменения этого параметра не должна превышать  $6$  гр./час.

Оптимальная температура воздуха для теплолюбивых культур (томат, огурец, баклажан, перец) при солнечной погоде равна  $+24 \pm 4$  °С, в пасмурную погоду  $+22$  °С, ночью  $+15-20$  °С, для умеренно требовательных к теплоте культур (редис, салат, сельдерей и т.п.)  $+16 \pm 4$  °С. Оптимальное значение среднесуточной температуры почвы для первых культур равно  $+22-26$  °С, а для вторых — на  $3-4$  °С ниже.

При прорастании семян культур температуру поддерживают на уровне  $+20-25$  °С, а после появления всходов снижают до  $+18-20$  °С у теплолюбивых и до  $+6-8$  °С — умеренно требовательных к теплоте растений.

Температура почвы, как правило, незначительно отличается от температуры воздуха, но при её снижении замедляется поглощение растением питательных веществ и воды, а при повышении — корневая система становится слишком большой. Особую опасность, представляет смена солнечной погоды на пасмурную, когда возникает дефицит углеводов и задержка роста растений из-за того, что почва сильно активна, а фотосинтез слаб.

Урожайность в культивационных сооружениях в значительной степени зависит от влажности почвы. Влажность почвы необходимо поддерживать на уровне 75–90% полной полевой влажности (ППВ). Относительная влажность воздуха для рассады огурцов и баклажанов — 65–75%, томата и перца — 55–65%, салата и капусты — 60–70%. В послерассадочный период относительная влажность воздуха для этих культур соответственно — 85–95%, 55 и 65%, 75 и 85%. Влажность воздуха мало влияет на продуктивность биоценоза, но все-таки при снижении температуры воздуха следует её увеличивать.

Температура воды для полива должна быть на уровне температуры почвы и воздуха в теплице (порядка +20–25 °С).

Воздушно-газовый режим в значительной мере определяет продуктивность фотосинтеза. В ночные часы содержание  $\text{CO}_2$  в теплице за счет дыхания растений увеличивается до 0,05%, а днем за счет фотосинтеза падает до 0,01%, что и вызывает необходимость принудительной подачи  $\text{CO}_2$  в теплицу в количествах, зависящих от уровня освещенности.

Оптимальное значение  $\text{CO}_2$  в воздухе для огурцов должно составлять 0,25 и 0,35%, для томата — 0,1–0,15%, т.е. в 3–12 раз больше, чем в открытой воздушной среде.

Содержание  $\text{CO}_2$  в теплицах повышают, сжигая природный газ в специальных горелках или используя газы из котельных. Для повышения содержания  $\text{CO}_2$  до 0,3% в теплице площадью 1 га требуется сжигать примерно 50 м<sup>3</sup> газа в час.

Углекислый газ доставляют также в баллонах высокого давления и через редукторы выпускают в теплицы.

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%.

Световой режим определяется степенью использования солнечной энергии, которая характеризуется потоком Фп. Искусственная досветка растений требует большой затраты энергии и поэтому используется в теплицах на Крайнем Севере. 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 м<sup>2</sup>, стремясь создать облученность растений не менее 5–8 тыс. лк.

С учетом сложности взаимосвязи параметров микроклимата в теплице и их изменения во времени разработаны принципы и программы управления климатом теплиц в течение суток у вегетационного периода культур. На рисунке 2 представлен график изменения температуры и влажности воздуха в теплице в течение суток. В ночное время суток температура  $t$ , поддерживается постоянной. За час до восхода солнца температура в теплице повышается до величины  $t_2$ , подсушивается воздух, и с восходом солнца вода не конденсируется на растениях и плодах, а начинается нормальный процесс фотосинтеза.

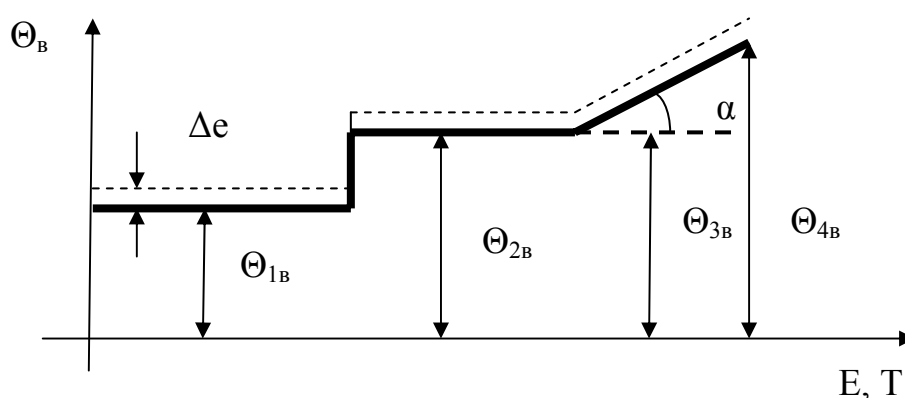


Рисунок 2 – График поддержания температуры воздуха  $\theta_v$  в теплице в течение суток с учетом освещенности  $E$  и времени суток  $T$

В переходном режиме массивные части растения прогреваются медленно — отсюда опасность конденсации на них влаги и заболевания растения. Поэтому, если при переходе от ночного к дневному уровню температур не подсушивается воздух, скорость изменения температуры не должна превышать  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  в час.

Если погода пасмурная, то в течение всего светового дня поддерживается температура  $\theta_{3в}$ , равная температуре  $\theta_{2в}$ . В солнечную погоду, начиная с освещенности 2 000 лк, повышают температуру в соответствии с величиной освещенности до температуры  $\theta_{4в}$ . После этого открывают вентиляционные фрамуги, и избыток тепла уходит благодаря вентиляции. Переход от дневной температуры к ночной осуществляется после захода солнца. Угол наклона линии превышения дневных температур в солнечные дни над температурой в пасмурный день зависит от времени года, географической широты расположения тепличного хозяйства. В соответствии с увеличением освещенности и температуры в теплицах снижают температуру труб системы отопления, но снижение производят до определенного минимального уровня, обеспечивающего стимулирование движения воздуха в теплице. При превышении температуры на установленную величину  $\Delta t$  приоткрываются вентиляционные фрамуги, чтобы убрать излишки тепла.

### **Объем автоматизации ТП защищенного грунта**

Нормы технологического проектирования ОНТП-СХ для зимних теплиц площадью от 3 га (в блоке) и выше предусматривают [4]:

- автоматическое регулирование температуры воздуха в теплице (днем – с учетом освещенности);
- автоматическое регулирование температуры теплоносителя для обогрева почвы и поливной воды.

Автоматизируется управление системами полива почвы и увлажнения воздуха, подкормки растений углекислым газом и установками досвечивания.

Предусматривается также программное и дистанционное управление скоростью температурных переходов «день — ночь», положением теплозащитных экранов (при их наличии) и т.д.

Проектный объем автоматизации технологических процессов в зимних теплицах, на примере блока многопролетных теплиц, площадью 6 га, показан на рисунке 3.

Допустимые отклонения температуры воздуха в теплице от уровня, заданного агротехническими требованиями, составляет  $\pm 1$  °С, относительной влажности воздуха в системе подпочвенного обогрева —  $\pm 2$  °С и т.д.

Сложность регулирования микроклимата в теплице объясняется не только системой взаимных связей между отдельными параметрами воздушной среды внутри теплицы и вне ее, но и неудовлетворительными характеристиками объекта по основным каналам передачи регулирующих воздействий (изменением температуры и расхода теплофикационной воды в системах обогрева), а также высокими требованиями к точности стабилизации параметра.

Какими бы ни были сложными программы управления климатом теплицы при выращивании различных овощных культур, все они сводятся к управлению отоплением и вентиляцией.

Для управления температурой теплофикационной воды и распределения ее по системам обогрева в каждом блоке многопролетных теплиц сооружают энергопункт, принципиальная схема трубопроводов которого показана на рисунке 4.

Горячая вода из подающей магистрали тепловой сети поступает в коллектор прямой воды КПВ, а оттуда к узлам пропорционального регулирования УПР различных теплиц блока.

Основным элементом узла регулирования температурного режима блока теплиц в холодный период года является трехходовой смесительный клапан (ТСК).

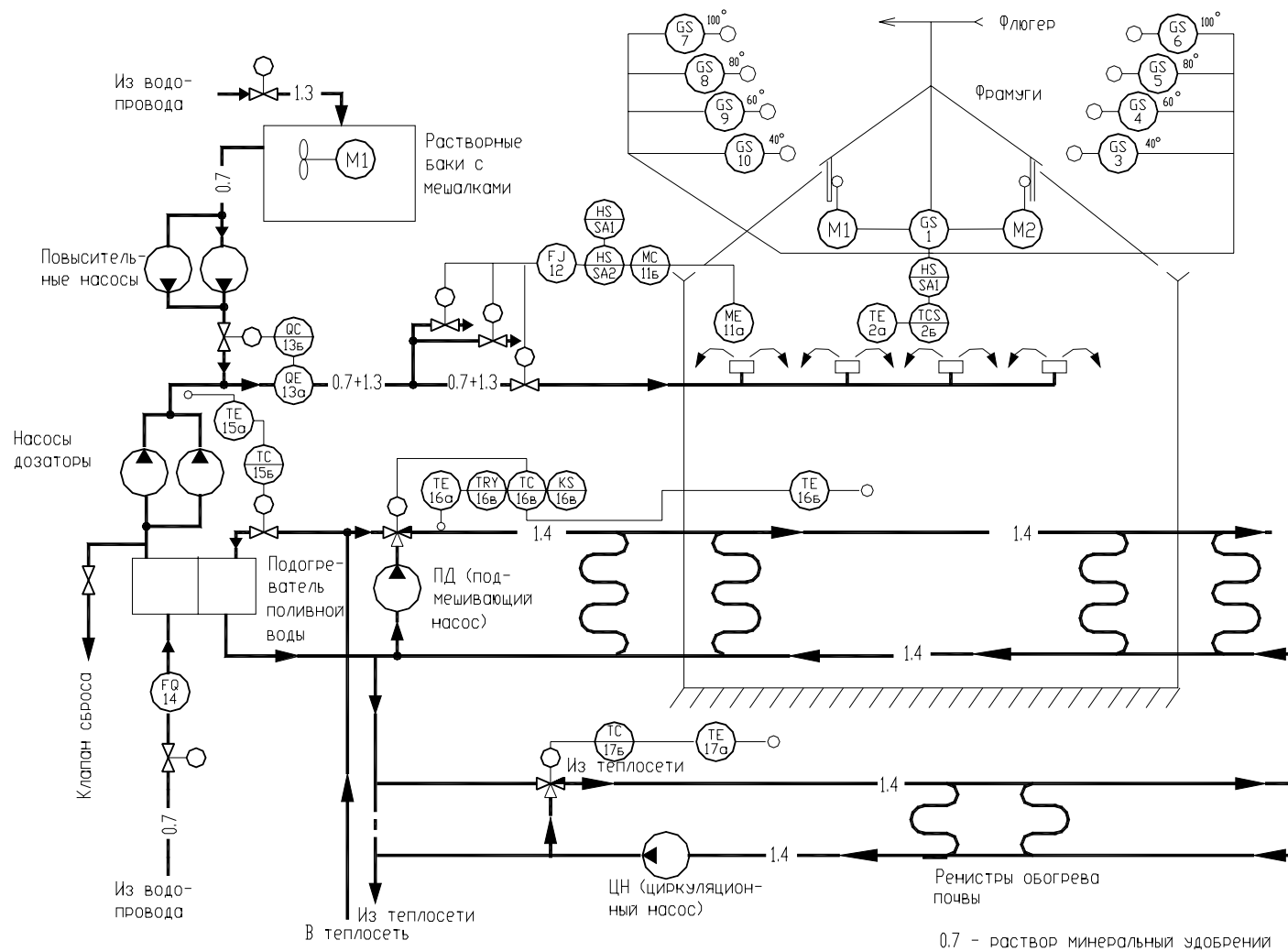


Рисунок 3 – Схема автоматизации процессов блока многопролетных теплиц

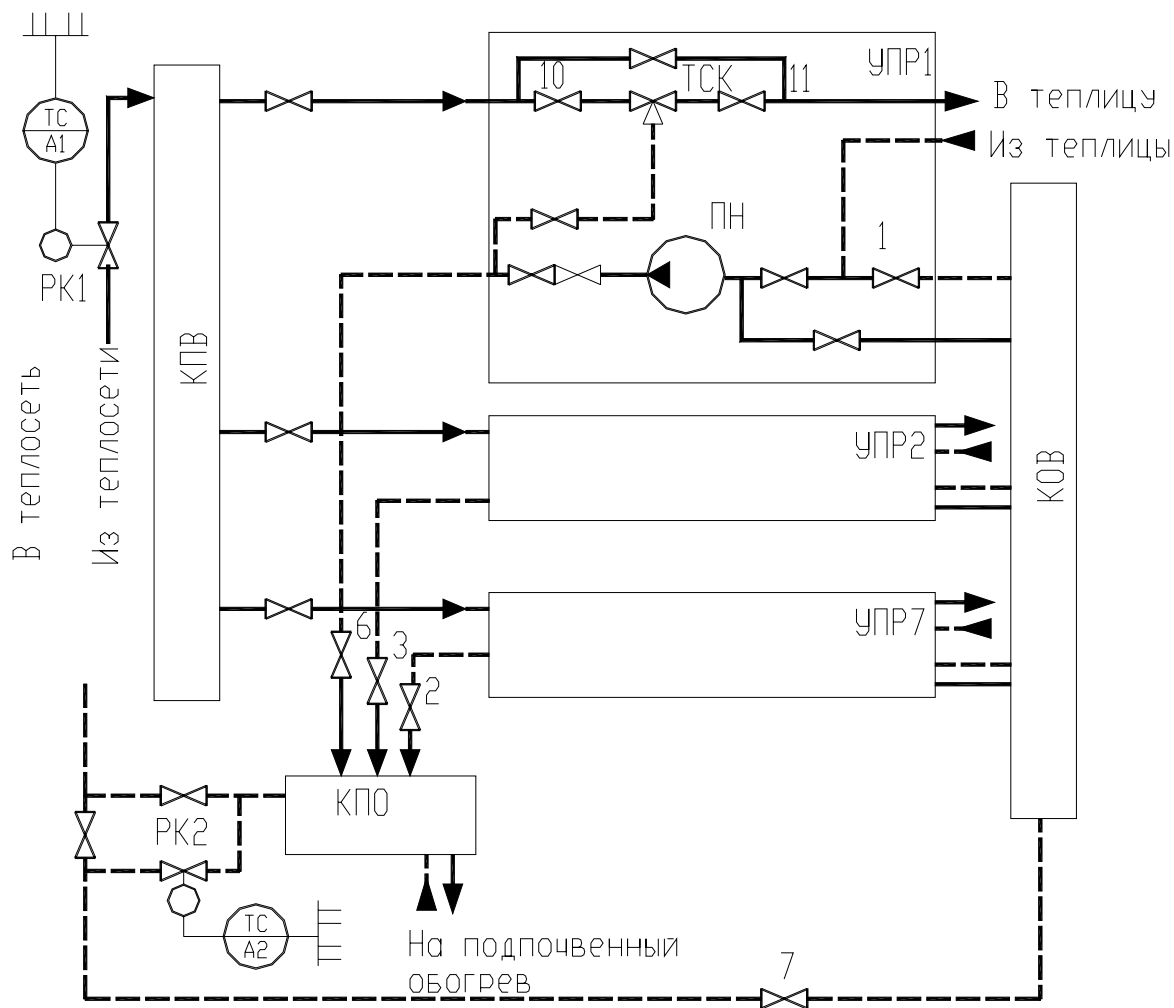


Рисунок 4 – Схема трубопроводов энергопунктов блока многопролетных теплиц: РК – регулирующий клапан; УПР – узел пропорционального регулирования; КПО – коллектор подпочвенного обогрева; КПВ – коллектор прямой воды; КОВ – коллектор обратной воды; 1–11 – задвижки

С помощью ТСК в горячую воду, забираемую из котельной добавляют определенное количество возвратной воды, отдавшей теплоту для обогрева воздуха теплицы.

Для реализации процесса регулирования помимо ТСК, УПР содержит также циркуляционный насос, конструкция которого показана на рисунке 5. Горячая вода из КПВ через входной горизонтальный патрубок 7 и верхние окна 3 плунжера 4, направляется в камеру 2, где смешивается с прошедшей систему охлажденной водой, поступающей через входной вертикальный патрубок 6 и

нижние окна 5 плунжера. Соотношение проходных сечений окон верхнего и нижнего ряда и, следовательно, соотношение расходов смешиваемых теплоносителей и температура смеси в выходном патрубке 1 зависят от положения плунжера 4 клапана.

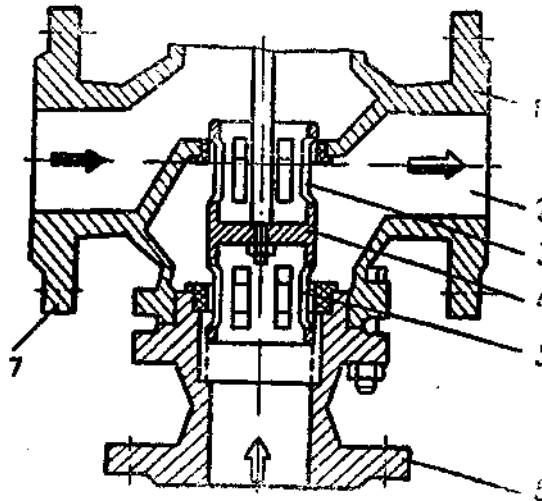


Рисунок 5 – Трехходовой смесительный клапан типа 27ч905нж: 1 – выходной патрубок; 2 – камера смешения; 3 и 5 – верхние и нижние окна плунжера; 4 – плунжер; 6 и 7 – вертикальный и горизонтальный патрубки

Чтобы пропускная характеристика ТСК оставалась постоянной независимо от положения его плунжера, требуется стабилизация давления воды во входных патрубках клапана. Для клапана с равновеликими окнами давление воды во входных патрубках должно быть не только стабильными, но и одинаковым.

Опыт эксплуатации оборудования выявил три возможных режима работы энергопункта.

Режим № 1. Вся охлажденная вода, перекачиваемая насосами, поступает во входные вертикальные патрубки ТСК (задвижка 1 — открыта, задвижки 2–6 — закрыты).

Режим № 2. Охлажденная вода, перекачиваемая насосами, поступает во входные вертикальные патрубки ТСК и в коллектор подпочвенного обогрева КПО, а оттуда — в обратную магистраль тепловой сети (задвижки 1–6 — открыты).

Режим № 3. Каждый насос перекачивает охлажденную воду из трубной системы обогрева «своей» теплицы во входной вертикальный патрубок ТСК и в общий коллектор КПО (задвижка 1 — закрыта, задвижки 2–6 — открыты).

При выборе режима работы энергопункта следует учитывать степень взаимного влияния между узлами пропорционального регулирования отдельных теплиц блока через общую гидравлическую сеть энергопункта. Так, при перемещении плунжера одного из ТСК на значение полного хода расход воды в системах обогрева остальных теплиц изменяется на 7–13%, а температура воды — на 4–8% в зависимости от режима работы энергопункта. Взаимное влияние между контурами регулирования также существенно ухудшает качество стабилизации параметра, а в некоторых случаях вводит системы в автоколебательный режим.

Подмешивающий или циркуляционный насос может быть включен по схемам рисунка 6.

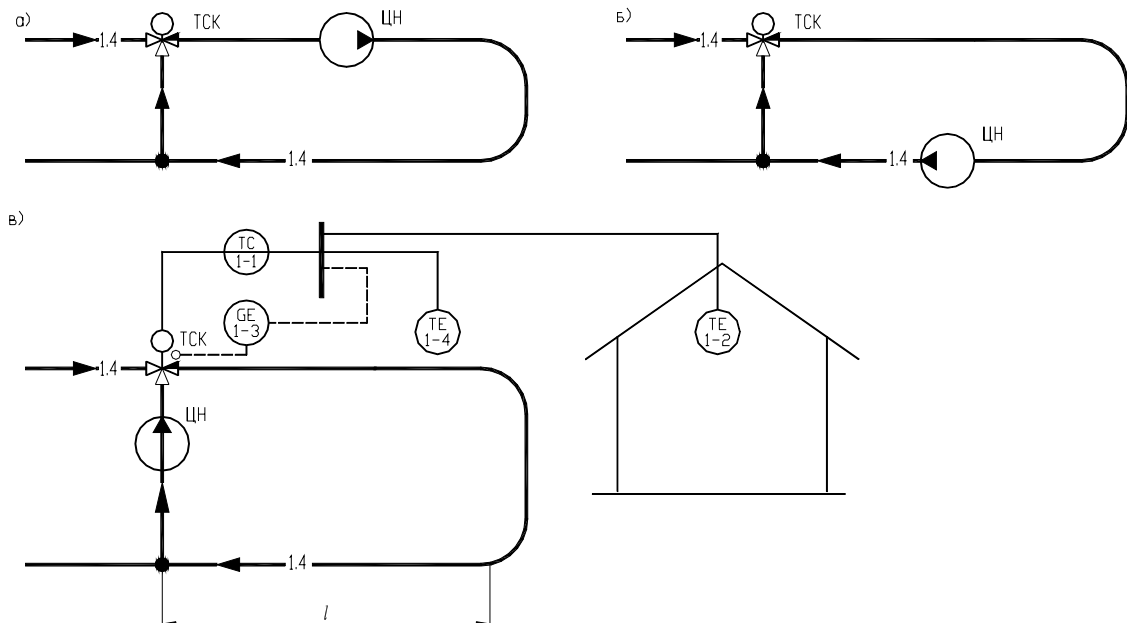


Рисунок 6 – Варианты схемы включения насосов узла пропорционального регулирования

Схема с установкой насоса на подающем трубопроводе (рис. 6, а) рекомендуется при недостаточном давлении в подающей магистрали тепловой сети (и в коллекторе прямой воды).

Схему с установкой насоса на обратном трубопроводе (рис. 6, б) используют, если необходимо снизить повышенное давление в обратной магистрали тепловой сети. Это характерно при подключении тепличного комбината к конечным перегруженным участкам тепловой сети и особенно при ее уклоне от источника теплоснабжения.

В варианте «в» расход энергии на перекачку теплоносителя в среднем меньше, условия работы ПН легче и тепловая сеть на пьезометрический график влияет минимально. Кроме того, при сбросе части подачи ПН в КОВ (режим 2) вариант «а» приобретает преимущества вариантов «б» и «в» и становится возможным централизованное автоматическое управление гидравлическими режимами блока теплиц в целом.

Локальные системы регулирования, применяемые в серийном оборудовании для автоматизации многолетних теплиц, действуют по ПИ-закону или П-закону (рис. 6). П-закон регулирования формируется охватом регулятора «жесткой» обратной связью 1–3 по положению регулирующего органа (трехходового смесительного клапана). Можно выполнить схемы регулятора соотношения температуры воздуха в теплице 1–2 и температуры воды в системе обогрева 1–4.

В ангарных теплицах может использоваться многоканальный принцип управления, который реализуется поочередным подключением к регулятору датчиков и исполнительных механизмов, управляющих мощностью систем обогрева в каждой из теплиц блока.

Параметры динамической настройки в общем случае зависят от статических и динамических характеристик объектов автоматизации.

Регистр отопления, как звено системы регулирования, представляет собой звено чистого (транспортного) запаздывания. Время запаздывания  $\tau$  определяется расстоянием  $l$  от места установки датчиков температуры до смесительного клапана и скоростью движения теплоносителя.

Время чистого запаздывания  $\tau$  пропорционально времени заполнения рабочего объема  $V$  системы обогрева:

$$\tau = (l/L)(V/Q), \quad (1)$$

где  $L$  — длина труб регистра;

$Q$  — производительность циркуляционного насоса.

Передаточная функция этого звена:

$$W_p(P) = e^{-\tau p} \quad (2)$$

Кроме этого, в системе обогрева имеются переходное запаздывание, возникающее из-за инерционности датчика температуры и исполнительного механизма, а также вследствие запаздывания передачи теплоты от воды к трубам, от труб к воздушному объему теплицы, а затем через ограждения теплицы в окружающее пространство.

С учетом указанных явлений передаточная функция объекта управления, согласно теоретическим и экспериментальным исследованиям, выражается уравнением второго порядка:

$$W_o(P) = k(TP + 1)/(T_2^2 P^2 + T_1 P + 1) \quad (3)$$

Общая передаточная функция блочной теплицы в режиме обогрева воздуха следующая:

$$W_\tau(P) = W_o(P)W_p(P) = \frac{k(TP + 1)}{T_2^2 P^2 + T_1 P + 1} e^{-\tau p} \quad (4)$$

Для сравнительной оценки приведем значения постоянных величин, полученных исследованиями блочной теплицы площадью 1 га совхоза «Московский»:  $V = 100 \text{ м}^3$ ;  $Q = 250 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $\tau = 6 \text{ мин}$ ;  $T = 0,6 \text{ мин}$ ;  $T_1 = 22,7 \text{ мин}$ ;  $T_2 = 10,4 \text{ мин}$ ;  $k = 0,31$ . Коэффициент усиления объекта  $k$  определяется как отношение перепадов температур по воздуху  $\theta_2$  и теплоносителя  $\theta_t$  между установившимся начальными ( $\theta_{в.н}$ ;  $\theta_{т.н}$ ) и конечными ( $\theta_{в.к}$ ;  $\theta_{т.к}$ ) значениями:

$$k = \frac{\theta_{в.к} - \theta_{в.н}}{\theta_{т.н} - \theta_{т.к}} \quad (5)$$

Этот коэффициент показывает, на сколько градусов происходит изменение температуры воздуха при изменении температуры воды на  $1^\circ$ .

Известно, что инерционность объекта по каналам управления принято оценивать отношениями  $\tau/T$ . Теплица относится к группе объектов автоматизации, характеризуемым отношением  $\tau/T > 1$  (особенно при управлении по типовому каналу ( $\theta_t \rightarrow \theta_v$ )). Кроме того, задача автоматизации осложняется большими абсолютными значениями  $\tau$  и  $T$ , значительно меньшей инерционностью объекта по каналам передачи основных возмущающих воздействий и весьма жесткими требованиями к качеству стабилизации параметра ( $\pm 1$  оС), имеющими мало аналогов в практике автоматизации технологических процессов.

В холодное время года в теплицах, особенно многопролетных, наблюдается неравномерность температурных полей по площади сооружения.

В практике эксплуатации многопролетных теплиц компенсация неравномерности температурных полей обеспечивается электрокалориферными установками с позиционным способом управления.

Теплицы имеют устройства естественной и принудительной вентиляции, предназначенные для снижения внутренней температуры, удаления от растений воздуха с избыточным влагосодержанием и замены его воздухом с достойным количеством углекислого газа и кислорода. Для этого в стеклянной крыше теплиц устанавливаются форточки (фрамуги), которые открываются с подветренной стороны электрическим исполнительным механизмом (рис. 3).

Процесс управления снижением температуры можно разложить на два временных периода: переходный процесс вентиляции в период открытия форточек и процесс установившейся вентиляции при постоянной кратности воздухообмена в теплице после открытия форточек.

Таким образом, блочная теплица как объект управления температурой в режиме вентиляции представляется передаточной функцией

$$W_s(p) = ke^{-\tau p} / (TP + 1), \quad (6)$$

где  $k$  — коэффициент усиления объекта, показывающий на сколько градусов происходит снижение температуры при однократной замене воздуха в теплице;

$\tau$  — время чистого запаздывания (составляет половину времени открытия фрамуги).

Для той же теплицы совхоза «Московский» установлено, что  $k = 0,450$ ;  $\tau = 2$  мин;  $T = 3$  мин.

Для управления процессом открытия-закрытия фрамуг многопролетных теплиц используются регулирующие приборы реализующие П- или ПИ-законы регулирования, а для ангарных теплиц — многопозиционный закон регулирования.

Каждый регулятор температуры с помощью четырех исполнительных механизмов управляет положением левых и правых форточек системы естественной вентиляции (вместе или порознь

— выбирается оператором); кроме того, оператор может ограничить степень открытия форточек на 40, 60, 80 и 100%.

**Системы обогрева грунта** предусматриваются в рассадных отделениях зимних теплиц. Для обогрева грунта применяют полиэтиленовые трубы диаметром 20/16 см, которые закладывают на глубину 40 см на расстоянии 40 см одна от другой в рассадочных теплицах и 160 см — в остальных, так что в одном звене размещается 16 (или 4) таких труб. Металлические трубы быстро корродируют и выходят из строя.

При разработке работоспособной системы автоматического управления температурой в защищенном грунте, обеспечивающей агротехнические требования по равномерному распределению температурного поля к корнеобитаемому слою необходимо иметь математические зависимости между изменениями температуры почвы в форме передаточных функций.

Математическое моделирование процесса обогрева корнеобитаемого слоя (субстрата) сводится к нахождению зависимости значения текущей температуры  $\theta$  в любой точке данного слоя, в заданное время  $t$ :

$$\theta = f(x, y, z, t); \quad (7)$$

где  $x, y, z$  — координаты глубины, ширины и длины субстрата.

С физических позиций определить явно выраженные математические зависимости в общем виде весьма сложно, так как субстрат представляет собой неоднородную капиллярно-пористую среду, процесс распространения теплоты, в которой является комбинацией различных взаимосвязанных видов теплопередачи: конкретной теплопроводности, лучеиспускания, конвекции. Кроме того, вывод уравнения динамики теплопередачи в слое субстрата усложняется наличием в нем влаги, растворенных веществ, неоднородных включений твердых частиц и корневой системы растений, не-

одинаковой плотностью и структурой субстрата, а также влиянием солнечной радиации и температуры внешней среды.

Для обеспечения решения поставленной задачи используют так называемые методы конечно-разностных аппроксимаций, которые позволяют заменить систему с распределенными параметрами системы, состоящей из отдельных элементов с сосредоточенными параметрами. Применительно к субстрату уравнения теплопередачи записываются для отдельных точек по глубине обогреваемого слоя, т.е. рассматривается дискретное изменение температуры по высоте слоя при непрерывном изменении времени.

Для этого общую толщину обогреваемого слоя  $x = 15\text{--}20$  см разбивают на  $n = 3\text{--}4$  зоны каждая толщиной  $\Delta = 4\text{--}5$  см. Для каждой зоны записываются дифференциальные уравнения теплопроводности, значения постоянных коэффициентов которых зависят от координаты  $x$ .

Таким образом, каждая зона рассматривается, как апериодическое звено первого порядка, а обогреваемый слой субстрата — как последовательные соединенные звенья.

Общая передаточная функция обогреваемого слоя субстрата как звено САУ температуры составляет:

$$W_c(P) = \frac{k_1 k_2 \dots k_n}{(T_n P + 1)(T_{n-1} P + 1) \dots (T_1 P + 1)} \quad (8)$$

где  $k_1, k_2 \dots k_n$  — коэффициенты усиления первой, второй и  $n$ -ой зоны обогреваемого слоя субстрата;

$T_1, T_{n-1} \dots T_n$  — постоянные времени тех же зон.

Таким образом, получают уравнение передаточной функции  $n$ -го порядка, которое легко представить последовательным соединением апериодических звеньев первого порядка, количество которых равно  $n$ , таким образом, проще моделировать сложные системы.

В соответствии с ОНТП-СХ 10-81 необходимо обеспечить автоматическое регулирование температуры теплоносителя для обогрева почвы. В многопролетных теплицах, оборудованных автоматикой КТ-1, регулирование температуры почвы осуществляется регулирующим клапаном в двухпозиционном режиме, подающим в систему подпочвенного обогрева обратную воду. Однако, из-за крайне неудовлетворительных динамических характеристик объекта регулирования, его большой инерционности, вместо автоматического поддержания температуры почвы обычно предусматривают автоматическое регулирование температуры воды в системе подпочвенного обогрева за счет смешивания прямой и обратной воды или за счет изменения подачи греющего теплоносителя к водонагревателю, обеспечивающему нагрев воды, направляют в подпочвенный обогрев до 40–45 °С. Первый метод используют в многопролетных теплицах, оборудованных автоматикой КТ-1, причем стабилизация параметра обеспечивается регулятором прямого действия РТП-125, а для контроля текущего значения температуры воды и сигнализации о ее аварийном повышении до 50 °С применяют обычный манометрический термометр.

В многолетних теплицах, температура воды в системе подпочвенного обогрева поддерживается импульсным регулятором, управляющим (последовательно) двумя трехходовыми смесительными клапанами, включенными параллельно один другому. При предельных отклонениях регулируемой температуры прерывается регулирующее воздействие и выдается светозвуковой сигнал. После возвращения температуры в допустимые пределы, блокировка снимается.

**Автоматическое управление влажностным режимом почвы и воздуха в теплицах** пока не находит широкого применения в основном из-за недостаточной надежности и работоспособности датчиков влажности. Поэтому влажностный режим поддерживают при помощи разомкнутой системы программного управления, которая обеспечивает увлажнение воздуха и почвы посредством спо-

собов дождевания и корневого полива через капиллярные трубки. Системы дождевания используют и для внесения минеральных удобрений в растворах. Программное устройство разрешает включение системы дождевания не чаще одного раза в час с поочередным поливом по участкам 200-400 м<sup>2</sup>.

### **Содержание отчета**

1. Требования к САР температуры воздуха в теплице. График поддержания температуры воздуха в теплице в течение суток с учетом освещенности и времени суток.
2. Схема автоматизации поддержания температуры воздуха в теплице.
3. Типовые схемы пропорционального регулирования температуры в теплице.
4. Заполненная таблица 1 и необходимые выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы технологические основы управления температурой воздуха в теплице?
2. Охарактеризуйте теплицу как объект управления температурой. Обоснуйте выбор закона регулирования в контуре обогрева.
3. Охарактеризуйте регистр отопления, как звено системы регулирования.
4. Каковы принципы управления температурой воздуха в теплице? Проиллюстрируйте ответ схемой автоматизации.
5. Приведите возможные режимы работы энергопункта в процессе поддержания температуры блока теплиц?
6. Поясните возможные схемы работы подмешивающего насоса.
7. Каковы принципы управления температурным режимом почвы?
8. Каковы принципы управления влажностным режимом почвы?
9. Каковы принципы управления содержанием углекислого газа в атмосфере теплиц?
10. Каковы принципы управления досвечиванием растений?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2**

### **УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

**Цель работы:** изучить типовые решения по применению программного управления технологическими процессами в сельскохозяйственном производстве; освоить методику анализа инвариантности технологических решений программных САУ ТП.

**Оборудование занятий:** действующий макет автоматизации управления освещением в птичнике, методическое руководство, справочные пособия.

Продолжительность работы – 2 часа.

#### **Вопросы предварительного контроля**

1. Дайте определение «программного управления».
2. Какие принципы управления вы знаете?
3. В каком случае применяется программное управление?

#### **Порядок выполнения работы**

1. Изучите лабораторный стенд. Лабораторная установка представляет собой макет системы программного управления освещением в птичнике. Вся система расположена на вертикальном щите, в верхней части которого расположены три осветительные лампы, имитирующие три группы ламп освещения птичника. Ниже ламп смонтировано устройство ступенчатой имитации заката и рассвета, описание работы которого приведено в приложении 2. Ниже устройства имитации «заката» и «рассвета» смонтировано устройство ПРУС, в котором привод типа 2РВМ с целью сокращения времени исследования установки заменен, на более скоростной. Слева от ПРУС представлено современное программное устройство, реализующее суточный и недельный цикл РСZ-522, которое может управлять фонарем по заданной программе. Устройство КЭП-12У закреплено на стенде с целью изучения возможности его использования взамен устройства имитации «заката» и «рассвета».

2. Подайте напряжение на макет лабораторной установки, включив автоматический выключатель.
3. Наблюдая за работой системы программного управления освещением в птичнике, убедитесь в том, что порядок работы элементов системы происходит в соответствии с требованиями процесса. По наручным часам отсчитайте время срабатывания элементов системы управления освещением и составьте временную диаграмму работы всех элементов системы в масштабе времени макета лабораторной установки. Приведите диаграмму работы реле 2РВМ, отложив по горизонтальной оси в масштабе 24 часа, по вертикальной — номер программы. Фиксируя время включения и отключения освещения, зафиксируйте линии, обозначающие установленную программу.
4. Отключите макет, выключив автоматический выключатель. Произведите соответствующие замеры барабана программного устройства ПРУС и составьте временную диаграмму включения и отключения освещения в птичнике в реальном масштабе времени, учитывая, что программный барабан ПРУС совершает один оборот в сутки, а скорость перемещения контактной каретки вдоль барабана составляет 0,75 мм в сутки.
5. Изучите принципы программирования реле времени РСЗ-522 (приложение 3) и задайте программу согласно варианту.

Таблица 2 – варианты заданий

Вариант	Программа
1.	Включение освещения во все дни недели с 7.00 до 8.30 и с 19.30 до 21.05
2.	Включение нагревателя во все будние дни недели с 8.15 до 8.30, с 9.30 до 9.50, с 11.35 до 11.45
3.	Включение в понедельник в 10.30, отключение в среду в 7.00
4.	Включение через 15 минут в соответствии с текущим временем, отключение через 10

Подключите фонарь к выходу реле через розетку и убедитесь, что программа выполняется.

6. Изучите принцип действия других устройств (приложение 3), обеспечивающих программное управление и заполните таблицу 3.

Таблица 3 - Характеристика устройств, реализующих программное управление

Марка устройства	Характеристика реализуемого цикла	Минимальная уставка между включением и отключением контактов	Количество контактов	Выводы по применению
PCZ-522				
УПУС				
2РВМ				
ВС-10				
ЕЛ				
КЭП-12У				

### Общие положения

Рассмотрим некоторое событие  $A$ , которое является следствием другого события  $B$ , т.е. событие является его причиной. Пусть мы поставим своей целью осуществить событие  $A$ . Для этого необходимо осуществить предшествующее ему событие  $B$ .

Осуществление во времени последовательности таких целенаправленных событий, основанных на причинно-следственных связях и составляет сущность процесса управления. В технических задачах событие  $B$  характеризует необходимое управляющее воздействие на объект управления, а  $A$  — состояние управляемого объекта. Операции управления могут осуществляться в определенные моменты времени. В таких случаях хотя время не является само по себе и не представляет действительную причину события  $A$ , мы можем формально представлять или рассматривать в качестве события  $B$  наступление определенного времени, т.е. условно считать

$$B_1 = t_1; B_2 = t_2; B_3 = t_3 \dots B_n = t_n \text{ и т.д.}$$

Управление, при котором состояние управляемого объекта изменяется в заданной последовательности только в зависимости от времени, называется программным.

В системе программного управления можно выделить две составные части: программное устройство (ПУ), формирующее сигнал  $x_n$ , и систему воспроизведения (СВ), основным назначением которой является обеспечение с помощью управляющего устройства (регулятора) заданного в ПУ изменения выходной координаты  $y$  объекта управления ОУ.

Обычно требуется, чтобы  $y \approx x_n$ . В этом, случае СВ представляет собой обычную следящую систему СС, одной из особенностей которой является то, что ее входной сигнал  $x_n$  заранее задан. В соответствии с основными принципами управления СВ строятся по разомкнутой (поточный процесс управления), замкнутой (системы программного регулирования) и комбинированной схеме.

ПУ в зависимости от технологических требований могут реализовать: многосуточный цикл работы технологического оборудования (реле времени программируемые РСЗ-521, РСЗ-522; устройства УПУС, ПРУС); суточный цикл (программное устройство 2РВМ); часовые и минутные циклы (реле времени ВС-10, ЕЛ2, КЭП-12У и др.).

Программное управление имеет большое значение в сельскохозяйственном производстве, так как определяет оптимальный для производства биологический ритм животных, птицы и растений. К примеру, для оптимального использования корма птицей (максимальный выход яиц на затрачиваемый корм) широко используется регулирование длительности светового дня. При этом необходимо учитывать возраст птицы. Практически установлено, что даже незначительные нарушения режима включения освещения ( $\pm 7-10$  мин) могут привести к потере продуктивности (при всех остальных стабильных режимах содержания птицы) на 5...7%. Еще большее влияние на продуктивность птицы оказывает изменение светового потока при включении и отключении освещения. Так, резкое включение и отключение освещенности вызывает стрессовое состояние у птицы и падение продуктивности.

В отдельных случаях разрабатывают специализированные ПУ. Примером таких устройств, являются устройства для имитации «заката» и «рассвета», описанных в [6, с.234-236] и в [6, с.241-242].

### **Содержание отчета**

1. Временные диаграммы работы программной системы управления освещения в птичнике в масштабе времени работы макета лабораторной установки и работы ПРУС в реальном масштабе времени.
2. Принципиальная схема управления имитации «заката» и «рассвета».
3. Порядок задания программы по варианту.
4. Заполненная таблица 3.

### **Контрольные вопросы**

1. Принцип работы ПУ ПРУС.
2. Принцип и особенности настройки и работы программного реле времени 2РВМ.
3. Принцип работы и настройки реле времени типа ВС-10.
4. Какие Вы видите недостатки работы специализированной СВ для имитации «заката» и «рассвета»? Дайте предложения по ее усовершенствованию с использованием современной элементной базы.
5. Назначение реле РСЗ-522. Приведите примеры целесообразного использования данного реле на объектах АПК.
6. Раскройте принципы программирования реле РСЗ-522.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3**

### **АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Цель работы:** изучение функциональных связей и типовых решений систем автоматической защиты и сигнализации; закрепление знаний по основным понятиям и определениям автоматизации теплоэнергетических процессов.

**Оборудование занятий:** действующий макет системы автоматической защиты котлоагрегата ДКВР; справочная литература; компьютер с установленным программным обеспечением для программирования контроллера (пакет Alpha Programming).

Продолжительность работы – 2 часа.

#### **Вопросы предварительного контроля**

1. Какие виды автоматизации вы знаете?
2. Каков принцип действия автоматической защиты?
3. Какие виды сигнализации вы знаете?

#### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомьтесь с разделами: общие сведения, описание работы, принципиальные схемы управления системой «Кристалл» и ее защиты, уяснить порядок пуска котла и принцип действия автоматической защиты. Изучите макет. Система автоматической защиты котла собрана на базе такого управляющего устройства, как контроллер Mitsubishi AL-20MR-D. В верхней части стенда представлено оборудование котла. В зоне обозначений первичных преобразователей (ПП) установлены тумблеры, которые имитируют ПП. Рядом с тумблером смонтированы индикаторные лампы, сигнализирующие нарушение соответствующих параметров (светящийся индикатор сигнализирует о том, что тумблер имитирует нормальное состояние параметра; светящиеся индикаторы исполнительных механизмов: запального устройства – о «пуске» котла, электромагнитов клапана-запальника и клапана-отсекателя – об их открытии).

2. Пользуясь тумблерами – имитаторами первичных преобразователей и переключателей в соответствии с описанием схемы, произведите «пуск котла». Для этого на стенд следует подать напряжение питания автоматическим выключателем QF1. Тумблерами-имитаторами датчиков подать сигналы на вход контроллера, кроме тумблеров, имитирующих наличие пламени в топке и подачу топлива по основному трубопроводу. При этом на дисплее контроллера будет меняться заливка входов (кружки напротив обозначения «I»). Подать сигнал пуска (тумблер SA7). При этом подается сигнал на запальное устройство и срабатывает электромагнит подачи топлива (загораются HL7 и HL8). Далее следует симитировать зажигание пламени и открытие задвижки подачи топлива. Система должна перейти в нормальный режим работы. Профиксируйте, что при этом происходит с исполнительными механизмами.

3. Произведите «аварийную остановку» котла путем ручного воздействия на имитатор первичного преобразователя одного из датчиков. Убедитесь в отключении «котла» и срабатывании аварийной сигнализации на дисплее контроллера. Заполните таблицу 4 функционального назначения датчиков.

Таблица 4 – Функциональное назначение датчиков

Сигналы аварийного состояния параметров (аварийная сигнализация)	Информация на дисплее контроллера в случае аварии	Сигналы нарушения технологических параметров (предупредительная сигнализация)	Информация на дисплее контроллера в случае нарушения
1.		4.	
2.		5.	
3.		6.	

4. Переведите тумблеры в положение «отключено». Снимите питание со стенда. Разработайте схему автоматизации данного процесса.

5. Соедините контроллер с компьютером. Подайте напряжение питания на стенд. Запустите Alpha Programming (версия 2.4). Считайте программу из контроллера, используя меню Контроллер / Считывание из

контроллера. Анализируя программу, выявите ее достоинства и недостатки и зафиксируйте в отчет.

6. Обесточьте стенд.

### Общие сведения

Автоматическая защита представляет собой совокупность технических средств, которые при возникновении ненормальных и аварийных режимов либо прекращают контролируемый производственный процесс, либо автоматически устраняют ненормальные режимы. Автоматическая защита тесно связана с автоматическим управлением и сигнализацией.

Система автоматической защиты (САЗ) – динамическая. Она преобразует выходную величину объекта защиты в сигнал, сравнивает его с предельно допустимым значением и, в случае превышения прекращает подачу энергии к объекту (см. рис. 7).

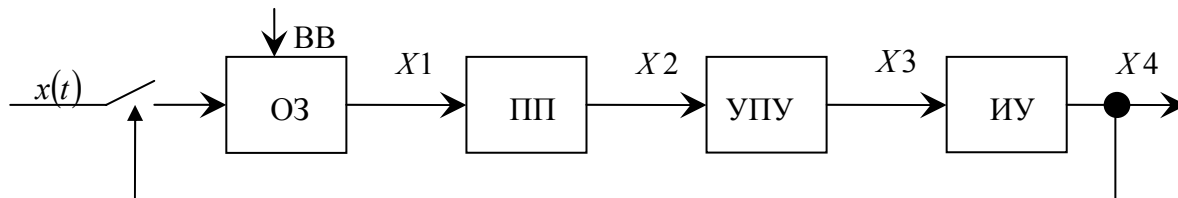


Рисунок 7 – Унифицированная схема автоматической защиты: ОЗ – объект защиты; ПП – первичный преобразователь; УПУ – усилительно-преобразовательное устройство; ИУ – исполнительное устройство; ВВ – возмущающее воздействие

ПП преобразует контролируемый параметр  $X_1$  в сигнал  $X_2$ , который усиливается в УПУ до величины  $X_3$  и подается на исполнительное устройство (ИУ). Сигнал  $X_4$  ИУ используется для отключения кинематического или энергетического привода объекта защиты. Сам ПП, как правило, имеет существенно нелинейные характеристики: типа реле с зоной нечувствительности, когда важно защитить объект как от превышения значения входного параметра  $X$ , так и от чрезмерного его снижения (рис. 8а):

$$X_2 = \begin{cases} B & \text{при } X_1 \geq A = \Delta \\ 0 & \text{при } -\Delta = -A \leq X_1 \leq A = \Delta \\ -B & \text{при } X_1 \leq -A = -\Delta \end{cases}$$

или типа смещенного идеального несимметричного ограничителя, когда опасно лишь превышение контролируемого параметра (рис. 8б).

$$X_2 = \begin{cases} 0 & \text{при } X_1 \leq A = \Delta \\ B & \text{при } X_1 \geq A = \Delta, \end{cases}$$

Как правило, преобладает второй тип алгоритма ПП систем автоматической защиты.

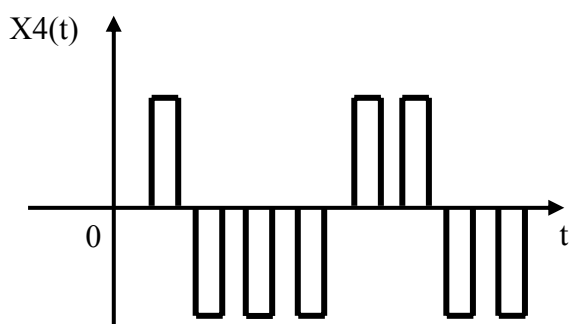
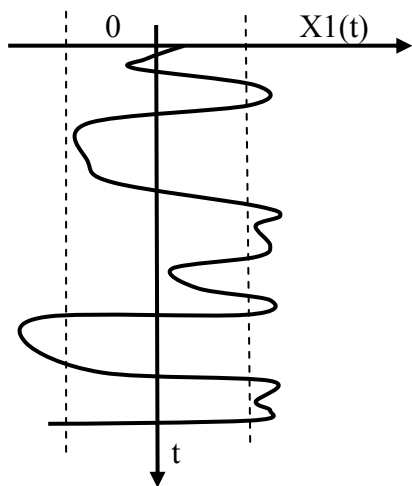
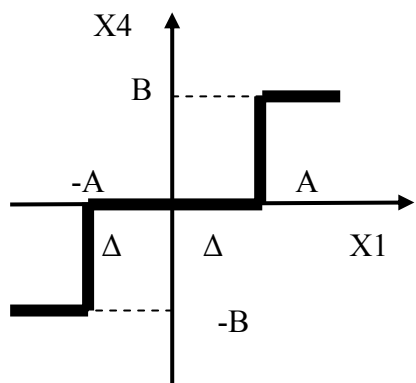
При наладке автоматической защиты зону нечувствительности ПП устанавливают с учетом запаздывания динамики процесса (рис.9).

Соотношение  $X_{п.д.}$  и  $\Delta$  можно определить по зависимостям, приведенным в справочной литературе.

Действие устройства автоматической защиты или блокировки часто сопровождается появлением аварийной сигнализации, информирующей о «срабатывании» защиты. По характеру сигнала она может быть световая, звуковая, смешанная. Световая сигнализация может осуществляться ровным светом, мигающим светом, горением сигнальных ламп неполным накалом, световыми указателями различных цветов. Звуковая сигнализация может отличаться по тембру звукового сигнала (звонок, гудок, сирена и т.д.).

В случаях появления ненормальных, но пока еще допустимых значений контролируемых или регулируемых величин, нарушениях нормального режима работы отдельных агрегатов или всей установки в целом используется предупреждающая сигнализация, которая указывает обслуживающему персоналу на необходимость принятия определенных мер для устранения возникающих неисправностей.

a)



б)

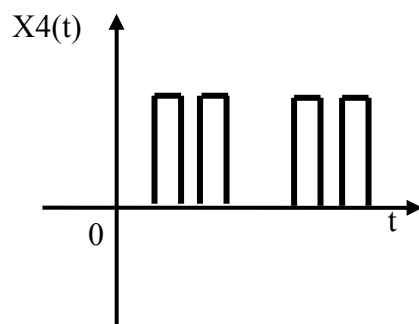
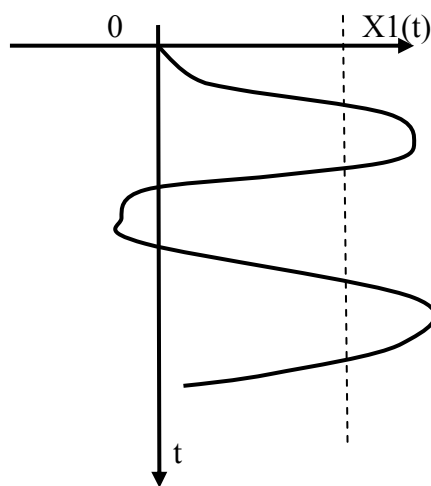
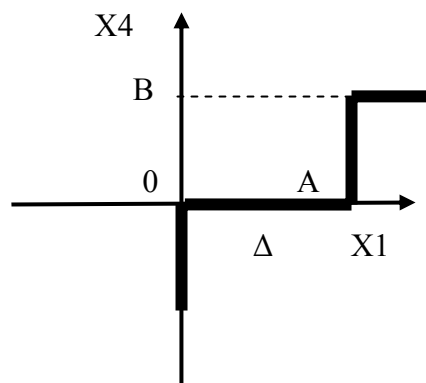


Рисунок 8 – Преобразование нелинейными элементами процесса  $X_1(t)$  в последовательность прямоугольных импульсов  $X_4(t)$ : а – реле с зоной нечувствительности  $2\Delta$ ; б – смещенный идеальный несимметричный ограничитель

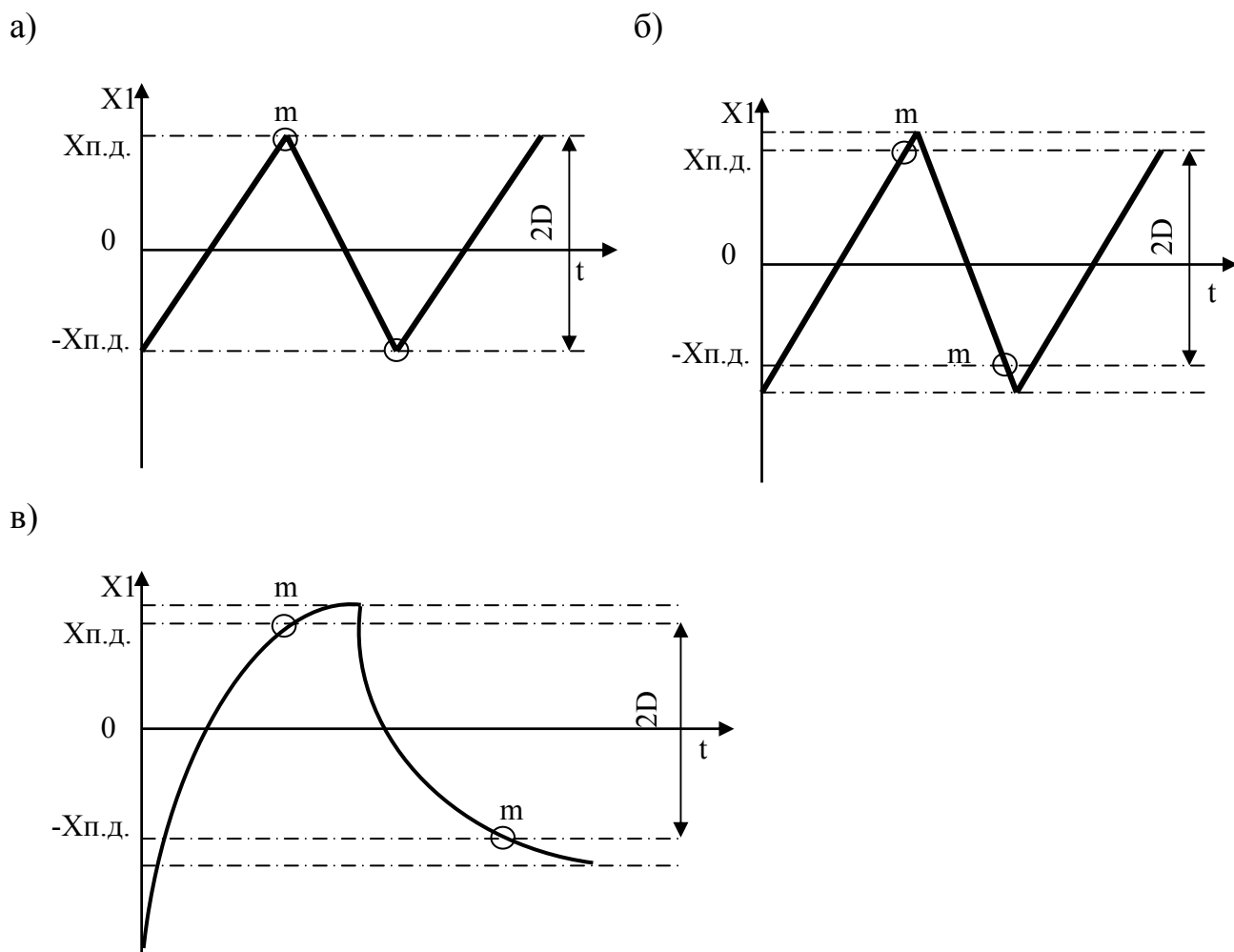


Рисунок 9 – Динамика объектов: а — астатического без запаздывания; б — астатического с запаздыванием; в — статического с запаздыванием;  $X_{п.д.}$  — предельно допустимые значения параметра;  $m$  — момент отключения кинематического или энергетического привода объекта

Предупреждающая сигнализация обычно выполняется индивидуально в виде табло или транспаранта, загорающего при подаче сигнала, определяющего характер и место возникновения ненормального режима, а также в виде общего для щита управления звукового сигнала, предназначенного для привлечения внимания эксплуатационного персонала. Унифицированная схема предупредительной сигнализации приведена на рис.10.

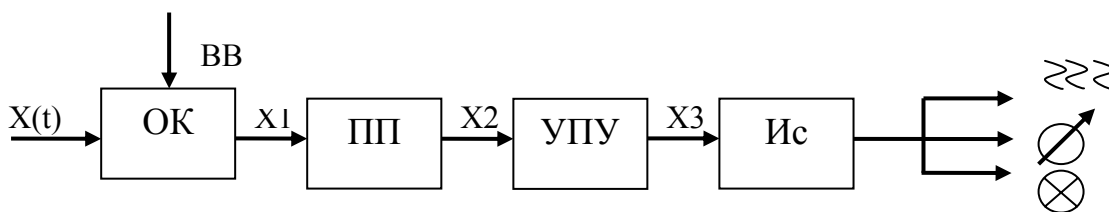


Рисунок 10 - Унифицированная схема предупредительной сигнализации: ОК — объект контроля; ПП - первичный преобразователь; УПУ – усилительно-преобразовательное устройство; Ис — индикатор (сигнализатор)

В практике разработки систем автоматизации технологических процессов находят применение различные схемы сигнализации, различающиеся как по структуре, так и по способам построения их узлов. Выбор наиболее рационального принципа построения схемы сигнализации определяется конкретными действиями ее работы, а также техническими требованиями, предъявляемыми к светосигнальной аппаратуре и датчикам сигнализации.

### **Описание работы принципиальной схемы управления системой «Кристал» и ее защиты**

Рассмотрим принцип автоматики защиты котельных установок.

В соответствии с СН-350-68 на котельных установках предусматривают следующие системы: автоматического регулирования автоматики безопасности, теплотехнического контроля, сигнализации и управления электроприводами.

Системы автоматики безопасности для котлов на газообразном и жидком топливе следует предусматривать обязательно. Эти системы обеспечивают прекращение подачи топлива в аварийных ситуациях (табл.5).

В качестве примера рассмотрим работу схемы автоматики безопасности (рис. 11) котла ДКВР [9].

Таблица 5 – Состав контролируемых системой защиты котла параметров.

Отклонение параметров	Прекращение подачи топлива для котлов			
	паровых с давлением пара $P_{из}$ , Мпа		водогрейных с температурой воды, °С	
	< 0,07	> 0,07	< 115	>115
Повышение давления пара в барабане котла	+	+	-	-
Повышение температуры воды за котлом	-	-	+	+
Понижение давления воздуха (для смесительных горелок)	+	-	+	-
Понижение давления газа	+	+	+	+
Понижение давления воды за котлом	-	-	+	+
Уменьшение разрежения в топке	+	+	+	+
Повышение или понижение уровня в барабане котла	+	-	-	-
Уменьшение расхода воды через котел	-	-	+	-
Погасание факела в топке котла	+	+	-	+
Неисправность аппаратуры автоматики безопасности	+	+	+	+

При установившихся режимах контакты датчиков сигнализаторов падения давления воздуха SP2, пара SP4, разрежения в топке SP3, а также контакты приборов-сигнализаторов уровня воды SL1 и SL2 замкнуты, катушки реле KV2-KV5 находятся под напряжением и подготавливают к работе цепи реле защиты КТ2 и пуска КТ1.

Пуск котла осуществляется переключателем SA, рукоятка которого имеет два фиксированных положения и два положения из которых она возвращается в фиксированные (ключ с самовозвратом). Для пуска котла рукоятку поворачивают в оперативное положение «включить». При этом замыкаются контакты 9-8, 13-16, 17-19. Контакты 13-16 и 17-19 остаются замкнутыми при возврате рукоятки ключа в фиксированное положение, а 9-8 размыкаются. Таким образом, в момент поворота ключа в положение 6 через контакты 8-9 включается реле КТ1, которое самоблокируется через свой замыкающий контакт и остается под напряжением при возврате рукоятки ключа в положение 5. Второй замыкающий контакт КТ1 включает реле KV9, которое своими контактами открывает клапан запальника Y1 и включает запальное устройство A2. Для питания A2 предусмотрена выпрямительная схема из диодов. Фотодатчик BL контролирует пламя запальника и управляющий прибор

A1 запально-защитного устройства своим контактом включает реле KV6, которое замыкает цепь реле защиты KT2 и реле блокировки KV8. Реле KT2 своим замыкающим контактом подготавливает цепь электромагнитной защелки клапана-отсекателя Y2 на газопроводе. После того как вручную будет открыт клапан-отсекатель и давление газа замкнет контакт сигнализатора падения давления газа SP1, включится реле KV1, которое замыкающим контактом замкнет цепь электромагнита клапана-отсекателя Y2, а размыкающим контактом разорвет цепь KT1.

Реле KT1 с выдержкой времени обесточит реле KV9, а оно в свою очередь обесточит соленоидный клапан запальника Y1, который закроется.

При нарушении какого-либо параметра разрываются цепи реле защиты KV1-KV6, реле KT2 обесточится и клапан-отсекатель перекроет газ с установленной выдержкой времени. При падении давления воздуха и пара контакты реле KV2 и KV4 обесточат катушку клапана-отсекателя Y1 и подача топлива прекратится мгновенно.

Центральным узлом схемы безопасности является клапан-отсекатель. В зависимости от давления отопительного котла применяют клапаны низкого (ПКН) или высокого давления (ПКВ). Клапаны поставляет промышленность с мембранной головкой, которую настраивают на срабатывание при понижении давления топлива. Для работы в системах автоматики этот клапан переоборудуют при монтаже — вместо мембраны в него устанавливают электромагнит типа МИС-4100Е, катушка которого СГ включается в схему автоматики, описанную ранее.

При работе котла на мазуте вместо клапана-отсекателя применяется вентиль с электромагнитным приводом СМ. Выбор вида топлива осуществляется переключателем. Аварийная отсечка топлива может быть осуществлена вручную кнопками.

Системы автоматического регулирования и автоматики безопасности котельных установок поставляют комплектно, смонтированными в щитах Щ-К2, Щ-К2У.

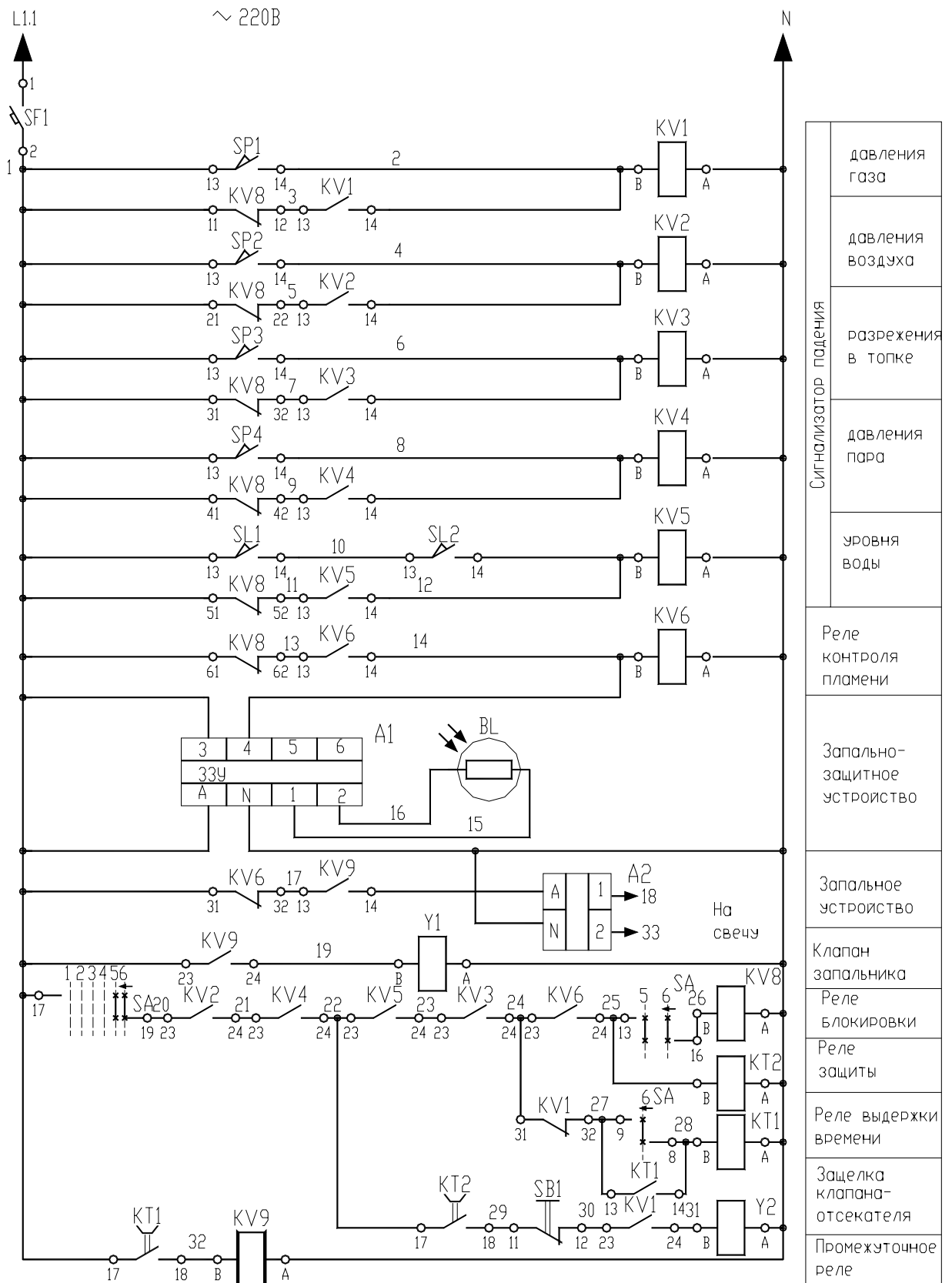


Рисунок 11 – Упрощенная схема автоматики безопасности котла ДКВР

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.	SA1...SA7	7	Кнопка поворотная NEF30-Ps, 0-I (stable/stable), черный, XY, XY Poland, Sosnowiec, SN Promet, Elementy sterownicze i sygnalizacyjne, 1999	
	FU1	1	Предохранитель ПМ-20-1А НИО.481.017 ТУ	
	Справ. №?	SF1	1	Выключатель ЭльФ-102-1/05, 220/380 В, 50 Гц, 5 А, В ГОСТ 50345-92
		HL1...HL6	6	Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 11, В-Л-2-24, зеленый ЕНСК.433137.011 ТУ
HL7,HL8,HL9		3	Светодиодная индикаторная лампа СКЛ 11, В-Ж-2-24, желтый ЕНСК.433137.011 ТУ	
	A1	1	Контроллер Mitsubishi AL-20MR-D Germany, Ratingen, Mitsubishi Electric Europe B. M., Technical Catalogue 2000 Cat. No. 125636	
	GV1	1	Источник стабилизированного питания S82K-00705, 5 VDC, 1.5 A, 7.5 W	
Погн. и дата	Взам. инв. №?	Инв. №?	Погн. и дата	
Погн. и дата				
02.49.039.07-АТХ				
Изм.	Лист	№ док.	Погн. Дата	
Разраб.				
Пров.				
Н. контр.				
Утв.				
Автоматизация котельной			Стадия Лист Листов С 1	
			БГАТУ АЗФ	
Копировал			Формат А4	

Рисунок 12 – Перечень элементов

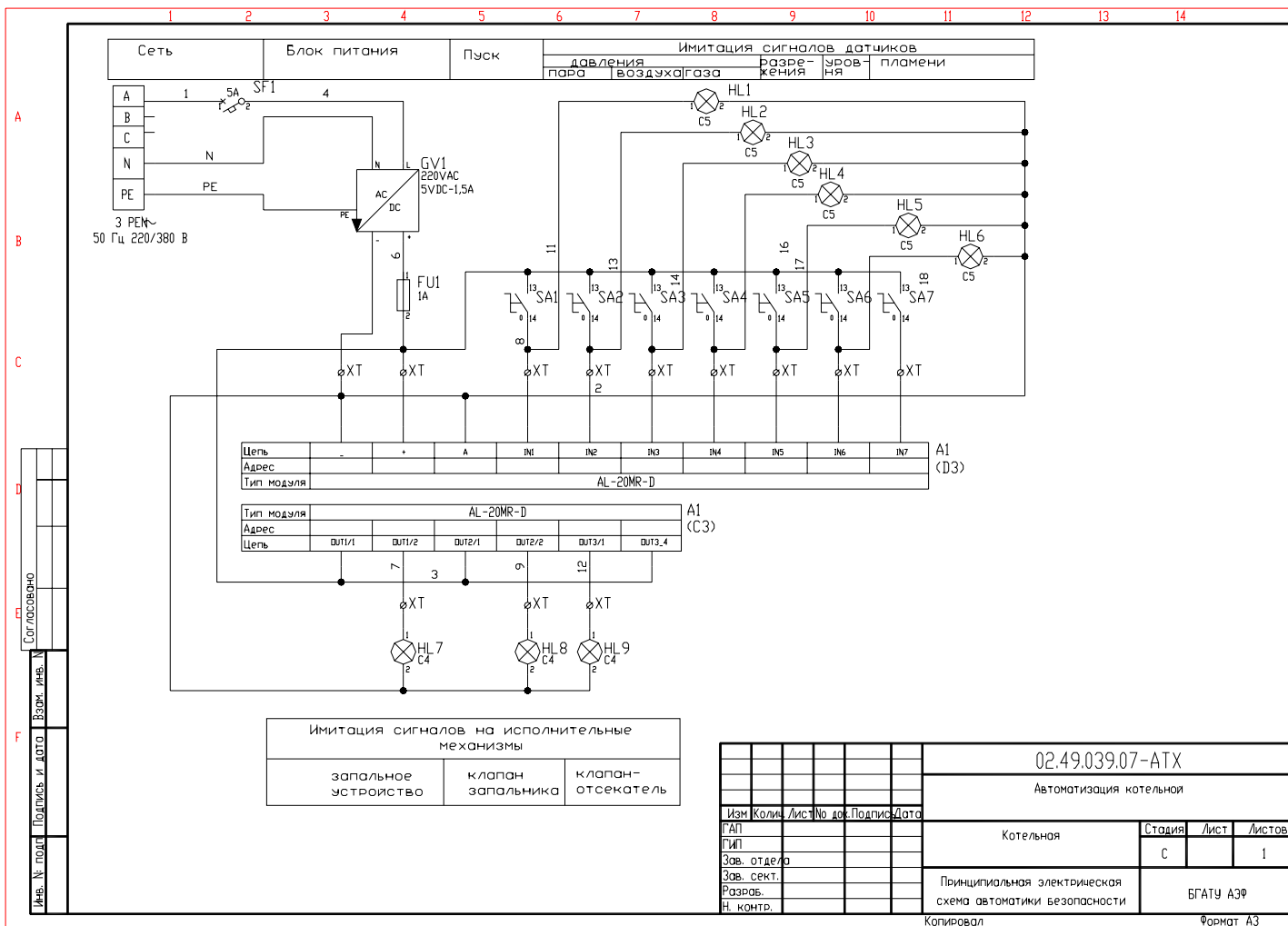


Рисунок 13 – Принципиальная схема автоматики безопасности лабораторного стенда

На лабораторном стенде в качестве устройства управления применен контроллер, поэтому принципиальная электрическая схема несколько иная (рис. 13). К входам IN1...IN7 контроллера А1 подключены тумблеры, имитирующие состояние контактов датчиков (SA1...SA6) и переключателя пуск (SA7). В соответствии с сигналами, поступающими на входы, устройство управления, которым выступает контроллер, обеспечивает алгоритм автоматики безопасности, реализованный в программе (рис. 14). При этом в результате выполнения программы на выходах контроллера OUT1...OUT3 формируются выходные сигналы в соответствии с алгоритмом, обеспечивающие работу исполнительных механизмов: запального устройства, клапана запальника и клапана-отсекателя. В случае технологического или аварийного нарушения какого-либо параметра в программе реализован вывод на дисплей контроллера причины нарушения.

### **Содержание отчета**

1. Схема автоматизации системы защиты котлоагрегата ДКВР.
2. Таблица функционального назначения датчиков.
3. Принципиальная схема автоматической защиты для парового котла.
4. Принципиальная схема аварийной сигнализации котлоагрегата с фиксацией параметра.

### **Контрольные вопросы**

1. Какой принцип работы системы автоматической защиты для парового котла.
2. Какие виды защит вы знаете? Принцип их работы.
3. Какие виды сигнализации вы знаете?
4. Возможно ли использовать принципиальную схему котлоагрегата ДКВР для других типов котлов?

5. Опишите последовательность пуска котла по принципиальной электрической схеме (рис. 11).
6. В чем преимущества и недостатки реализации алгоритма автоматики безопасности на логическом контроллере?
7. Каковы принципы программирования контроллера типа MITSUBISHI  $\alpha$ ?
8. Что изменится в традиционной схеме автоматики безопасности при использовании контроллера в качестве устройства управления?

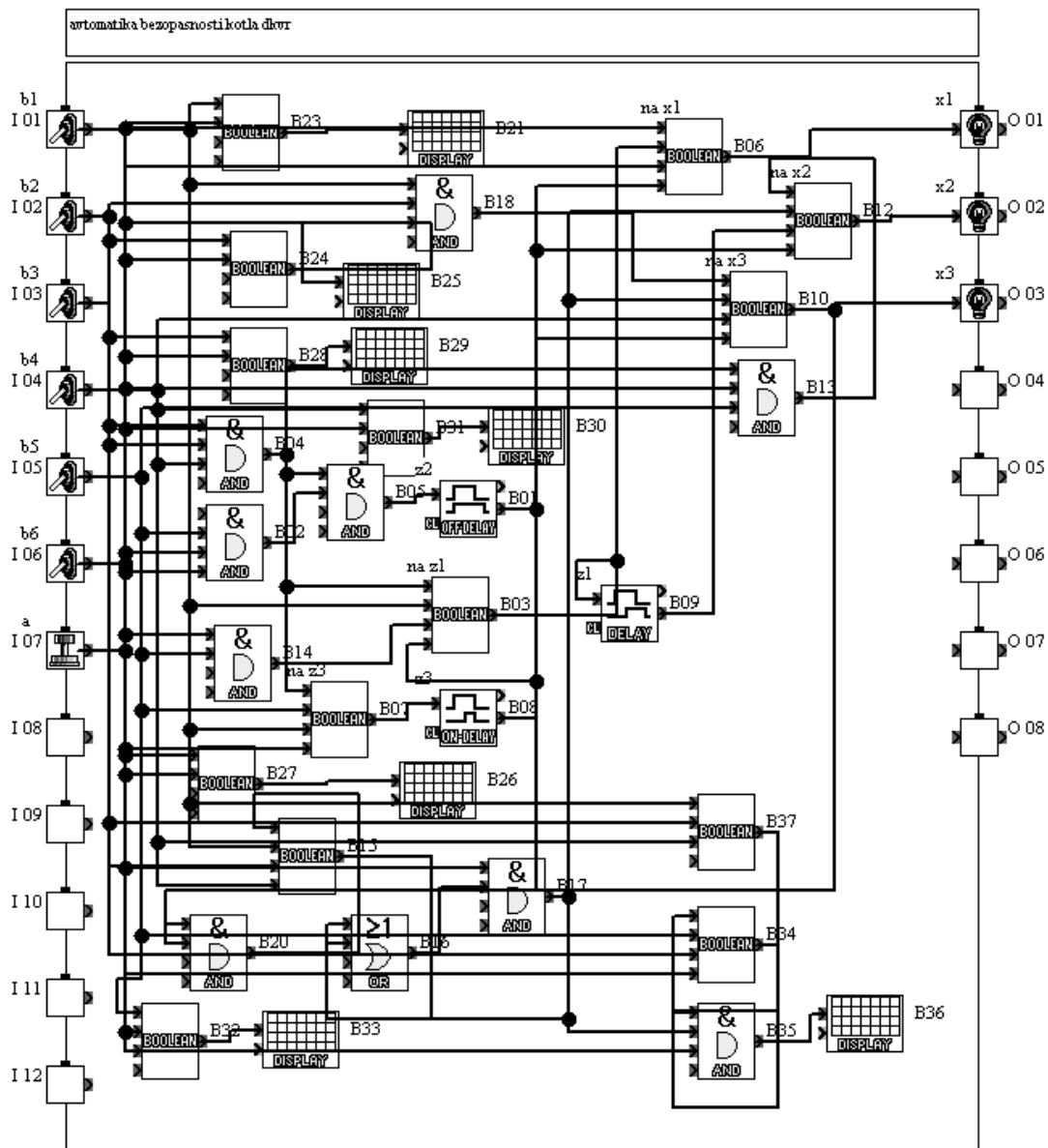


Рисунок 14 – Программа автоматики безопасности, реализованной на лабораторном стенде

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

### ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ САУ МИКРОКЛИМАТА В ИНКУБАЦИОННОЙ КАМЕРЕ

**Цель работы:** исследование типового решения системы автоматического управления инкубационной камерой; освоение методики анализа возмущающих воздействий и расчета регулирующих воздействий, освоение способов повышения точности регулирования при использовании релейных регуляторов, модернизации САУ на базе современных цифровых устройств управления.

**Оборудование занятий:** действующий макет инкубационного шкафа; справочная литература.

Продолжительность работы – 2 часа.

#### Вопросы предварительного контроля

1. Какие параметры микроклимата подлежат регулированию в инкубационном шкафу?
2. На какие две группы подразделяют законы регулирования?
3. Дайте определение основным законам регулирования?

#### Порядок выполнения работы

1. Изучите принцип работы САУ инкубатора[10] и заполните таблицу 6.

Таблица 6 – Оборудование инкубационного шкафа

Функция	Устройство
Выравнивание температурного поля	
Увлажнение и охлаждение	
Охлаждение	
Нагрев	
Поворот лотков	
Управление температурой и влажностью	
Контроль дверей	

2. Используя данные таблицы 7 рассчитайте сопротивление датчика, подключаемого к регулятору РТИ, которое соответствует норме (37,8 °С).

Таблица 7 – Градуировочные данные (электрическое сопротивление, в Ом) термометров сопротивления платиновых (ТСП)

Температура, °С	Градуировка		Температура, °С	Градуировка	
	21	20,22		21	20,22
-200	7,95	17,28	50	55,06	119,7
-150	17,85	38,80	100	63,99	139,10
-100	27,44	59,65	150	72,78	158,21
-50	36,8	80	180	77,99	169,54
0	46	100			

3. Подайте напряжение на пульт управления тумблером «Сеть». Опробуйте работу исполнительных механизмов инкубационного шкафа.
4. Соответствующим тумблером на пульте управления подключите к регулятору вместо датчика магазин сопротивлений. Установите на магазине сопротивлений значение, соответствующее норме (на пульте горит сигнальная лампа «норма»). Изменяя сопротивление, найдите значения, при которых нагреватели работают на половине напряжения и на полном напряжении (отслеживается по лампе накаливания, которая подключена в схеме параллельно нагревательному элементу), а также, когда температура выше нормы (срабатывает сигнализация «больше» (лампа накаливания не горит)).
5. Отключите лабораторный стенд.
6. Переведите полученные значения сопротивления в температуру и постройте диаграмму работы исполнительных механизмов инкубационного шкафа в функции температуры.

### **Общие сведения**

Технология инкубации сложный процесс, и его правильное построение во многом зависит от знания основ инкубации. Для воспроизведения заданных режимов инкубации требуется обеспечить соответствующие параметры воздуха, поступающего в блок лотков. Эти параметры — температура, влажность и концентрация

углекислоты.

***Влияние температуры воздуха на результаты инкубации.***

Наиболее сильно влияет на результаты инкубации температура воздуха. При постоянном в течение инкубации периода воздействии вывод цыплят можно получить при температуре от 35,6 до 39,7 °С. Результаты инкубации (% вывода и качестве молодняка), крайне низкие на границах указанного интервала, быстро улучшаются при приближении температуры к среднему значению.

В первые 12 ч развития куриный эмбрион переносит нагрев до 46,8 °С в течение получаса. В дальнейшем подобный перегрев оказывается для него смертельным. В целом в первые дни инкубации эмбрион проявляет наибольшую чувствительность к уровню температуры, отвечая ускорением обмена веществ и роста на умеренный перегрев (до 38,3–38,5 °С) в течение продолжительного времени.

Эмбрионы хорошо приспособлены к понижению температуры воздушной среды. Эмбриональное развитие не нарушается, если действие низкой температуры непродолжительное или её снижение небольшое. Снижение температуры до 20 °С в течение суток на любой стадии инкубации не уменьшает заметно выводимость. Кратковременные быстрые охлаждения яиц при повышенной температуре в инкубаторе после замыкания аллантаоиса положительно влияют на эмбриогенез.

С уровнем температуры воздуха связана продолжительность инкубации. В диапазоне 36,6–38,5 °С чем выше температура воздуха, тем короче срок инкубирования. Время инкубирования куриных яиц можно сократить по крайней мере на сутки за счёт снижения выводимости.

Существует диапазон температур воздуха, внутри которого вариации этого параметра не влияют на выводимость. Нижняя граница неблагоприятной температуры с первого по восьмой день инкубации лежит около 37,5 °С, а в дальнейшем — около 37,2 °С. Верхняя граница изменчива, но не превышает 38,3 °С на 18-ый день инкубации

и 38,7 °С перед выборкой цыплят.

***Влияние относительной влажности воздуха на результаты инкубации.*** Реальный диапазон относительной влажности воздуха, при которой происходит инкубация яиц сельскохозяйственной птицы в промышленных инкубаторах, с учётом ошибок настройки, регулирования этого параметра превышает 20% (относительная влажность воздуха от 40 до 60%).

Данные, накопленные при испытаниях промышленных инкубаторов, совершенно определённо указывают на то, что относительная влажность воздуха второстепенный по сравнению с температурой, слабо воздействующий на результаты инкубации фактор, если она изменяется в оговоренных выше пределах.

Отрицательное влияние относительной влажности воздуха на результаты инкубации прослеживаются в том случае, когда на всём протяжении эмбрионального развития действующее значение параметра ниже 40% (низкая влажность) или выше 70% (высокая влажность).

При высокой относительной влажности воздуха увеличивается прежде всего опасность плесневого поражения инкубационных яиц, резко возрастает число «тумаков».

Низкая влажность воздуха в начале инкубации вызывает большие потери воды яйцами и повышает смертность зародышей. Наклёв и вывод начинаются преждевременно, но вывод затруднен, т.к. подскорлупные оболочки сухие и прочные. Выведенный молодняк мелкий, подвижный, хорошо опушен.

Уровень относительной влажности воздуха влияет на температурный режим инкубации, особенно в инкубаторах с воздушным охлаждением. Эффективность воздушного охлаждения возрастает с повышением относительной влажности воздуха, т.к. увеличивается его теплосодержание.

***Влияние концентрации двуокиси углерода в воздухе инкубатора на результаты инкубации.*** При постоянном на всём протяжении инкубационного периода воздействии концентрации углекислого газа,

превышающие 0,5%, угнетают рост и развитие эмбрионов. Выводимость снижается примерно на 15%, если с первого дня инкубации поддерживать концентрацию  $\text{CO}_2$  на уровне 1% (контроль — 0,3%). При 5%  $\text{CO}_2$  смертность эмбрионов достигает 100%.

В выводной период высокая концентрация углекислого газа играет положительную роль в эмбриогенезе: она синхронизирует процесс наклёва и вывода, на 1–2% увеличивает выводимость, но главное, обеспечивает лучшее качество суточного молодняка, т.к. атмосфера, насыщенная углекислым газом подавляет двигательную активность цыплят, сохраняет и массу, уменьшает травматизм.

«Инкубаторы. Технические требования» устанавливает, что концентрация  $\text{CO}_2$  не должна превышать 0,5% при порционной загрузке инкубационной машины и 1,0% при единовременной. В выводных инкубаторах концентрация  $\text{CO}_2$  может достигать 2%.

***Инкубация птицы происходит в инкубатории.*** Инкубаторий представляет собой отапливаемое помещение с относительно стабильной температурой  $\theta_{\text{в}}$  около 22 °С зимой и до 26 °С летом.

В помещении устанавливаются инкубационные и выводные шкафы. Выводные шкафы комплектуются на три или шесть инкубационных. Основной процесс инкубации происходит в инкубационных камерах, оборудованных поворотными лотками, в которых укладываются яйца. За три дня до вывода цыплят лотки переставляются в выходные шкафы, которые не имеют поворота лотков. В остальном устройство инкубационных и выводных камер аналогичное. Они представляют собой климатические шкафы размерами 5280×2730×2230 мм (инкубационный) и 1730×2730×2230 мм (выводной) с теплоизоляционными стенками, выполненными из рамы (сухое дерево, ель толщиной 70 мм), облицованной снаружи листовой пластмассой, внутри пенопласт ПВ-1, а изнутри — оцинкованным железом, имеющую два вентиляционных отверстия (приточное — на задней стенке и вытяжное – в потолке передней части с регулирующей заслонкой  $\varnothing$  100 мм). Шкаф оборудован вентилято-

ром, обеспечивающим равномерное перемешивание воздуха и равномерность температурно-влажностных полей, а также засасывание свежего воздуха в камеру через приточное отверстие и выброс загрязненного воздуха.

Для поддержания требуемых параметров микроклимата в инкубаторе предусмотрены системы обогрева и увлажнения (рис. 15). В систему обогрева входят электронагревательные элементы мощностью 20 кВт.

Технологический эффект процесса инкубации обусловлен качеством закладываемых в инкубационный шкаф яиц и качеством управления процессом инкубации. Производственный опыт показывает, что при выполнении технологических требований вывод цыплят составляет 80–81% от количества заложенных в инкубационную камеру яиц.

Обмен воздуха в инкубаторе должен обеспечивать удаление углекислого газа для сохранения кислородного баланса.

Воздухообмен в инкубаторе обеспечивается вентилятором с постоянной частотой вращения. Величина воздухообмена регулируется вручную установкой положений заслонок. Заслонки на приточном и вытяжном отверстии связаны между собой тягами таким образом, чтобы изменения положения одной заслонки вызывало такое же положение другой заслонки.

В первый день инкубации устанавливается минимально допустимый воздухообмен. На 8–10-ый день воздухообмен увеличивается. Технологические требования к режиму инкубации представлены в таблице 8.

Вентилятор включен постоянно в процессе инкубации птицы. При открытых дверях вентилятор и нагревательные элементы отключаются конечным выключателем SQ1 (рис. 16).

Процесс инкубации яиц идет с выделением тепла и углекислого газа инкубационным яйцом. Температура яиц является труднодоступной для контроля, поэтому в качестве регулируемой вели-

чины принимается температура в камере.

Таблица 8 – Режим инкубации

Контролируемый параметр	Значение
Температура воздуха, $\theta_{\text{в}}$	35,6-39,7 °С
Влажность воздуха в: инкубационном шкафу, $\varphi_{\text{в}}$	40-60%
выводном шкафу, $\varphi_{\text{в выв}}$	50-80%
Концентрация углекислоты в: инкубационном шкафу, $K_{\text{CO}_2}$	0,5%
выводном шкафу, $K_{\text{CO}_2 \text{ выв}}$	2%

Регулирующее воздействие в инкубационном шкафу осуществляется электронагревателями, мощность которых можно определить после решения уравнения теплового баланса и проведения анализа возмущающих воздействий.

При стабилизированной температуре всасываемого в инкубатор воздуха основным возмущающим воздействием является тепловыделение яиц. В первые дни инкубации тепловыделения настолько малы, что их не хватает на испарения выделяющейся влаги, и тепло, необходимое для изменения агрегатного состояния воды, изымается частично или полностью из окружающей среды. Лишь на седьмые сутки (для кур) или 11–12 сутки (для уток, гусей) испарение влаги может происходить за счет собственного биологического тепла, и начиная с этого момента инкубационные яйца могут отдавать излишки теплоты воздуху. Таким образом, мощность нагревательных элементов рассчитана на обеспечение температурного режима в начальный период инкубации. На седьмые сутки (для кур) или 11–12 сутки (для уток, гусей) воздухообмен в инкубаторе увеличивается перестановкой заслонки, что позволяет отводить избытки тепла на подогрев дополнительно поступившего внутрь воздуха и «облегчить» работу регулирующего прибора.

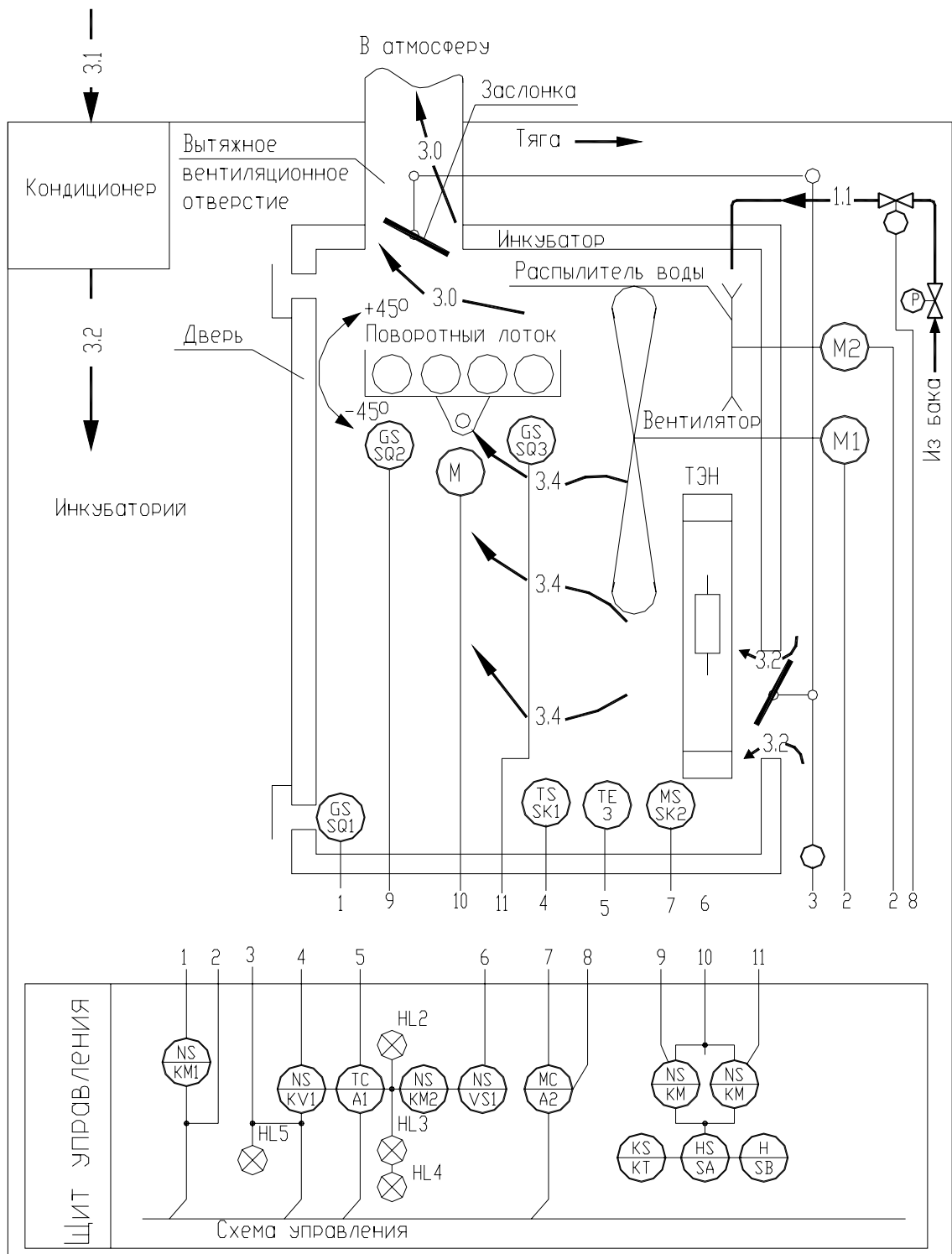
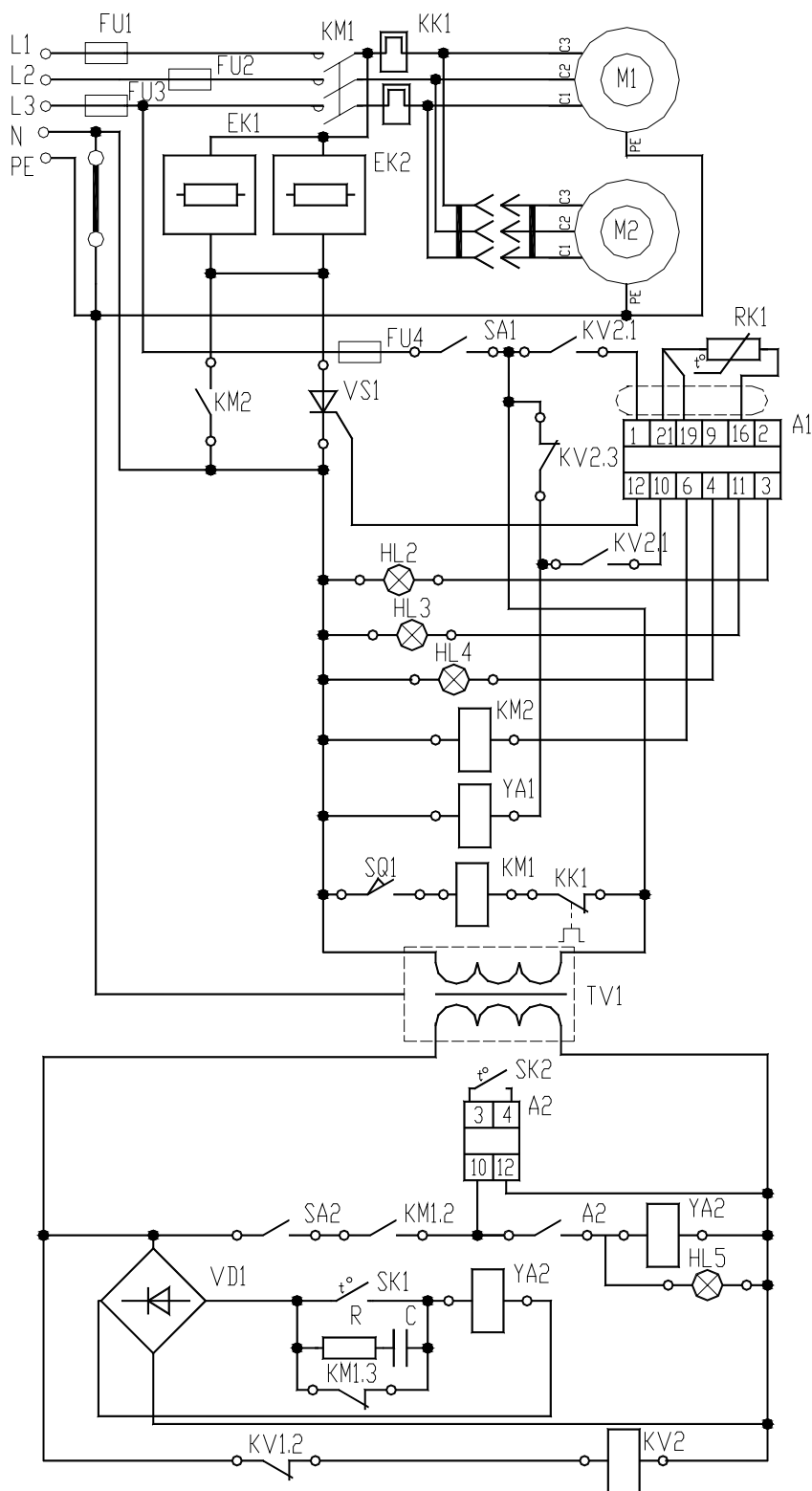


Рисунок 15 – Схема автоматизации инкубатора



Электродвигатель вентилятора		
Электропривод распылителя		
Регулятор температуры	Датчик температуры	
	Трехпозиционный регулятор РТИЗ	
	Температурная сигнализация	Охлаждение
		Норма
		Разогрев
Реле блокировки тиристора		
Соленоид охлаждения		
Управление вентилятором		
Понижающий трансформатор		
Влажностный регулятор	Датчик	
	Привод клапана	
Защита превышения температуры свыше 38,3°C		
Размножение контактов		

Рисунок 16 – Принципиальная электрическая схема управления температурно-влажностным режимом инкубатора

Температурным режимом управляют при помощи трехпозиционного терморегулятора РТИ-35 с платиновым датчиком типа ТСП.

В автоматическом режиме при снижении температуры в камере терморегулятор (рис. 16) посылает сигнал на открытие тиристора *VS1*. Электрическое напряжение равное половине номинального, поступает на обогревательные элементы *EK1* и *EK2*. При дальнейшем снижении температуры терморегулятор подает напряжение на катушку магнитного пускателя *KM2*, который своими контактами шунтирует тиристор и подает на нагревательные элементы полное напряжение. При повышении температуры в шкафу сначала отключается *KM2*, а затем посылается сигнал, запирающий тиристор. Если температура превышает 38,3 °С, замыкается контакт термореле *SK1* и включает реле *KV1*, которое отключит промежуточное реле *KV2*, а соответственно и регулирующий прибор *A1* и включит соленоид охлаждения *YA1*, который полностью открывает заслонку и увеличивает дополнительное поступление более холодного воздуха в камеру, при этом включается световая и звуковая аварийная сигнализация, а также местная световая.

При снижении влажности воздуха (на 3%) влагорегулятор *A2* включает соленоид *YA2* и подает воду на диск механического распылителя с электроприводом *M2*. При этом зажигается сигнальная лампа *HL5*. Световая сигнализация *HL4* показывает «Разогрев», *HL3* — «Температура в норме», *HL2* — «Охлаждение».

Поворот лотков осуществляется общим механизмом на три шкафа, приводимым в движение реверсивным электроприводом (рис. 17). Поворотом лотков управляют при помощи реле времени, которое в сочетании с двумя конечными выключателями выполняет челночный поворот вала на угол  $\pm 45^\circ$ . Автоматическое управление дублируется ручным.

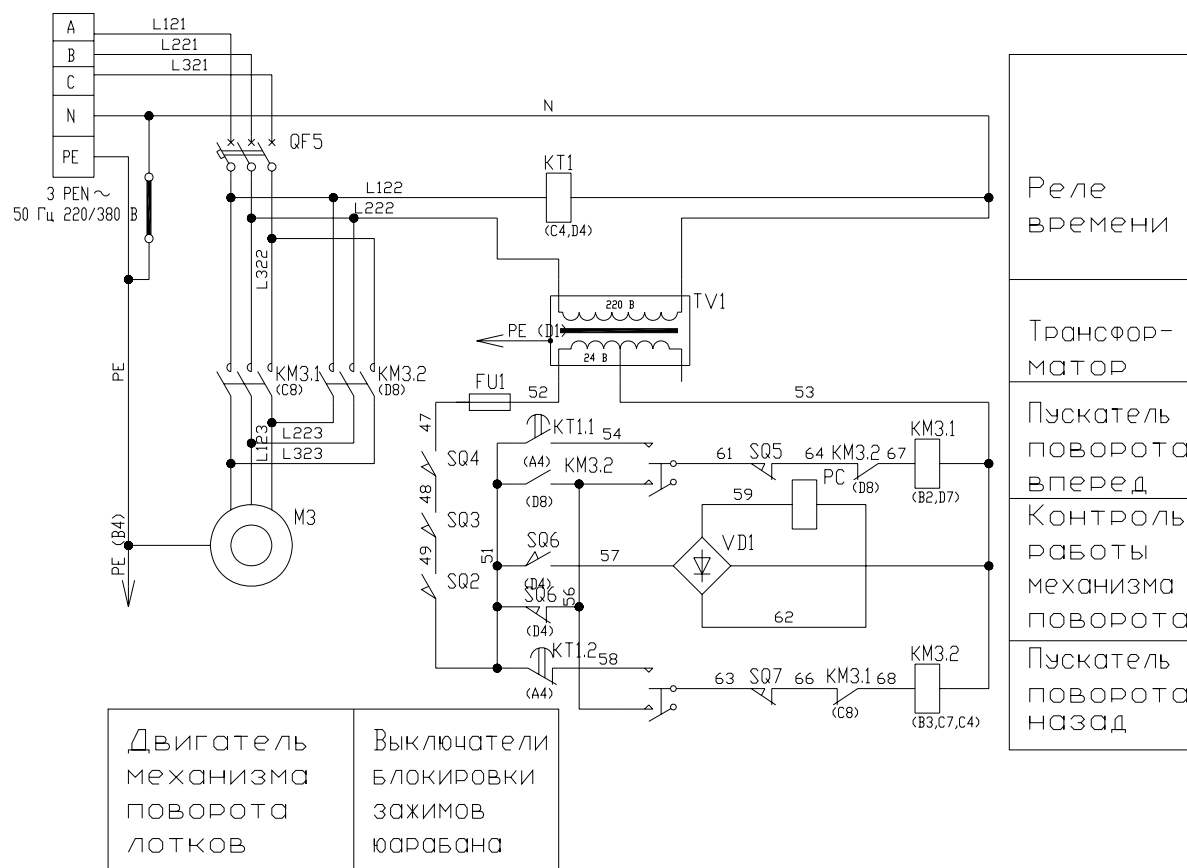


Рисунок 17 – Принципиальная электрическая схема управления поворотом лотков

### Содержание отчета

1. Схема автоматизации инкубатора.
2. Заполненная таблица 6.
3. Диаграмма работы исполнительных механизмов.
4. Модернизированная принципиальная схема управления поворотом лотков.
5. Принципиальная схема управления инкубационным шкафом на базе цифровых устройств управления.

### Контрольные вопросы

1. Какие технологические требования к режиму инкубации должна обеспечивать САУ?
2. Каким образом определить оптимальное регулирующее воздействие?

3. Каковы методы поддержания высокой точности регулирования при позиционном управлении?
4. Каким образом можно поддерживать высокую точность регулирования на протяжении всего периода инкубации?
5. Покажите на схеме автоматизации и объясните их назначение все датчики, используемые в САУ инкубационным шкафом? Определите их расположение на принципиальной схеме. Каковы особенности подключения датчиков к контроллеру при его использовании в качестве устройства управления в данной САУ?
6. За счет чего обеспечивается охлаждение инкубационного шкафа? Поясните принципы охлаждения, используя схему автоматизации и принципиальную.
7. Прочтите схему автоматизации инкубатора.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5**

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ПРИ ХРАНЕНИИ КАРТОФЕЛЯ**

**Цель работы:** исследование САУ вентиляцией в картофелехранилище, освоение методики наладки и испытания устройства, позволяющего поддерживать оптимальные режимы в картофелехранилище, методики модернизации САУ на базе современных цифровых устройств автоматизации.

**Оборудование занятий:** действующий макет картофелехранилища; справочная литература.

Продолжительность работы – 4 часа.

#### **Вопросы предварительного контроля**

1. Какие параметры микроклимата подлежат регулированию в картофелехранилище?
2. На какие три периода подразделяют технологический процесс хранения картофеля?
3. Каков принцип действия реле 2РВМ?

#### **Порядок выполнения работы**

1. Изучив характеристики картофелехранилища как объекта автоматизации и принципы построения САУ ([5, с. 395-408], [2, с.190-193]), составьте схемы автоматизации и принципиальные схемы системы управления вентиляцией картофелехранилища для каждого периода хранения (лечебного, охлаждения, хранения) отдельно.
2. Убедитесь, что шкаф управления обесточен.
3. Используя полную принципиальную электрическую схему управления, контроля и сигнализации системы вентиляции картофелехранилища и монтажную схему, произведите подключение датчиков и исполнительных устройств в систему управления под руководством преподавателя (подключение исполнительных устройств производить через магнитные пускатели, установленные в верхней части шкафа управления).

4. После проверки подключения датчиков, включите стенд тумблером «Питание».
5. Проведите наладку термометров сопротивления для измерения и контроля температуры терморегуляторов А1 – А5 [10, с. 174-175].
6. Проверьте работоспособность системы управления по режимам хранения. Переведите рукоятку переключателя SA2 в положение «лечебный», SA1 в положение «автоматический». В таблице 9 зафиксируйте время включения и отключения приточного вентилятора. В момент работы вентилятора вращая рукоятку задатчика А4, добейтесь остановки приточного вентилятора. В таблице 9 зафиксируйте уставку регулятора. Верните ручку задатчика в исходное положение. Аналогичные действия проведите с регулятором А3. Переведите рукоятку переключателя SA2 в положение «хранение». Опробуйте регулятор А5. При необходимости произведите фазировку включения исполнительного механизма приточного вентилятора.

Таблица 9 – Назначение и характеристика технических средств автоматизации действующего макета картофелехранилища

Период хранения	Устройство	Назначение	Заданные значения
Лечебный	КТ1		Время вкл. / выкл.:
	А4		Заданная температура:
	А3		Заданная температура:
Охлаждения	А1		Заданная температура:
	А5		Заданная температура:
Хранения	А2		Заданная температура:

7. Продемонстрируйте преподавателю работу налаженного стенда.
8. Отключите стенд.
9. Разберите смонтированную часть схемы.

### **Характеристика картофелехранилища как объекта управления микроклиматом**

Технологический процесс хранения картофеля можно разделить на три основных периода: лечебный, охлаждения и хранения.

**В лечебный период** с целью быстрого заживления механических повреждений картофеля необходимо поддерживать в междуклубневом пространстве насыпи температуру на уровне  $15 \pm 5^{\circ}\text{C}$  и высокую относительную влажность воздуха (более 90%) с минимальным воздухообменом, для чего в течение 10...15 – дней картофель вентилируют рециркуляционным воздухом 4–6 раз в сутки по 15...30 мин.

При температуре картофеля выше  $18^{\circ}\text{C}$  должна включаться активная вентиляция (удельный расход продуваемого через массу картофеля воздуха составляет 60–100 м<sup>3</sup>/ч на 1т) и подавать воздух температурой на 3–4 °С ниже температуры массы хранимого продукта.

Если в закрытом хранилище заложен больной картофель (пораженный фитофторой, нематодой и т.п.), то лечебный период проводится при температуре 8–10 °С с последующим охлаждением до 1–2 °С.

При закладке мокрого картофеля его немедленно подсушивают усиленной активной вентиляцией при относительной влажности воздуха не выше 80%.

**В период охлаждения**, который наступает после лечебного, температуру хранимого продукта постепенно снижают до 2–4°С, периодически проводя (4...6 раз в сутки по 16...30 мин, в течение 10...40 дней) активное вентилирование наружным воздухом или его смесью с внутренним воздухом в те периоды суток, когда температура наружного воздуха не менее чем на 2–3°С меньше температуры хранимого продукта.

**Период хранения** – это основной период. Он начинается когда температура картофеля в насыпи достигает 3–4°С. Вентиляционные установки включаются при повышении температуры в насыпи до 4°С и более. Заданную температуру зимой поддерживают с точностью  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  активным вентилированием 4-6 раз в сутки смесью наружного и внутреннего воздуха, а при больших 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.

В процессе вентиляции картофеля с его поверхности удаляется влага.

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.

При разработке и выборе САУ микроклиматом картофелехранилища необходимо знать передаточные функции массы хранимой продукции и верхней зоны в основном режиме «Хранения».

Передаточную функцию массы хранимой продукции можно было бы определить аналитическим методом из уравнений динамики теплообмена массы хранимой продукции и вентилируемого воздуха. Но 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.

Теплофизические свойства насыпи клубней зависят от ее температуры и вида продукции.

Из-за перечисленных особенностей трудно аналитически определить передаточные функции массы хранимого продукта.

В то же время экспериментально по кривым разгона установлено, что при подаче воздуха  $L \leq 50 \text{ м}^3$  в 1 ч на тонну насыпи клубней

$$W(p) = \frac{k}{Tp+1} \quad (9)$$

При  $L \leq 50 \text{ м}^3/(\text{т}\cdot\text{ч})$

$$W(p) = \frac{k}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1} \quad (10)$$

С ростом подачи воздуха от 50 до 250 м<sup>3</sup>/(т·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<sup>3</sup> воздуха на 1 т клубней.

Постоянные времени зависят также от подачи воздуха: при  $L \leq 50$  м<sup>3</sup>/(т·ч)  $T=7...8$  ч; при  $L > 50...250$  м<sup>3</sup>/(т·ч)  $T_1=8...6$  ч;  $T_2=2...1,6$  ч.

При отключенной вентиляции температура массы хранимого продукта повышается за счет теплоты самосогревания. Передаточная функция массы продукта при самосогревании без отвода теплоты

$$W(p) = \frac{k_c}{p}, \quad (11)$$

где  $k_c$  – показывает на сколько градусов повышается температура самосогревания без отвода теплоты (для корнеклубнеплодов  $k_c = 0,14$ ).

Передаточная функция верхней зоны картофелехранилища выражается тремя составляющими (по числу параллельно действующих возмущений), а именно, от изменения  $q$  (тепловыделения от продукции),  $\theta = \theta_0$  и  $\theta_e = \theta$

$$\begin{aligned} W_1(p) &= \frac{k_1}{T_1 p + 1}, \\ W_2(p) &= \frac{k_2}{T_2 p + 1}, \\ W_3(p) &= \frac{k_3}{T_3 p + 1}, \end{aligned} \quad (12)$$

где  $\theta$  – температура воздуха в верхней зоне;

$\theta_0$  – температура ограждений;

$\theta_e$  – температура воздуха на входе в верхнюю зону.

Для типового овощехранилища на 1000 т значение коэффициентов можно принять  $k_1=0,3$ ;  $k_2=0,5$ ;  $k_3=0,2$ ;  $T_1=2,34$ ;  $T_2=0,124$  и  $T_3=0,04$ .

Смесительную камеру с регулируемым клапаном как объект управления можно описать уравнением теплового баланса в пре-вращениях:

$$c\theta_n \Delta G_n + c\theta_p \Delta G_p = c\theta_n G, \quad (13)$$

где  $\theta_n$ ,  $\theta_p$ ,  $\theta_n$  - значение температур наружного, рециркуляционного и приточного воздуха соответственно;

$\Delta G_n$ ,  $\Delta G_p$  - приращения количеств наружного и рециркуляционного воздуха;

$G$  - удельный расход приточного воздуха, кг/с.

Так как  $\Delta G_n = -\Delta G_p$ , можно записать

$$\frac{\theta_n - \theta_p}{G} \Delta G_n = \Delta \theta_n. \quad (14)$$

Откуда определяется значение передаточной функции смеси-тельной камеры как усилительного звена

$$W(p) = \frac{\Delta \theta_n}{\Delta G_n} = \frac{\theta_n - \theta_p}{G} k. \quad (15)$$

### Описание оборудования типа ОРТХ

Для управления температурным режимом в хранилищах ем-костью до 1000т промышленность выпускает оборудование типа ОРТХ [2, с.190-193].

В оборудование типа ОРТХ входят следующие основные уст-ройства (рис. 18): смесительный клапан с подогревателем и исполни-тельным механизмом, приточная и вытяжная шахты, два рециркуля-ционно-отопительных агрегата, вентиляционно-распределительный канал, вентилятор приточной системы и шкаф автоматического управления активной вентиляцией (ШАУ-АВ). В шкафу размещены регуляторы температуры А1–А6, программное реле времени КТ (2РВМ), ключи и кнопки управления. В связи с неблагоприятными для работы аппаратуры условиями предусмотрен автоматический обогрев шкафа от электроподогревателя ЕК, действием которого управляет контактное термореле типа ДТКБ через промежуточное реле КV1 (рис. 19).

Система автоматического управления микроклиматом в овощехранилищах может работать в режиме ручного или автоматического управления.

В ручном режиме переключатели SA1 и SA3 ставят в положение Р и управление производится с помощью кнопочных постов P2, P3 и P4.

В автоматическом режиме переключатель SA1 ставят в положение А, а SA2 — в одно из положений (Л — лечебный; О — охлаждение; Х — хранение), в соответствии с периодом хранения.

Переключатель SA3 в положение А ставят при отрицательных температурах наружного воздуха.

В автоматическом режиме управления и всех периодах хранения приточный вентилятор включается и выключается магнитным пускателем КМ4, управляемым контактом КТ.1 программного реле времени 2РВМ. Программное реле КТ настраивается вручную на шестиразовое включение приточного вентилятора в сутки в каждом случае на 30 мин. Реле КТ может быть перепрограммировано в соответствии с технологическими требованиями.

В период охлаждения и хранения с целью снижения температуры до оптимального уровня, в соответствии с технологическими требованиями, клубни картофеля вентилируют смесью наружного и внутреннего воздуха 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.

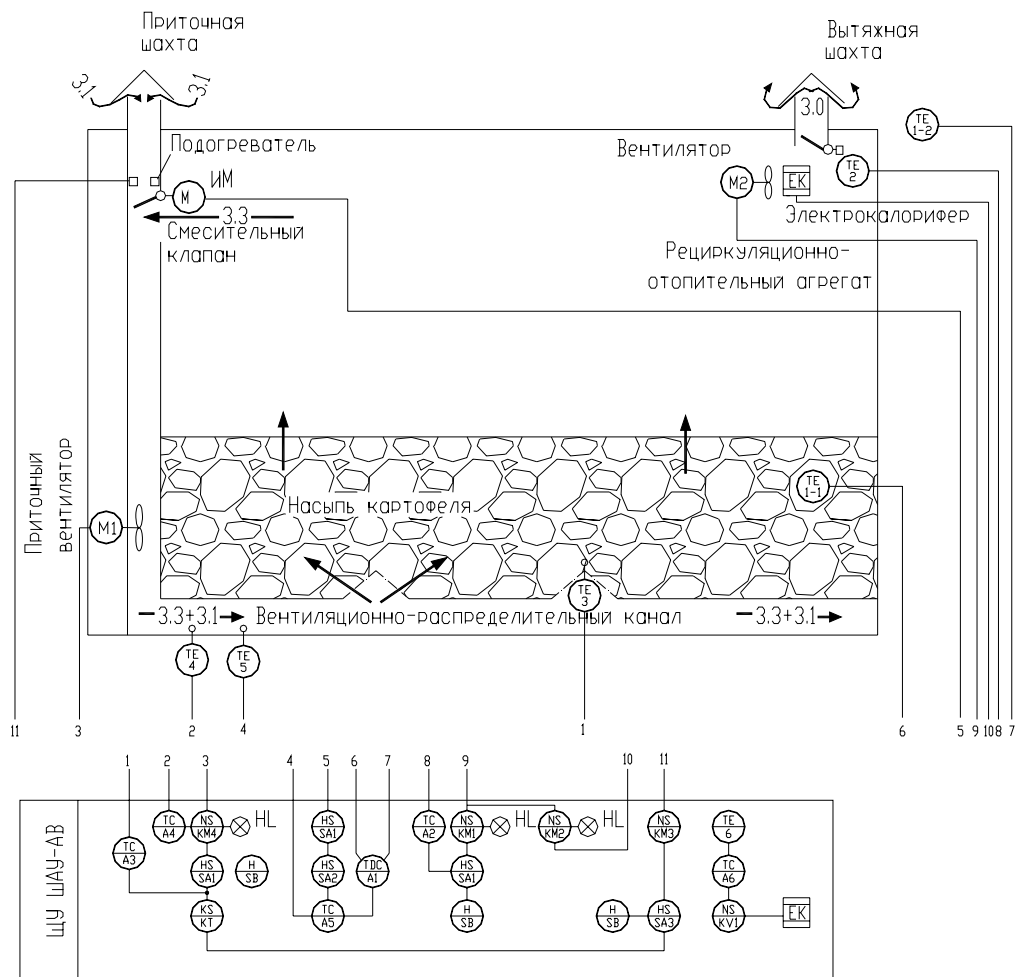
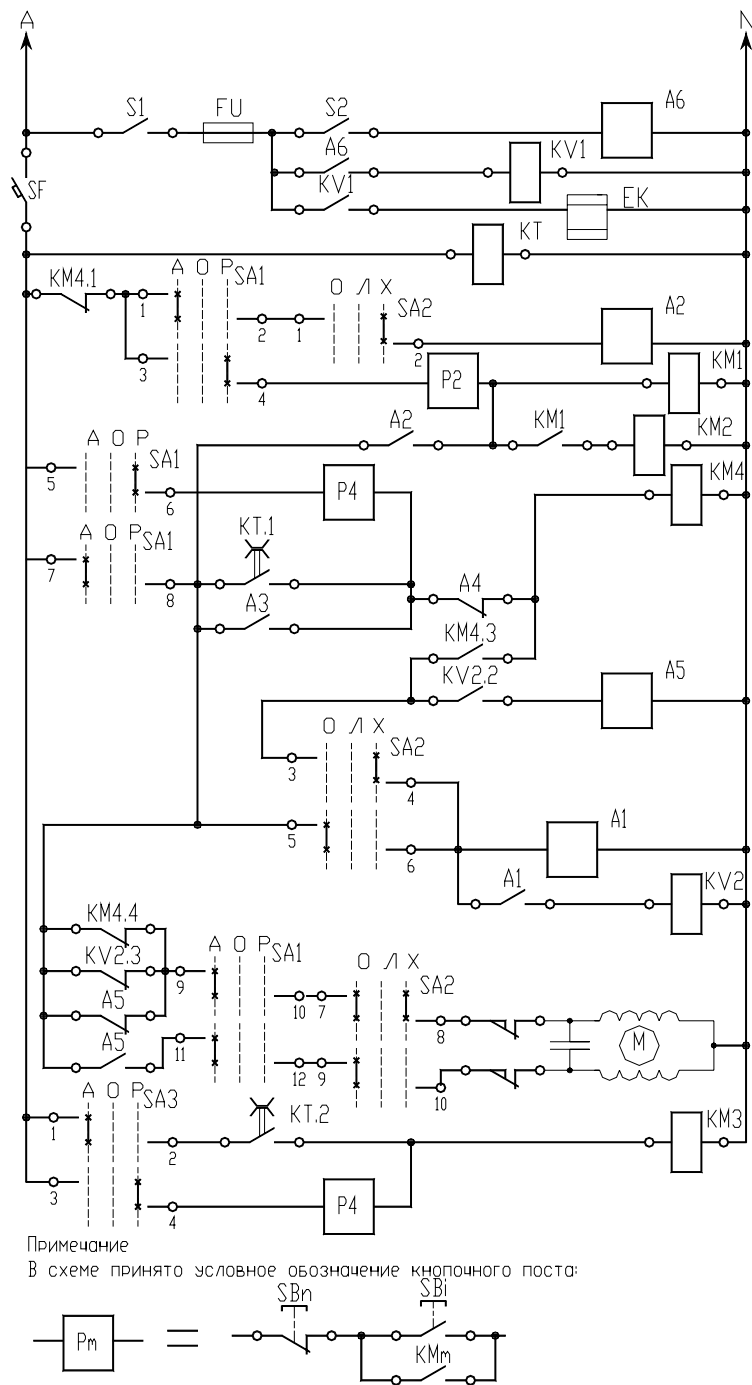


Рисунок 18 – Схема автоматизации управления температурным режимом в картофелехранилище



Подогрев шкафа управления	
Привод 2 РВМ	
Управление отопителем-рециркуляционным агрегатом	Двухпозиционный РП
	Вентилятор Калорифер
Управление приточным вентилятором	Ручное
	Автоматическое (2 РВМ)
Защита	от переохладения
	от самонагрева
Автоматическое регулирование температуры смешиваемого воздуха	
Определитель перепада температур	
ИМ заслонки смешительного клапана	при отключении вентилятора
	отсутствие перепада температур пониженной температуре открытие
Подогрев смесительного клапана	

Рисунок 19 – Упрощенная принципиальная схема управления шкафа ШАУ-АВ

Контролируют перепад температуры с помощью датчиков температуры ТЕ1-1 и ТЕ1-2, установленных в насыпи картофеля снаружи хранилища.

Если разница температур больше так называемого дифференциала (свыше 2–3 оС), то срабатывает дифференциальный регулирующий прибор А1 и включает промежуточное реле KV2 (раз-

множитель контактов). Kontakтами KV2.2 включается регулирующий прибор А5, который своими контактами управляет степенью открытия смесительного клапана.

Для получения смеси наружного и внутреннего воздуха с заданной температурой в хранилищах с активной вентиляцией применяются смесительные камеры, оборудованные одностворчатыми или жалюзийными поворотными клапанами с электрическими механизмами.

В качестве исполнительных механизмов регулирующих органов в системах вентиляции хранилищ применяют ИМ-2/120 и МЭО-4/100, время одного оборота выходного вала которых 100–120 с.

Открытие клапана производится замыкающим контактом А5 регулирующего прибора А5, тем самым происходит снижение температуры воздуха в смесительной камере до установленного значения, после чего контакт размыкается. Закрывается клапан автоматически после отключения привода вентилятора.

Датчик ТЕ5 терморегулятора А5 устанавливается после вентилятора в магистральном канале на расстоянии 2–3 м от него. В качестве регулирующего прибора может быть использован трехпозиционный регулирующий прибор. Верхнее значение установки «норма» должна соответствовать температуре хранения продукта, нижняя — установке минимально допустимому значению температуры хранимого продукта. При этом должно быть выполнено следующие условие  $3T_d < t_n$ , где  $T_d$  — постоянная времени датчика температуры регулирующего прибора;  $t_n$  — время снижения температуры воздуха после смесительного клапана на величину  $\Delta t$  «норма». Если это неравенство не выдерживается, необходимо уменьшить скорость открытия клапана.

Система аварийной защиты хранимого продукта от подмораживания и перегрева от самосогревания. В качестве регулятора для аварийной защиты от подмораживания хранимого продукта может быть использован двухпозиционный регулирующий прибор

(А4), датчик которого устанавливается в магистральном канале после приточного вентилятора. При снижении температуры воздуха ниже допустимой, контакт регулирующего прибора в цепи катушки магнитного пускателя КМ4 размыкается и вентиляция воздухом прекращается.

Для защиты картофеля от самосогревания также используется двухпозиционный регулирующий прибор (А3), датчик которого устанавливается в массе продукта на глубине 0,5–0,7 м. При повышении температуры картофеля выше допустимой замыкается контакт регулирующего прибора А3 в цепи катушки магнитного пускателя КМ4 и включается привод приточного вентилятора.

### **Описание лабораторной установки**

Лабораторная установка состоит из макета картофелехранилища с установленным на нем действующим клапаном с исполнительным механизмом, вентилятором приточной системы и рециркуляционно-отопительным агрегатом. Выводы привода и потенциометра обратной связи исполнительного механизма, а также вентиляторов приточной и рециркуляционно-отопительной систем соединены, с контактами, закрепленными на панели макета щита управления.

При выполнении лабораторной работы следует уточнить, что в качестве приводов вентиляторов на макете использованы однофазные электродвигатели на напряжении 220 В мощностью 6 Вт.

Щкаф управления в лабораторной установке использован серийно изготовленный ШАУ – АВ.

### **Содержание отчета**

1. Схемы автоматизации и принципиальные схемы управления оборудованием вентиляции картофелехранилища для режимов: лечебный, охлаждения и хранения (раздельно) с кратким описанием.
2. Заполненная таблица 9.

3. Полная принципиальная схема управления вентиляцией картофелехранилища на базе современных цифровых средств автоматики.

### **Контрольные вопросы**

1. Объясните назначение каждого из пяти регулирующих приборов, используемых в системе управления вентиляцией картофелехранилища, и обоснуйте выбор типа регулирования.
2. В чем отличие датчиков температуры типа ТСМ и полупроводниковых (используемых в установке) и к каким образом это влияет при настройке системы управления вентиляции картофелехранилища?
3. Объясните принцип работы программного устройства 2РВМ.
4. Объясните назначение контактов КТ.1, А3 и А4 в цепи управления КМ4 (рис. 19).
5. Объясните назначение контакта КМ4.1 в цепи питания регулятора А2 (рис. 19).
6. Объясните назначение контактов КМ4.4, КV2.3 в цепи управления исполнительным механизмом (рис. 19).
7. Используя схему автоматизации (рис. 18), раскройте объем автоматизации картофелехранилища отдельно по периодам хранения.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6**

### **ИЗУЧЕНИЕ И РАЗРАБОТКА САУ ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ**

**Цель работы:** изучение типовых решений по автоматизации навозоудаления из животноводческих помещений; освоение методики разработки схем автоматизации ТП и синтеза САУ поточных технологических линий.

**Оборудование занятий:** стенд с набором закрепленных элементов САУ и исполнительных устройств технологической линии удаления навоза из животноводческого помещения, методическое руководство, справочные материалы.

Продолжительность работы – 4 часа.

#### **Вопросы предварительного контроля**

1. Содержание схемы автоматизации.
2. Порядок разработки и решаемые вопросы при разработке схемы автоматизации.
3. Порядок синтеза САУ ПТЛ.

#### **Порядок выполнения работы**

##### **Занятие 1.**

1. Ознакомьтесь с описанием работы установок для удаления навоза и пометоуборочной установки [5, стр. 530-536]. Разработайте для этих установок схемы автоматизации технологических процессов.
2. Ознакомьтесь с описанием работы навозоуборочной установки, приведенной ниже, технологическая схема которой нанесена на стенде (рис. 20). Совместно с преподавателем опробуйте линию в работе и заполните технологическую карту функционирования оборудования (табл. 10), где знаком «+» следует отметить включение оборудования в работу и «-» – отключение.

Таблица 10 – технологическая карта функционирования оборудования поточной линии

Технологическая карта функционирования оборудования ПТЛ навозоудаления								
Оборудование	Последовательность тактов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Горизонтальный транспортер								
Наклонный транспортер								
Вагонетка вперед								
Вагонетка назад								

Зафиксируйте в отчете основные требования к САУ ПТЛ навозоудаления, в которых следует отразить, каким образом линия запускается в работу, какие режимы работы оборудования линии, особенности работы оборудования в конкретных режимах.

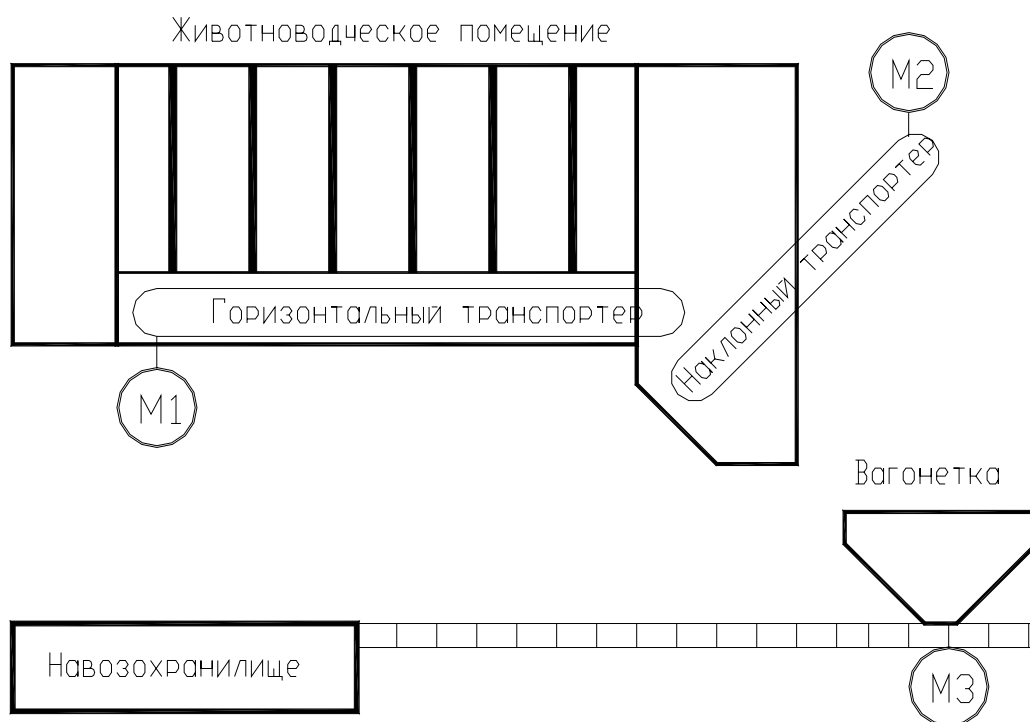


Рисунок 20 – ПТЛ навозоудаления

3. Определите набор параметров, подлежащих контролю и регулированию, зафиксируйте состав датчиков и командоаппаратов, необходимых для реализации алгоритма функционирования оборудования технологической линии. Примите и расшифруйте в отчете

буквенные обозначения командоаппаратов и исполнительных устройств.

4. Разработайте схему автоматизации данного технологического процесса; составьте символическую запись алгоритма управления; проверьте алгоритм и сделайте выводы о правильности составления и реализуемости.

### **Занятие 2.**

5. Разработайте структуру управления. Для этого составьте частные таблицы включения для каждого исполнительного элемента, запишите структурную формулу контактов и упростите ее с помощью таблицы покрытий. Затем требуется свести частные структурные формулы в полную структурную схему, проверить работу схемы в целом, при необходимости устранить ложные цепи срабатывания [5, с. 70-85].

6. Переведите структурную схему управления в полную принципиальную схему управления ТП в соответствии с набором элементов САУ, закрепленных на стенде.

7. Согласуйте принципиальную схему управления ТП с преподавателем. Убедитесь, что стенд обесточен. Произведите коммутацию элементов САУ в соответствии с разработанной принципиальной электрической схемой.

8. Совместно с преподавателем проверьте правильность коммутации элементов САУ, подайте напряжение на схему управления, опробуйте её работу.

9. Обесточьте стенд, убедитесь в отсутствии напряжения в цепях САУ, разберите схему управления.

### **Описание работы установки для удаления навоза из животноводческого помещения**

Установка для удаления навоза из животноводческого помещения состоит из горизонтального сборного транспортера, смонти-

рованного в помещении, наклонного транспортера и вагонетки, расположенной в исходном положении под наклонным транспортером.

Установка включается вручную оператором, после чего он начинает сгребать навоз из стойл на горизонтальный транспортер. Навоз горизонтальным транспортером перемещается из помещения на наклонный транспортер, а затем в вагонетку. Когда вагонетка будет наполнена навозом, сработает весовое устройство и отключится привод горизонтального транспортера, а затем и наклонный. При этом наклонный транспортер должен быть освобожден от остатков продукта.

Вагонетка с навозом перемещается к навозохранилищу и автоматически разгружается. Приводной электродвигатель реверсируется и вагонетка возвращается в исходное положение, где и останавливается. Автоматически включаются привода транспортеров, и цикл удаления навоза повторяется до тех пор, пока весь навоз не будет удален из помещения. Установка отключается автоматически, когда поступление его в кузов вагонетки прекратится. Схема управления должна предусматривать управление вагонеткой в автоматическом и ручном режимах управления.

## **Содержание отчета**

1. Схемы автоматизации ТП по описаниям, приведенным в [5] и в методическом руководстве.
2. Заполненная технологическая карта, требования к САУ ПТЛ навозоудаления, обозначения командоаппаратов и исполнительных устройств, необходимых для реализации алгоритма функционирования оборудования ТП и расшифровка обозначений.
3. Алгоритм, необходимые выводы, структура управления и принципиальная схема управления технологической линией, описание которой приведено в методическом руководстве с описанием работы схемы.

4. Выводы по результатам лабораторной работы.

### **Контрольные вопросы**

1. Объясните целесообразность ручного включения и автоматического отключения установки.
2. Сформулируйте технологические требования к САУ удаления навоза из помещения.
3. Объясните отсутствие в требованиях к схеме управления наличия технологической сигнализации.
4. Опишите объем автоматизации ПТЛ, имитируемой на лабораторном стенде.
5. Раскройте методику разработки структурной формулы контактов одного из исполнительных элементов. Сравните полученную формулу с цепью управления данным механизмом на принципиальной схеме.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7**

### **ИЗУЧЕНИЕ ТИПОВЫХ И СИНТЕЗ САУ ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ И ПТИЧНИКОВ**

**Цель работы:** изучение типовых решений приточных систем вентиляции, освоение методики синтеза и схемной реализации САУ приточной вентиляции.

**Оборудование занятий:** стенд с закрепленными элементами САУ приточной вентиляцией, измерительные приборы, магазин сопротивлений, методические указания, справочные материалы.

Продолжительность работы: 2 часа.

#### **Вопросы предварительного контроля**

1. Каковы основные требования к системам вентиляции?
2. Какие три периода выделяют в режимах работы вентиляционно-отопительного оборудования?
3. Каков состав оборудования систем приточной вентиляции?

#### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомьтесь с принципами реализации САУ приточной вентиляцией (общие сведения).
2. Используя диаграммы работы регулирующих приборов ТЗЗПЗ (двухпозиционный) и ТЗ4ПЗ (трехпозиционный) заполните обозначения контактов регулятора (вместо вопросов) на принципиальной электрической схеме (рис. 21).
3. Подайте напряжение на лабораторный стенд, переведя рукоятку переключателя в положение 1. Убедитесь, что на регуляторы подано напряжение питания по свечению индикаторов.
4. Используя в качестве индикатора замыкания контактов омметр тестера, проверьте правильность заполнения позиционных обозначений контактов разъемов регулирующего прибора (предыдущий пункт).

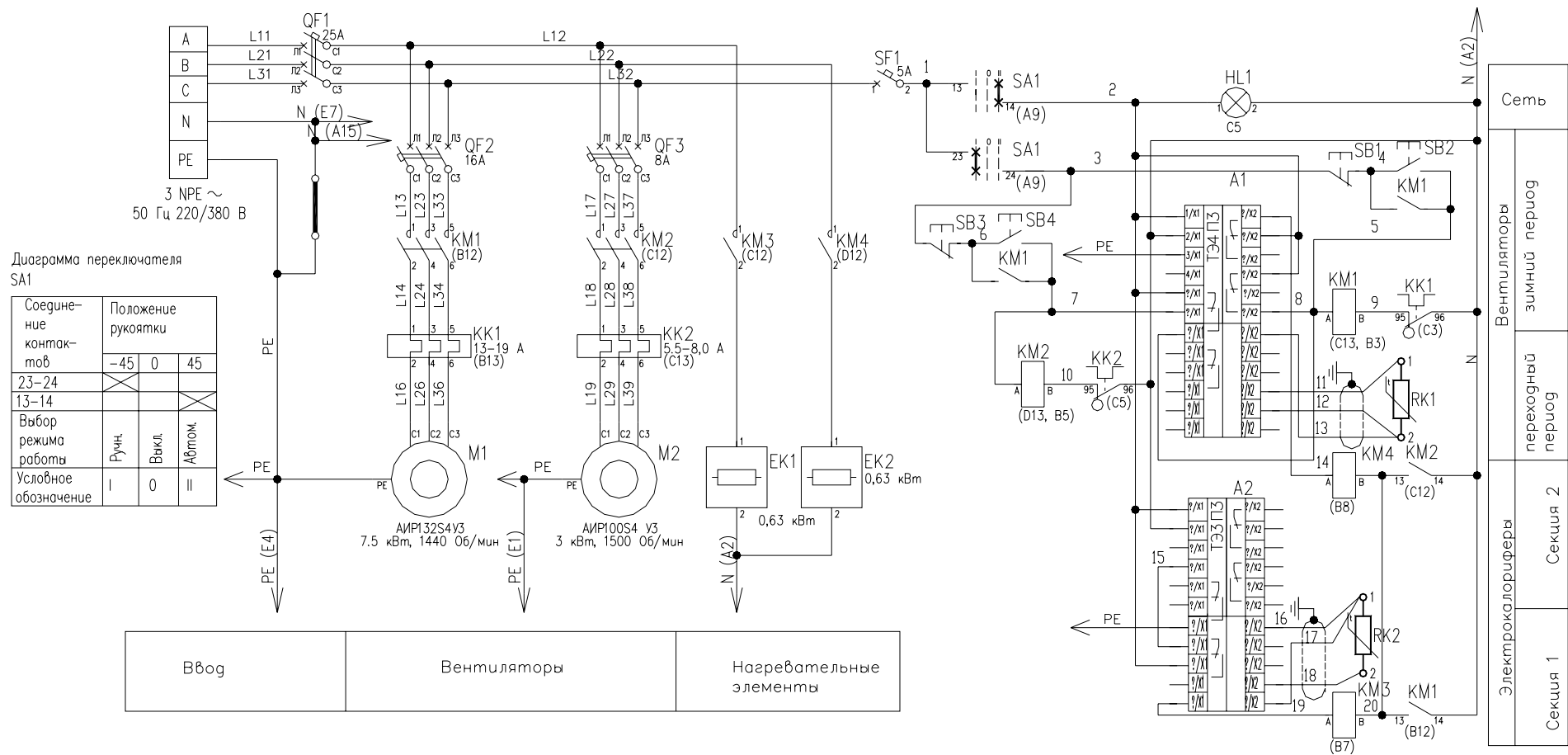


Рисунок 21 – Принципиальная электрическая схема управления приточной вентиляцией

5. Снимите со стенда напряжение. Убедитесь с помощью вольтметра в его отсутствии.
6. Соберите схему управления приточной вентиляцией в соответствии с принципиальной электрической схемой и проверьте монтаж вместе с преподавателем.
7. Подайте напряжение на стенд и апробируйте схему управления.
8. Убедитесь в соответствии работы схемы алгоритму и отчитайтесь перед преподавателем налаженным стендом.
9. Отключите напряжение со стенда. Разберите схему.

### **Микроклимат на фермах и комплексах**

На современных птицефабриках и животноводческих комплексах внедрение новой промышленной технологии производства продукции значительно усложнило взаимодействие организма животных и птицы с внешней окружающей средой. При большой концентрации животных и птицы с уплотненным ее размещением решающая роль в повышении резистентности организма, увеличении продуктивности отводится созданию оптимального микроклимата. Содержание в помещении продуктов обмена веществ, организмов, бактериальная осемененность воздуха, отрицательно сказывающиеся на здоровье и физиологическом состоянии, находится в прямой зависимости от концентрации поголовья.

Воздействие различных факторов, окружающей среды на организм животных и птицы проявляется в глубоких и серьезных изменениях физиологических процессов последних: кровообращения, дыхания, терморегуляции, газообмена и обмена веществ, что, в свою очередь, оказывает влияние на резистентность организма и, естественно, на продуктивность.

Оптимальное суммарное значение отдельных факторов - температура, влажность, скорость движения и газовый состав окружающего воздуха, наличие пыли и микроорганизмов, уровень

радиации, ионизация, освещение, атмосферное давление и прочее – и есть **микроклимат**.

Микроклимат в помещениях зависит от многих условий – местного (зонального) климата, теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания, уровня воздухообмена, эффективности вентиляции, состояния канализации, способов уборки и удаления помета, освещения, а также от технологии содержания и вида животных и птицы, особенностей их физиологии и обмена веществ, плотности размещения, типа кормления, способов раздачи кормов и т.д. Большое значение придается также ориентации зданий, объемно-планировочным особенностям конструкций зданий, виду и качеству строительных материалов, ограждающих конструкций, внутреннему оборудованию.

Создать оптимальные зоологические условия на фермах и комплексах можно только при осуществлении комплекса мероприятий:

- рационализации объемно-планировочных решений зданий;
- улучшении теплоизоляции ограждающих конструкций;
- применение эффективных канализационных и вентиляционных систем;
- применение систем кондиционирования и очистки воздуха, ионизации и т.д.

Проблему создания микроклимата в промышленном животноводстве невозможно решить без эффективных систем вентиляции.

Воздухообмен не только должен создать в помещении оптимальный температурно-влажностный режим и поддерживать газовый состав воздуха в соответствии с зоогигиеническими нормативами, но и способствовать удалению пыли и предотвращению попадания микроорганизмов внутрь помещения.

Установлено, что если в помещении нет потребного воздухообмена, уменьшается продуктивность животных и птицы. В то же время излишне большой воздухообмен ведет к нерациональным за-

тратам электроэнергии и расход тепла на обогрев вентиляционного воздуха в зимний период.

Эффективность систем вентиляции помещений в значительной степени определяется аэродинамическими схемами организации воздухообмена [11]. Наиболее экономичными и приемлемыми для большинства типов помещений являются механические приточно-вытяжные системы вентиляции, совмещенные, с воздушным отоплением, с аэродинамической схемой воздухообмена по принципу «сверху вниз»: в зимний период подача свежего воздуха осуществляется через водяные, паровые калориферы и центробежные вентиляторы по воздуховодам; в теплый период – через шахты в потолочном перекрытии. Удаляют загрязненный воздух из нижней зоны в птичниках при помощи осевых вентиляторов, установленных в боковых стенах конструкции.

По характеру распределения приточного, воздуха различают механические системы вентиляции с рассредоточенной подачей (путем мощных струй). Чтобы избежать образования «воздушных мешков» или зон застойного воздуха в помещениях, приточные и вытяжные вентиляторы следует размещать на расстоянии не менее 2,5 м один от другого, а приточные отверстия располагать так, чтобы они не находились против вытяжных шахт, дверей и вытяжных шахт, дверей и вытяжных вентиляторов.

При расчете приточной и вытяжной систем вентиляции следует предусмотреть превышение притока воздуха над вытяжкой примерно на 10...20%. Создаваемый таким образом подпор воздуха предохраняет от проникновения в помещение инородных частиц и болезнетворных микроорганизмов.

Механические системы вентиляции, несмотря на конструктивную сложность, сравнительно высокую стоимость и значительные эксплуатационные расходы, имеют некоторые преимущества перед системами вентиляции с естественным побуждением — работа сис-

тем, не зависит от внешних метеорологических условий, приточный воздух можно подвергнуть любой обработке.

Необходимым условием эффективной работы вентиляционно-отопительных систем является их автоматизация, использование рациональных систем автоматического регулирования параметров микроклимата.

Для обеспечения микроклимата в помещениях серийно выпускалось и выпускается вентиляционно-отопительное оборудование «Климат-2», «Климат-3», «Климаг-4», СФОЦ, АЭСМ, ПВУ-4, ПВУ-6, ПВУ-9, МКВА УЗ и «Климатика» (в вытяжных системах вентиляции).

Оборудование «Климат-2», «Климат-3» и ПВУ предназначено для создания систем приточно-вытяжной вентиляции, воздушного отопления и испарительного охлаждения приточного воздуха различных животноводческих и птицеводческих помещений. Оно включает: на притоке комплект оборудования, состоящего из двух центробежных вентиляторов Ц4-70 с приводом от трёхскоростного электродвигателя и с турбоувлажнителями, смонтированными непосредственно в приточном патрубке вентилятора; два бачка с водой для питания турбоувлажнителей, два электромагнитных клапана СВМ-25 для управления подачей воды в турбоувлажнителях; станцию автоматического управления всем оборудованием с комплектом датчиков; в оборудование «Климат-3», кроме того, входят два регулирующих клапана 25ч931НЖ с моторным ИМ ПР-1М для автоматизации регулирования подачи горячей воды в водяные калориферы; состав оборудования зависит от модификаций, водяные калориферы подбирают по проекту системы регулирования микроклимата конкретного помещения.

Схема управления и сигнализации приточной системы вентиляции предусматривает ручное переключение ступеней вращения приточных вентиляторов.

Регулирование подогрева в системе «Климат-2» обеспечивается изменением количества, проходящего через калорифер воздуха, а в системе «Климат-3» изменением количества (нерегулируемого) теплоносителя, проходящего через водяные калориферы, посредством регулирующего клапана типа 29ч931нв, моторным ИМ типа ПР-1М и включаемым ступенчатым импульсным прерывателем.

Предусмотрена автоматическая защита водяных калориферов от замораживания.

Оборудование ПВУ в связи с малой эффективностью имеет ограниченное применение.

Частоту вращения электропривода вентилятора можно изменить только вручную, теплопроизводительность – пропорциональным регулятором. Предусмотрена защита теплообменника от размораживания [2].

В качестве вытяжной системы вентиляции оборудования «Климат-2» и «Климат-3» используется комплект оборудования «Климат-4».

При использовании в приточных системах вентиляции для нагрева воздуха ТЭНов теплопроизводительностью приточных установок (СФОЦ, СФОА) управляют ступенчато. Воздухопроизводительность установок постоянна.

Оборудование АЭСМ состоит из двух высоконапорных вентиляторов, электронагревателей и шкафа управления. Теплопроизводительность изменяется ступенчато, при помощи терморегулирующего прибора типа ТЭЗП, воздухопроизводительность — подключением второго вентилятора, регулирующим прибором типа СПР по влажности воздуха внутри помещения.

Недостатком систем «Климат-2», «Климат-3», СФОА является то, что управление приводами вентиляторов, а соответственно воздухопроизводительностью системы вентиляции производится вручную.

В оборудовании АЭСМ воздухопроизводительность меняется в зависимости от влажности воздуха внутри помещений, однако

датчики влажности в аммиачной среде выходят из строя и система управления становится неработоспособной.

### **Синтез системы управления микроклимата в животноводческих помещениях и птичниках**

К системам вентиляции предъявляются определенные требования — они должны создавать в различные периоды года, необходимый воздухообмен на единицу живой массы, животных (птицы) и обеспечивать равномерное распределение и циркуляцию воздуха внутри помещения, чтобы не было мест застоя и скопления влажного запертого воздуха («мертвых зон»).

Режимы работы вентиляционно-отопительного оборудования на протяжении всего года принято условно делить на три периода.

**Холодный период** охватывает сезон, когда вследствие низкой температуры наружного воздуха, тепла, вырабатываемого животными и птицей, не хватает для поддержания в помещениях необходимой температуры воздуха. С целью экономии тепла воздухообмен должен быть минимальным. Вследствие низкого влагосодержания холодного наружного воздуха в помещении наблюдается малая относительная, влажность. Воздухообмен определяется по условию удаления углекислоты, и лишь при небольших холодах — избытков влаги.

**Переходный период** охватывает весенний и осенний сезоны, в течение которых относительная влажность воздуха увеличивается по сравнению с холодным периодом. Температура принимает значение в промежутках от 0 до плюс 10°С. В этот период в зависимости от вида и возраста животных и птицы может наблюдаться как дефицит, так и избыток тепла, следовательно, действие дополнительного обогрева может иметь как регулярный, так и непостоянный характер, или отопительная система может не использоваться вовсе. Вследствие увеличенного влагосодержания наружного воздуха воздухообмен в переходный период определяется из условий удаления избыточной влаги или излишков тепла.

**Теплый период** соответствует летнему сезону, когда помещение не требует дополнительного обогрева, а, наоборот, в таких помещениях образуются излишки тепла, которые необходимо удалять при помощи резкого увеличения воздухообмена.

В дополнение к сказанному в таблице 11 приведены данные по воздухообмену в птичнике на 12 тысяч кур несушек.

Таблица 11 – Данные по воздухообмену в птичнике на 12 тысяч кур несушек

Количество воздуха, необходимого для удаления вредности и тепла из птичника, м <sup>3</sup> /ч	Периоды года		
	холодный	переходной	теплый
по углекислоте	16000	16000	16000
по свободному теплу	—	44700	99500
по влаге и теплу	—	31300	14500
по влаге	12500	—	—

Из чего следует, что при температуре наружного воздуха ниже 0 °С воздухообмен в животноводческих помещениях и птичниках минимальный, постоянный и определяется из условий удаления углекислоты. В переходный период воздухообмен плавно увеличивается и в начале периода определяется из условий удаления влаги, а в конце - из условий удаления тепла. В теплый период года воздухообмен резко увеличивается и определяется по температурному режиму внутри помещений. Так, увеличение воздухообмена для птичников по сравнению с зимним периодом 6-8. кратное, для свинарников 2,5-3 кратное.

Исходя из вышесказанного, оптимальная по технологическим и экономическим критериям будет являться САУ, представленная на рисунке 22, где воздухообмен в помещениях обеспечивается: в зимний период посредством датчика *QE* и регулирующего прибора *QC* концентрации CO<sub>2</sub> в помещениях; в переходный период посредством датчика *ME* и регулирующим прибором *MC* влажности

воздуха и в летний период посредством датчика *TE* и регулирующего прибора температуры *ТС*.

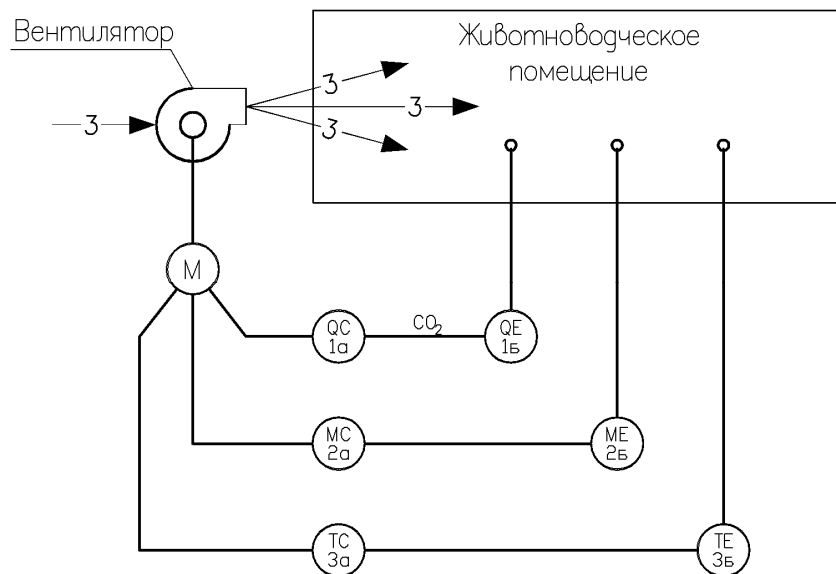


Рисунок 22 – САУ микроклимата

Способ регулирования (позиционное или непрерывное) определяется:

- технологическими требованиями к качеству регулирования;
- динамическими характеристиками ОУ;
- типом управляющего; устройства, допускающим позиционное или плавное управление регулирующим органом (РО).

Позиционные регуляторы являются наиболее простыми и удобными, поэтому им отдается предпочтение в случаях, если они удовлетворяют качеству регулирования.

При выборе регулятора по принципу действия прежде всего обращают внимание на то, какое управление допускает конструктивное исполнение регулирующего органа. Например, асинхронные электроприводы единой серии допускают только позиционное управление, а положение клапанов, задвижек и т.п. может изменяться и плавно. Простейшие двух- и трехпозиционные регуляторы

рекомендуется применять для статических объектов с мало и плавно изменяющейся нагрузкой и относительно небольшим запаздыванием, если допускаются незатухающие колебания регулируемого параметра при соотношениях

$$\tau / T_0 < 0,2, \quad (16)$$

$$\tau = \tau_{po} + T_{po} + \tau_o, \quad (17)$$

где  $\tau_o, \tau_{po}$  - запаздывание в РО и ОУ;

$T_{po}, T_o$  - постоянная времени емкостного РО и ОУ.

При соотношении  $\tau / T_0 < 1,0$  рекомендуются регуляторы непрерывные.

В процессе проектирования САУ и выбора технических средств автоматики появляется еще один фактор – отсутствие датчиков и в основном их первичных преобразователей. Особенно остро этот вопрос стоит в сельскохозяйственном производстве с его специфическими требованиями, которые часто не позволяют использовать датчики общепромышленного назначения.

Рассмотрим вопросы синтеза САУ (САР) применительно к нашему случаю.

Параметры микроклимата в животноводческих помещениях и птичниках устанавливаются в соответствии с нормативными параметрами [11].

В таблице 12 приведены допустимые отклонения параметров микроклимата в животноводческих и птицеводческих помещениях, которые не ведут к экономическому ущербу.

Таким образом, технологическими требованиями допускаются незатухающие колебания регулируемого параметра.

Таблица 12 - Допустимые отклонения параметров микроклимата в помещениях

Наименование помещений	Допустимые отклонения		
	концентрации	влажности, %	температуры воз-

	CO <sub>2</sub> , %		духа, °С
коровники	<0,25	35	2 – 3
птичники	<0,2	10	2 – 3
свинарники	<0,2	30	4 – 6

По каналу регулирования влажности и концентрации газов динамическую характеристику ОУ можно представить апериодическим звеном первого порядка  $W(p) = k_o / (T_o p + 1)$ , так как емкостью ОУ является только воздушная среда помещения и статизм этих объектов связан с зависимостью потоков влаги и газов с вентиляционным воздухом от регулируемой величины и концентрации их в воздушной среде.

Учитывая, что  $\tau \ll T_o$ , то и по динамическим характеристикам ОУ допускается позиционное регулирование.

Таким образом, по критериям технологических требований, динамических характеристик. ОУ и выбора типа управляющего устройства для обеспечения воздухообмена в животноводческих помещениях и птичниках с заданным качеством управления можно применить позиционное регулирование, однако, в настоящее время отсутствуют работоспособные первичные преобразователи CO<sub>2</sub> и влажности воздуха для условий эксплуатации в аммиачной среде животноводческих помещений и птичников.

В таких случаях при разработке САУ можно использовать метод косвенного управления исполнительными устройствами (приводом вентилятора).

В связи с отсутствием датчиков концентрации CO<sub>2</sub> и влажности величину воздухообмена определяют расчетным путем для конкретного поголовья животных и птицы.

Выполнив расчеты вентиляции на удаление влаги и углекислоты, сравнивают полученные результаты и выбирают большее значение воздухообмена. Это и будет расчетный режим вентиляции. Как показывают практические расчеты в холодный период года воздухообмен: минимальный и его можно выполнить по условию удаления избыточ-

ной углекислоты. В переходный период в связи с тем, что влажность наружного воздуха увеличивается, увеличивается в 2-3 раза воздухообмен, но в данном случае его следует выполнять по условию удаления избыточной влаги.

В жаркое время за счет тепла, выделяемого животными и птицей, в помещении образуется значительный избыток тепла. Наиболее просто снижение повышения температуры достигается путем усиленной вентиляции, максимальный режим вентиляции рассчитывается так, чтобы летом в жаркую погоду обеспечить температуру воздуха внутри помещения не более чем на 5°C выше температуры наружного воздуха.

Для этого, кратность воздухообмена увеличивается в несколько раз по сравнению с зимним периодом.

Так в птичниках для кур-несушек летом подачу воздуха по сравнению с зимой увеличивают в 3–5 раз, а в птичниках для выращивания бройлеров в 6–10 раз.

Если в максимальном режиме вентиляции температура превысит плюс 33 °С, необходимо применять средства для дополнительного охлаждения воздуха.

При расчете вентиляции на удаление излишков влаги и углекислоты или излишков тепла летом одновременно выполняются условия и по удалению всех вредных газов. Их концентрация при такой вентиляции не превысит установленных норм [12].

Таким образом, определив расчетным путем режим вентиляции в зимний, переходный и теплый периоды года можно посредством трехпозиционного регулирующего прибора температуры автоматически менять воздухо-производительность центробежных вентиляторов только ступенчато.

При проектировании системы, воздухораспределения следует учитывать тот фактор, что воздухопроизводительность одного воздуховода нельзя увеличивать более чем в два раза, в связи с чем в помещениях, где воздухообмен превышает 2-х кратную величину,

раздачу воздуха следует производить по двум воздуховодам и в качестве привода вентиляторов использовать многоскоростные электродвигатели.

Требования к качеству регулирования температуры в животноводческих, птицеводческих и других помещениях зависят от вида и возраста животных или птиц и определяются нормами технологического проектирования.

Для КРС отклонение от расчетной температуры в зимнее время не должно превышать  $\pm 2$  °С, а в теплый период года (при температуре плюс 10 °С и выше) температура воздуха внутри помещения не должна быть более чем на 5 °С выше расчетной наружной температуры для проектирования вентиляции.

Расчетная зимняя температура в зависимости от возраста КРС находится в пределах 3 до 15 °С.

Для свиноводческих помещений расчетная зимняя температура находится в пределах от 16 до 20 °С, в зависимости от назначения помещений.

Расчетная зимняя температура в птицеводческих помещениях зависит от вида птицы, способа ее содержания и возраста. Она должна находиться в пределах от 7 до 16 °С.

При исследовании объекта учитывают температуру внешней среды, ветер, солнечную радиацию и другие факторы. Выходной величиной управляемого объекта является температура внутри помещения  $\theta_o$ , а входной - подача тепла или пропорциональное положение РО. На температуру в помещении влияют температура наружного воздуха  $\theta_n$ , изменение потерь теплоты через ограждения, тепловыделения животных или птицы и другие возмущения. Уравнение теплового баланса объекта в установившемся режиме имеет вид

$$nq_o = c\rho G_o(\theta_o - \theta_n) + k_m S(\theta_o - \theta_n), \quad (18)$$

где  $n$  - число животных (птицы) в помещении;

$q_o$  - тепловыделения животных (птицы);

$c$  - теплоемкость воздуха;

$\rho$  - плотность воздуха;

$k_m$  - коэффициент теплопередачи ограждений;

$S$  - площадь ограждений.

Преобразуя уравнение, получаем выражение для температуры внутри помещения в установившемся режиме

$$\theta_s = \theta_n + \frac{nq_o}{c\rho G_o + k_m S} \quad (19)$$

Коэффициент передачи объекта определяется выражением

$$k_o = \frac{d\theta_s}{dG} = \frac{nq_o c \rho}{(c\rho G_o - k_m S)^2} \quad (20)$$

В первом приближении управляемый объект можно, представить апериодическим эвенном первого порядка и звеном чистого запаздывания. Передаточная функция объекта имеет вид

$$W(p) = \frac{k_o}{T_o p + 1} e^{-\tau_o p} \quad (21)$$

Ориентировочные значения коэффициентов передаточной функции для усредненных помещений; и способов вентиляции, полученные аналитическим путем, приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Коэффициенты передаточной функции

Здание	$k_o$	$T_o, c$	$\tau_o, c$
Молочная ферма на 400 голов	1,4	500	40
Откормочник молодняка крупного рогатого скота 2-го периода	0,9	200	20
Свинарник - откормочник	1,5	300	30
Птичник на 10 тыс. голов	0,8	250	20

## Содержание отчета

1. Схемы автоматизации микроклимата в животноводческих помещениях и птичниках (при обогреве помещений электрокалорифером и водяным калорифером). Предусмотреть трехступенчатое регулирование воздухообмена (в зимний период включается венти-

лятор  $N_1$ , в переходный - вентилятор  $N_2$ , в летний - оба вентилятора). Предусмотреть защиту водяного калорифера от замерзания.

2. Полную принципиальную электрическую схему управления оборудованием САУ микроклимата животноводческих помещений при обогреве электрокалорифером (соответственно оборудованию стенда).

### **Контрольные вопросы**

1. Сформулируйте понятие косвенного управления оборудованием.
2. Какие принципы регулирования Вы знаете и каким образом они определяются?
3. Каковы две группы законов регулирования? Каким образом выбрать закон регулирования?
4. Каким образом влияет на технико-экономические показатели производства животноводческой и птицеводческой продукции применение САУ микроклимата с позиционным и непрерывным регулированием параметров?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8**

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫТЯЖНЫХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ**

**Цель работы:** изучение типовых решений по автоматизации вытяжных систем вентиляции; освоение методики определения характеристик регулятора; изучение возможностей использования преобразователя частоты в системах вентиляции и управления им с помощью контроллера.

**Оборудование занятий:** стенд с техническими средствами автоматизации; осевой вентилятор с электроприводом типа Д80; контрольно-измерительные приборы; справочные материалы.

Время выполнения работы – 2 часа.

#### **Вопросы предварительного контроля**

1. Перечислите состав оборудования системы вытяжной вентиляции.
2. Приведите основные технические характеристики преобразователя частоты Hitachi SJ100.
3. Приведите основные технические характеристики  $\alpha$ -контроллера.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Изучив общие сведения и описание преобразователя частоты (приложение 4), разработайте принципиальную схему управления вытяжным вентилятором: а) по показаниям датчика температуры, подключенного к преобразователю частоты; б) по показаниям датчика температуры, подключенного к контроллеру ( $\alpha$ ), который управляет преобразователем частоты.
2. Снимите расходную характеристику, для чего:  
- подать напряжение на стенд, автоматическим выключателем SF1, далее на преобразователь частоты тумблером SA;

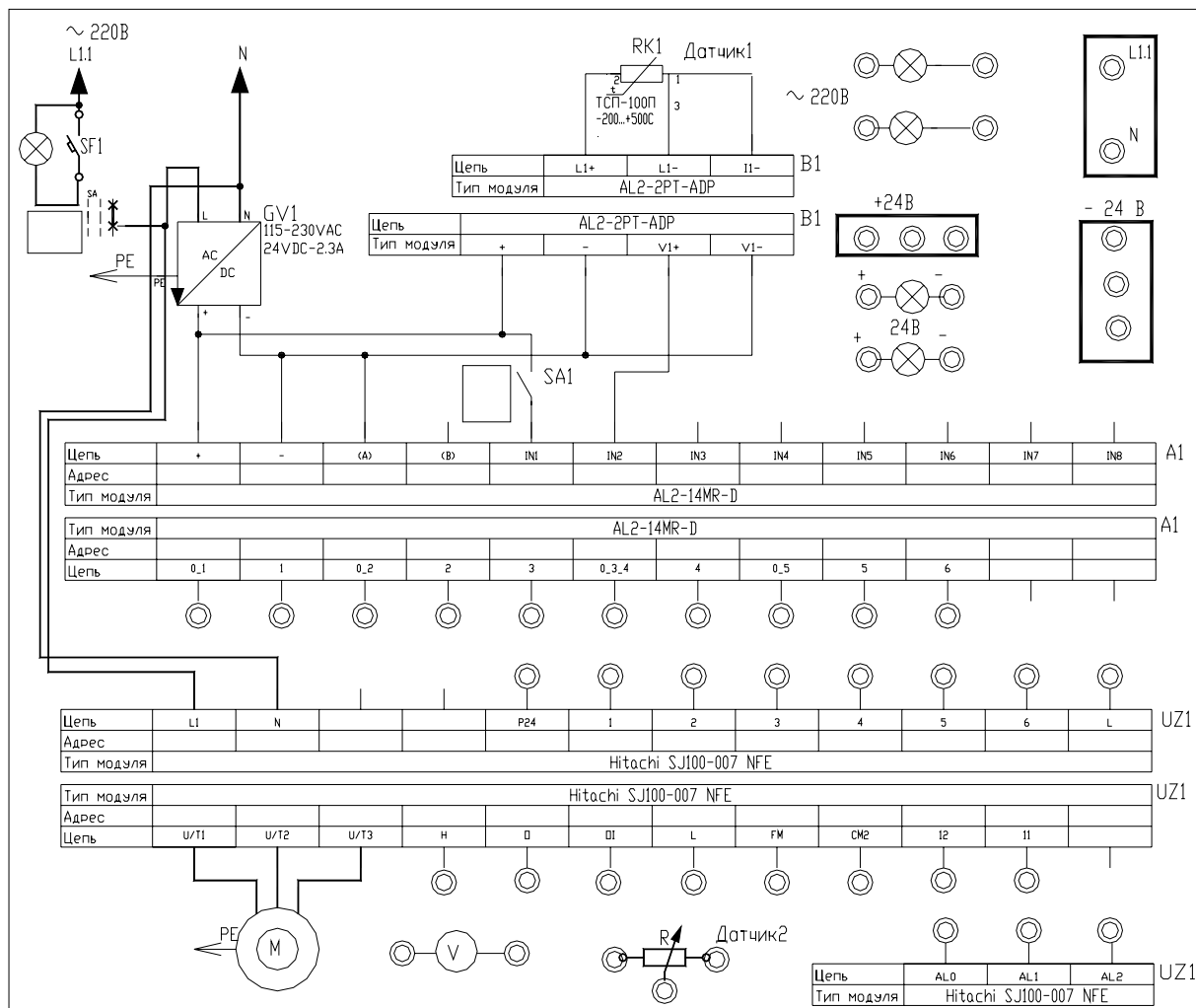


Рисунок 23 – Наборное поле

- вращая ручку встроенного потенциометра преобразователя в таблице 14 фиксировать напряжение и угол отклонения полоски индикатора;

- снять напряжение со стенда.

3. Построить расходную характеристику  $Q=f(f)$ , рассчитав частоту и расход воздуха по тарифовочным справочным таблицам.

Таблица 14 – Данные для расчета расходной характеристики

U, В	$\alpha$ , °	f, Гц	Q, м <sup>3</sup> /ч	U, В	$\alpha$ , °	f, Гц	Q, м <sup>3</sup> /ч

4. Вместо датчика подключите потенциометр R в соответствии со схемой подключения (приложение 4), проверьте ее с преподавателем, задайте код 01 функции задания частоты A01 (приложение 4) и снимите расходную характеристику для этого случая. После задания кода функции A01 верните на дисплей инвертора индикацию частоты функцией d01.

5. Соберите схему управления с контроллером на наборном поле, проверьте ее с преподавателем, задайте коэффициенты минимальной, средней и максимальной частоты (c01...c04), опробуйте схему в работе и заполните таблицу 15.

Таблица 15 – Параметры системы вентиляции

Уровень воздухообмена	Коэффициент	Значение	U, В	$\alpha$ , °	f, Гц	Q, м <sup>3</sup> /ч
минимальный						
средний						
максимальный						

6. Определите статистическую характеристику устройства управления «Климатика», для чего:

- подключите к устройству «Климатика» вместо датчика температуры магазин сопротивлений;

- установите ручку «установка температуры» на панели управления устройства «Климатика» в одно из значений температуры;

- используя характеристики термопреобразователей, приведенных в [13], определите «цену»  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  в сопротивлении преобразователя;
- подайте напряжение на устройство управления «Климатика»;
- установите сопротивление магазина сопротивлений на величину, соответствующую значению температуры установленной рукояткой – «установка температуры»;
- снимите показания частоты вращения электродвигателя с индикатора тахометра;
- одновременно с этими показаниями по осциллограмме определите угол открытия тиристора;
- изменяя сопротивление индикатора термопреобразователя, определите изменение частоты вращения электродвигателя;
- показания измерений занесите в таблицу;
- используя регулировочные характеристики вентиляторов серии ВО, приведенные в [12], постройте статическую характеристику устройства управления «Климатика»  $Q = f(t)$ ; статическую характеристику устройства «Климатика» постройте для трёх значений установки рукоятки – «установка температуры»;
- постройте характеристику  $n = f(\alpha)$ , где  $n$ - частота вращения вентилятора,  $\alpha$  – угол открытия тиристора.

### **Общие положения**

На современных животноводческих и птицеводческих фермах, комплексах в результате внедрения новой промышленной технологии производства продукции значительно усложнилось взаимодействие организма животного и птицы с внешней окружающей средой. При большой концентрации животных и птицы осложнилась задача создания в помещении оптимального микроклимата - температуры, влажности, скорости движения и газового состава окружающего воздуха, наличие пыли и микроорганизмов, уровня радиации, ионизации, а также освещения, давления и прочее.

Создание оптимальных зоогигиенических условий в животноводческих и птицеводческих помещениях можно только при осуществлении рациональной системы вентиляции.

По принципу действия и конструктивным особенностям системы вентиляции подразделяются на следующие типы: естественная вентиляция, вентиляция с механическим побуждением тяги и вентиляция комбинированного типа.

Вентиляция с механическим побуждением тяги является наиболее эффективной. Ее используют в крупных животноводческих и птицеводческих помещениях.

Вентиляция с механическим побуждением разделяется на приточные и вытяжные.

Применение механических систем вентиляции позволяет предотвратить задувание воздуха через вытяжные шахты и окна и обеспечить более равномерное температурное поле внутри помещений.

При расчете воздухообмена производительность на притоке должна на 15...20% превышать производительность вытяжной системы вентиляции, в противном случае в помещении будет образовываться разрежение воздуха, вследствие чего через всевозможные щели, неплотности, двери и т. п. внутрь помещения вместе с воздухом засасывается пыль, несущая бактерии.

Для эффективной работы системы вентиляции в широкогабаритных птичниках вытяжка воздуха осуществляется через отверстия в продольных стенах на уровне 0,8-1,0 м от пола в шахматном порядке на расстоянии не более 6 м один от другого.

Для вытяжки воздуха используются электродвигатели с плавным регулированием частоты вращения [12] в широких пределах изменением напряжения питания электродвигателя.

Система автоматического регулирования вентиляционных установок должна обеспечить поддержание заданной температуры в помещении.

Требования к качеству регулирования температуры в животноводческих, птицеводческих и других помещениях зависят от вида и возраста животных и птиц и определяются нормами технологического проектирования.

Расчётная зимняя температура в птичниках должна находиться в пределах 7–16 °С. В тёплый период года расчётная температура воздуха внутри помещений для содержания птицы не должна быть более чем на 5 °С выше температуры наружного воздуха, но не более 33 °С.

Таким образом, с повышением температуры наружного воздуха летом производительность вытяжных вентиляторов повышается в несколько раз, что видно из рисунка 24.

Для автоматического управления системой вентиляции в птичниках и других помещениях используются станции управления «Климат – 4» [2, 12], МКВАУ и «Климатика» [15].

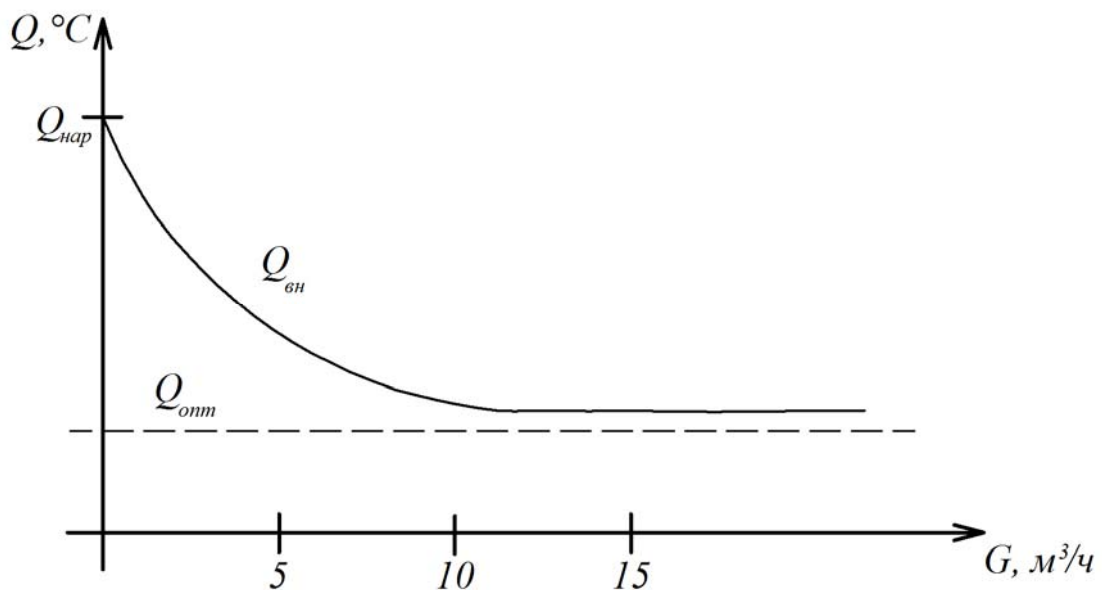


Рисунок 24 – Зависимость температуры внутри помещения  $Q_{вн}$  от интенсивности воздухообмена  $G$

## Содержание отчета

1. Схемы автоматизации вытяжных систем вентиляции «Климатика» и реализуемой на лабораторном стенде.

2. Принципиальные схемы управления системами вытяжной вентиляции.
3. Заполненные таблицы и расходные характеристики.
4. Статическая характеристика устройства управления «Климатика».
5. Характеристика  $n=f(\alpha)$  устройства «Климатика».

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Раскройте принцип действия устройств «Климат – 4», МКВАУ и «Климатика».
2. Определите закон регулирования, обеспечиваемый устройствами «Климат – 4», МКВАУ и «Климатика».
3. Проведите сравнительный анализ изученных устройств управления вытяжной вентиляции.
4. Какие типы регуляторов вы ещё знаете?
5. Назовите параметры настройки регуляторов непрерывного действия.
6. С какими объектами могут быть заблокированы изученные вами регуляторы?
7. Объясните понятие — «статизм объекта управления».
8. Можно ли реализовать закон плавного управления с помощью преобразователя частоты? Если да, то объясните принципы настройки преобразователя частоты.
9. Каковы принципы реализации управления преобразователем частоты с помощью контроллера?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9**

### **ИЗУЧЕНИЕ И РАЗРАБОТКА САУ РАЗДАЧИ КОРМА**

**Цель работы:** изучение типовых решений по автоматизации кормления животных и птицы; освоение методики разработки схем автоматизации технологического процесса (ТП) и синтеза САУ поточных технологических линий.

**Оборудование занятий:** методическое руководство, справочные материалы, стенд с набором закрепленных элементов САУ и исполнительных устройств технологической линии раздачи корма птице.

Продолжительность работы – 4 часа.

#### **Вопросы предварительного контроля**

1. Каковы виды кормления животных и птицы?
2. Какие требования предъявляют к кормораздающим устройствам?
3. Каковы разновидности структур технологических линий, используемых в хозяйствах?

#### **Порядок выполнения работы**

##### **Занятие 1.**

1. Ознакомьтесь с описанием работы установок для раздачи корма КРС [5, с. 444-455] и птице [2, стр. 232-242]. Разработайте для этих установок схемы автоматизации технологических процессов.
2. Ознакомьтесь с описанием работы установки для раздачи корма (приведенном ниже), технологическая схема которой имитируется на стенде (рис. 25). Совместно с преподавателем опробуйте линию в работе и заполните технологическую карту функционирования оборудования, где знаком «+» следует отметить включение оборудования в работу и «-» – отключение.

Таблица 16 – Технологическая карта функционирования оборудования линии кормораздачи в птичнике

Оборудование	Последовательность тактов					
	1	2	3	4	5	6
Раздаточный транспортер						
Привод подъема ограничителей корма						
Привод опускания ограничителей корма						

Зафиксируйте в отчете основные требования к САУ кормораздачи, в которых следует отразить, каким образом линия запускается в работу, какие режимы работы оборудования линии, особенности работы оборудования в конкретных режимах.

3. Определите набор параметров, подлежащих контролю и регулированию, зафиксируйте состав датчиков и командоаппаратов, необходимых для реализации алгоритма функционирования оборудования технологической линии. Примите и расшифруйте в отчете буквенные обозначения командоаппаратов и исполнительных устройств.

4. Разработайте схему автоматизации данного технологического процесса; составьте символическую запись алгоритма управления; проверьте алгоритм и сделайте выводы о правильности составления и реализуемости.

### **Занятие 2.**

5. Разработайте структуру управления. Для этого составьте частные таблицы включения для каждого исполнительного элемента, запишите структурную формулу контактов и упростите ее с помощью таблицы покрытий. Затем необходимо свести частные структурные формулы в полную структурную схему, проверить работу схемы в целом, при необходимости устранить ложные цепи срабатывания [16, с. 55-69].

6. Переведите структурную схему управления в полную принципиальную схему управления ТП в соответствии с набором элементов САУ, закрепленных на стенде.

7. Согласуйте принципиальную схему управления ТП с преподавателем. Убедитесь, что стенд обесточен. Произведите коммутацию элементов САУ в соответствии с разработанной принципиальной электрической схемой.
8. Совместно с преподавателем проверьте правильность коммутации элементов САУ, подайте напряжение на схему управления, опробуйте её работу.
9. Обесточьте стенд, убедитесь в отсутствии напряжения в цепях САУ, разберите схему управления.

### **Описание работы установки раздачи корма птице**

Линия раздачи корма (рис. 25) состоит из бункера-накопителя сухих кормов, распределительного транспортера и групповых кормушек, оборудованных ограничителями.

Включают линию в работу по заданной программе контакты суточного реле времени. Включение контактов кратковременное (на стенде контакты суточного реле времени имитируются тумблером).

Если корм в бункере-накопителе имеется и ограничители установлены в нижнее положение на тарелки, включается привод распределительного транспортера. Кормушки поочередно заполняются кормом. После заполнения последней в технологической линии кормушки, привод распределительного транспортера отключается, и с кормушек автоматически снимаются ограничители. Обеспечивается свободный доступ птицы к корму.

Схема управления должна осуществлять: отключение приводов при не завершении процесса раздачи с подачей светового сигнала, управление линией в автоматическом режиме, отключение исполнительных органов при кратковременном снятии со схемы напряжения питания без последующего автоматического включения при его появлении.

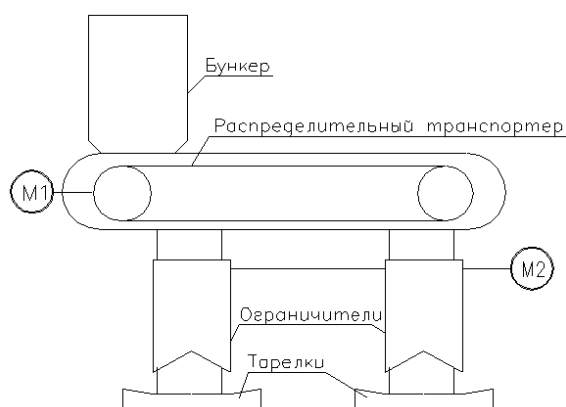


Рисунок 25 – Упрощенная технологическая схема линии раздачи корма птице

### Содержание отчета

1. Схемы автоматизации ТП по описаниям, приведенным в [2, 5] и в методическом руководстве.
2. Заполненная технологическая карта, требования к САУ кормораздачи, обозначения командоаппаратов и исполнительных устройств, необходимых для реализации алгоритма функционирования оборудования ТП и расшифровка обозначений.
3. Алгоритм, необходимые выводы, структура управления и принципиальная схема управления технологической линией, описание которой приведено в методическом руководстве с описанием работы схемы.
4. Вывод по результатам лабораторной работы.

### Контрольные вопросы

1. Объясните целесообразность автоматического включения технологической линии раздачи корма.
2. Сформулируйте технологические требования к САУ раздачи корма птице.
3. Перечислите достоинства и недостатки приведенных в литературе технологических линий кормораздачи.
4. Какие требования не реализует САУ кормораздачи, реализованная на стенде, и каковы пути их устранения?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

### ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

**Цель работы:** уяснить устройство, принцип действия и автоматизации холодильных установок, освоить методику экспериментального исследования холодильной камеры как объекта регулирования, настройки параметров позиционных регуляторов.

**Оборудование занятий:** холодильная установка, измерительная и регистрирующая аппаратура, справочные материалы.

Продолжительность работы – 2 часа.

#### Вопросы предварительного контроля

1. Каков принцип работы холодильных установок?
2. Дайте определение позиционных законов регулирования.
3. Перечислите параметры настройки позиционных регуляторов.

#### Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с описанием холодильного шкафа и уясните назначение основных регулировочных органов.
2. Установите рукоятку термореле на одну из отметок.
3. Используя измеритель влажности и температуры зафиксируйте исходную температуру в холодильном шкафу. Приготовьтесь снимать данные, используя таблицу 17.

Таблица 17 – Динамическая характеристика холодильного шкафа

$\tau, \text{с}$	0	60	120	180	240	300	360	420	...
$t, \text{°C}$									

4. Включите в сеть вилку и заполните таблицу, снимая показания температуры с периодичностью в 1 минуту. Данные снимают, пока не будет профикирован цикл работы компрессора (следить, когда отключится компрессор и затем снова включится).

5. При достижении установившейся температуры записать время выключения компрессора и фактическую температуру, при которой произошло отключение  $t_{\text{ост}}$  (таблица 18).
6. Наблюдая изменения температуры в камере, определить время запаздывания  $\tau_{\text{др}}$  и зафиксировать время изменения знака приращения температуры (точка Е на рис. 30).
7. Снять переходной процесс нерабочей части цикла, записав время пересечения графиком  $t_{\text{ост}}$ , определить время  $\tau_{\text{дн}}$ , записать время включения компрессора и фактическую температуру,  $t_{\text{пуск}}$ , определить время задержки  $\tau_{\text{дн}}$ .
8. По снятым данным постройте переходную характеристику  $T=f(t)$ . Нанесите на график характерные точки.
9. Определите значения постоянных времени  $T$  для рабочей и нерабочей части цикла.
10. По полученным экспериментально-расчетным данным определите значение дифференциала регулятора температуры в соответствии с (45) и (46).
11. Определите относительные длительности  $\tau_{\text{ор}}$  и  $\tau_{\text{он}}$ , коэффициент нагрузки  $\alpha$  и относительный дифференциал  $\beta$ . Произведите проверку расчетов по (41).
12. Определите частоту циклов с учетом (34) и (42).

Таблица 18 – Расчетные данные

Параметр	Обозначение	Значение
Температура, при которой произошло отключение компрессора	$t_{\text{ост}}, ^\circ\text{C}$	
Время выключения компрессора	$\tau_{\text{ост}}, \text{c}$	
Время запаздывания (рис. 30)	$\tau_{\text{др}}, \text{c}$	
Время задержки (рис. 30)	$\tau_{\text{др}}, \text{c}$	
Температура, при которой произошло включение компрессора	$t_{\text{пуск}}, ^\circ\text{C}$	
Время включения компрессора	$\tau_{\text{пуск}}, \text{c}$	
Время запаздывания (рис. 30)	$\tau_{\text{дн}}, \text{c}$	
Время задержки (рис. 30)	$\tau_{\text{дн}}, \text{c}$	
Постоянная времени РЧЦ	$T_{\text{р}}, \text{c}$	
Постоянная времени НЧЦ	$T_{\text{н}}, \text{c}$	
Дифференциал для РЧЦ	$x_{\text{р}}, ^\circ\text{C}$	

Дифференциал для НЧЦ	$x_p, ^\circ\text{C}$	
Относительная длительность для РЧЦ	$\tau_{op}$	
Относительная длительность для НЧЦ	$\tau_{он}$	
Коэффициент нагрузки	$\alpha$	
Относительный дифференциал	$\beta$	
Длительность полного цикла	$\tau_{ц}, \text{с}$	
Частота циклов	$f, 1/\text{ч}$	

### Общие сведения

Принцип работы холодильных установок заключается в отборе тепла из теплоизоляционной камеры и выводе в окружающую среду. Наиболее распространенный принцип охлаждения камеры за счет испарения легкокипящей жидкости, например, фреона.

Из объединенного газового закона следует:

$$\frac{PV}{T} = const \quad (22)$$

Поскольку при испарении резко возрастает объем  $V$  хладагента, то это сопровождается понижением его температуры.

Для возвращения в жидкое состояние давление фреона повышается с помощью компрессора, при этом происходит конденсация хладагента, а затем происходит испарение. Непрерывный процесс конденсации и испарения позволяет значительно понизить температуру испарителя. Нагревающийся до значительной температуры конденсатор охлаждается окружающим воздухом.

Обобщенную схему холодильной установки можно представить схемой рисунка 26. Целью терморегулирования является поддержание заданной температуры объекта управления.

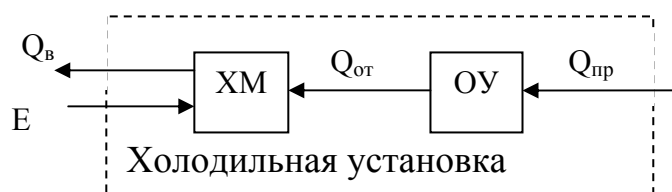


Рисунок 26 – Схема холодильной установки: ХМ – холодильная машина, ОУ – объект управления,  $Q_{пр}$  – поток тепла, приходящий извне, либо выделяющийся внутри объекта,  $E$  – энергия от внешнего источника,  $Q_{от}$  – отток тепла,  $Q_v$  – выводимое тепло

С помощью холодильной машины от объекта отводится количество тепла  $Q_{от}$ . При этом за счет энергии от внешнего источника  $E$  в среду выводится тепло  $Q_{в}$ . Для поддержания заданной температуры необходимо обеспечить соответствие между  $Q_{от}$  и  $Q_{пр}$ . Тепло, отбираемое в единицу времени от объекта:

$$Q_{om} = kF_{om} (t - t_{pm}) \quad (23)$$

Тепло, отводимое рабочим телом (хладагентом):

$$Q_{pm} = G_{pm} (i_{вых} - i_{ex}) \quad (24)$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи, ккал/м<sup>2</sup>ч·град;

$F_{от}$  – площадь поверхности теплопередающего устройства, м<sup>2</sup>;

$t$  – средняя температура объекта, град;

$t_{рт}$  – температура рабочего тела (хладагента), град;

$i_{вх}, i_{вых}$  – теплосодержание рабочего тела на входе и выходе из теплопередающего устройства, ккал/кг;

$G_{рт}$  – расход рабочего тела (хладагента), кг/ч.

В установившемся режиме:  $Q_{om} = Q_{pm}$ , поэтому:

$$t_{pm} = t - \frac{G_{pm}}{kF_o} (i_{вых} - i_{ex}) \quad (25)$$

В охлаждаемую камеру холодильника тепло поступает различными путями: через стенки камеры –  $Q_1$ , с грузом, вносимым в камеру –  $Q_2$ , с эксплуатационными потоками от освещения, работы электродвигателей –  $Q_3$ .

$$Q_{пр} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (26)$$

$$Q_1 = \lambda F_o (t_u - t) \quad (27)$$

$$Q_2 = G_m (i_1 - i_2) \quad (28)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопередачи, ккал/м<sup>2</sup>ч·град (для высокоэффективных теплоизоляционных материалов  $\lambda=0,03\dots0,15$  ккал/м<sup>2</sup>ч·град);

$F_o$  – площадь ограждения;

$t_u, t$  – температура наружного и внутреннего воздуха, град;

$i_1, i_2$  – теплосодержание продукта до и после охлаждения, ккал/кг;

$G_{\text{рт}}$  поток груза через камеру, кг/ч.

Теплоприток  $Q_3$  определяется мощностью электрических установок находящихся внутри камеры.

Как объект управления холодильная камера может быть описана с помощью уравнения теплового баланса:

$$CM = \frac{dt}{d\tau} \sum Q_j \quad (30)$$

где  $C$  – теплоемкость охлаждаемых тел, ккал/кг·град;

$M$  – масса охлаждаемых тел, кг;

$\sum Q_j$  – сумма потоков тепла, действующих на холодильную камеру, ккал/ч.

Подставим в (30) значения потоков тепла (23), (27) и (28):

$$CM \frac{dt}{d\tau} = \lambda F_o (t_u - t) + Q_2 + Q_3 - Q_{om} \quad (31)$$

$$\text{Откуда } T_p = \frac{dt}{d\tau} + t = t_u + k_o (Q_2 + Q_3) - k_1 t_{pm}, \quad (32)$$

где  $T_p = \frac{CM}{\lambda F_o + kF_{mo}}$  – постоянная времени камеры, ч;

$$k_o = \frac{1}{\lambda F_o};$$

$$k_1 = \frac{1}{kF_{mo} + 1}.$$

Таким образом, структура объекта управления может быть представлена схемой рисунка 27.

Полученное выражение (32) справедливо для режима охлаждения (при включенном компрессоре). При отключенном компрессоре  $G=0$  и тогда постоянная времени объекта:

$$T_u = \frac{CM}{\lambda F_o} > T_p \quad (33)$$

Полный тепловой расчет холодильной камеры весьма сложен, поэтому в лабораторной работе постоянные времени определяются экспериментально.

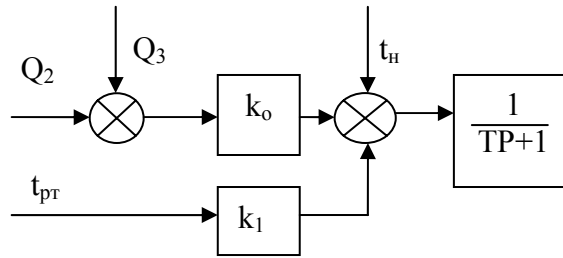


Рисунок 27 – Структурная схема объекта управления

**Автоматическое регулирование температуры в холодильной камере.** Наиболее широко применяемый способ терморегулирования заключается в пуске и остановке компрессора, обеспечивающего циркуляцию хладагента. Таким образом, реализуется двухпозиционное регулирование температуры. В соответствии со схемой автоматизации (рис. 28) температура воздуха в камере  $K$  поддерживается с помощью испарителя  $I$ . Для улучшения условий теплообмена испаритель обдувается вентилятором  $B$ . Схема терморегулирования включает реле температуры  $PT$  с чувствительным элементом  $1a$ , фиксирующем температуру в камере. Схема автоматического управления по сигналу от реле включает магнитный пускатель  $1b$ , запускающий двигатель  $M1$  компрессора  $Km$ . Таким образом, управление температурой производится двухпозиционной системой путем изменения расхода хладагента, который меняется скачкообразно в момент включения и выключения компрессора.

Зависимость температуры хладагента  $t_{рт}$  от температуры объекта  $t$  значительно ухудшает качество регулирования температуры. Поэтому для стабилизации  $t_{рт}$  в схему вводят дополнительный терморегулирующий вентиль  $ТРВ$ , регулирующий  $t_{рт}$  путем дополнительного расхода хладагента. Если считать стабилизирующее действие  $ТРВ$  идеальным, то можно положить  $t_{рт} = \text{const}$ , и тогда структурная схема САУ примет вид рисунка 29. Задержка в нижней цепи обусловлена конечной скоростью распределения хладагента по трубам системы охлаждения. Постоянная времени объекта управления  $T = T_p$  при  $G_{рт} \neq 0$  и  $T = T_{и}$  при  $G_{рт} = 0$ . При включении компрессора на объект управления подается воздействие, определяемое правой частью уравнения (25). Температура

в камере изменяется при этом по экспоненциальному закону (рис. 30) от начальной  $t_{нач}$  до некоторого установившегося значения  $t_y$ .

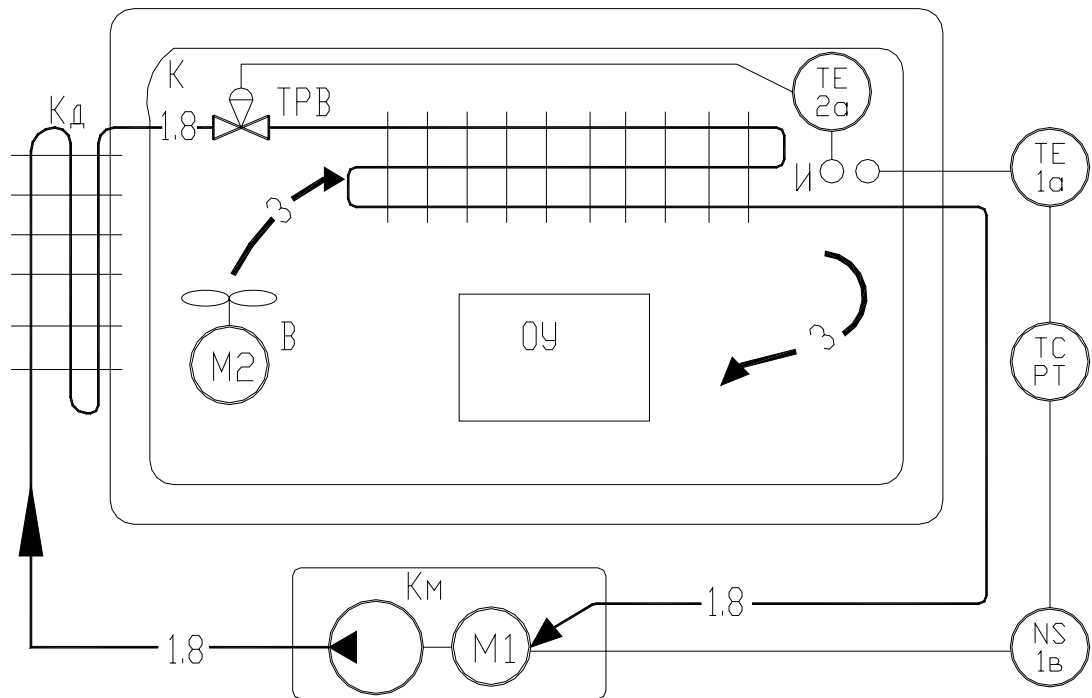
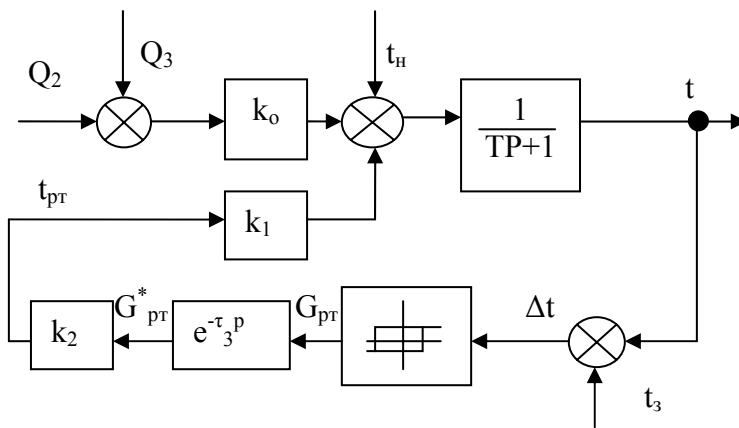


Рисунок 28 – Схема автоматизации управления температурой в холодильной



камере

Рисунок 29 – Структурная схема САУ температуры в холодильной камере

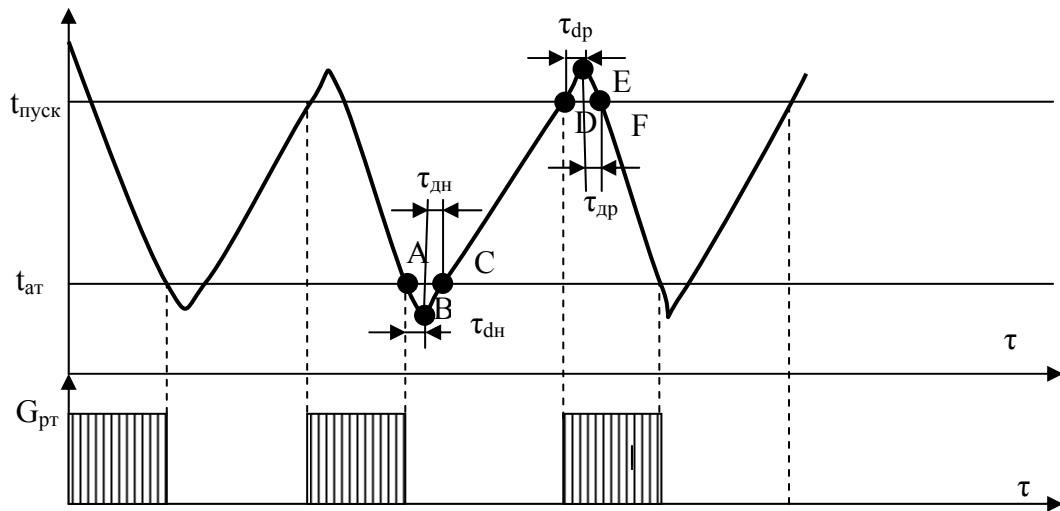


Рисунок 30 – Переходной процесс в холодильной камере

В процессе работы в системе регулирования устанавливаются автоколебания.

Длительность полного цикла:

$$\tau_{ц} = \tau_{р} + \tau_{н}, \quad (34)$$

где  $\tau_{р}$  – время работы компрессора;

$\tau_{н}$  – время нерабочего состояния.

Частота циклов  $f = \frac{1}{\tau_{ц}}$  зависит от дифференциала реле температуры  $\varepsilon = 2 \lambda = t_{пуск} - t_{ост}$ . С уменьшением  $\varepsilon$  увеличивается точность регулирования и частота включения, которую желательно ограничить, поскольку каждый пуск компрессора приводит к переходным процессам в двигателе, к износу контактов пускателя. Обычно задаются частотой циклов при необходимой точности регулирования. Считается допустимым частота включения 5-6 раз в час для малых холодильников и 2-3 для средних и крупных.

**Определение параметров автоколебаний** целесообразно проводить в два этапа. На первом этапе для упрощения задачи пренебрегают запаздыванием, а затем получают уточненные результаты с учетом запаздывания.

График решения дифференциального уравнения (31), описывающего систему регулирования, показан на рисунке 30. Выделим

интервалы времени  $\tau_{op}$  и  $\tau_{он}$ , соответствующие рабочей части цикла (РЧЦ) и нерабочей части цикла (НЧЦ).

Полное время цикла  $\tau_{ц} = \tau_{op} + \tau_{он}$ .

Для РЧЦ изменение температуры происходит в режиме установившихся автоколебаний по закону:

$$t = t_{yp} - (t_{yp} - t_{пуск}) e^{-\frac{\tau}{T_p}} \quad (35)$$

Для НЧЦ:

$$t = t_{yp} - (t_{yp} - t_{ост}) e^{-\frac{\tau}{T_n}} \quad (36)$$

где  $t_{yp}$  – установившееся значение температуры при включенном компрессоре;

$t_{ун}$  – установившееся значение температуры в нерабочем состоянии;

$T_p$  и  $T_n$  – постоянные времени, в общем случае, разные для РЧЦ и НЧЦ;

$\tau$  – текущее время.

Если обозначить заданную температуру через  $t_3$ , то получим:

$$\begin{aligned} t_{пуск} &= t_3 + x \\ t_{ост} &= t_3 - x \end{aligned} \quad (37)$$

Поэтому для моментов пуска и останова:

$$\begin{aligned} t_3 - x &= t_{yp} - (t_{yp} - (t_3 + x)) e^{-\frac{\tau_{op}}{T_p}} \\ t_3 + x &= t_{ун} - (t_{ун} - (t_3 - x)) e^{-\frac{\tau_{он}}{T_n}} \end{aligned} \quad (38)$$

Решая полученные уравнения относительно  $\tau_{op}$  и  $\tau_{он}$ , можно определить продолжительность включенного и выключенного состояния компрессора:

$$\begin{aligned} t_{op} &= T_p \ln \frac{t_{yp} - t_3 + x}{t_{yp} - t_3 - x} \\ t_{он} &= T_n \ln \frac{t_{ун} - t_3 - x}{t_{ун} - t_3 + x} \end{aligned} \quad (39)$$

Для практического применения полученных уравнений целесообразно ввести следующие обозначения:

$$\begin{aligned} \overline{\tau}_{op} &= \frac{\tau_{op}}{T_p} \text{ - относительная длительность РЧЦ;} \\ \overline{\tau}_{он} &= \frac{\tau_{он}}{T_n} \text{ - относительная длительность НЧЦ;} \\ \alpha &= \frac{t_{yn} - t_z}{t_{yn} - t_{yp}} \text{ - коэффициент нагрузки объекта;} \\ \beta &= \frac{x}{t_{yn} - t_{yp}} \text{ - относительный дифференциал.} \end{aligned} \quad (40)$$

Тогда уравнения, связывающие эти величины, примут вид:

$$\begin{aligned} \tau_{op} &= - \ln \frac{1 - \alpha - \beta}{1 - \alpha + \beta} \\ \tau_{он} &= - \ln \frac{\alpha - \beta}{\alpha + \beta} \end{aligned} \quad (41)$$

Эти простые соотношения позволяют легко оценить параметры автоколебания температуры в холодильной камере, причем расчет можно производить в относительных единицах, а затем перевести полученные значения в натуральный масштаб.

**Определение параметров автоколебания с учетом запаздывания.** График изменения температуры для этого случая приведен на рисунке 30. Участки АВ и DE длительностью соответственно  $\tau_{дн}$  и  $\tau_{др}$  характеризуют чистое запаздывание в системе. Участки ВС и EF длительностью соответственно  $\tau_{дн}$  и  $\tau_{др}$  – это время необходимое для возвращения температуры в диапазоне от останова и пуска компрессора. Очевидно, что длительность рабочей и нерабочей части цикла в этом случае будет:

$$\begin{aligned} \tau_p &= \tau_{op} + \tau_{др} + \tau_{др} \\ \tau_n &= \tau_{он} + \tau_{дн} + \tau_{дн} \end{aligned} \quad (42)$$

Отрезки времени  $\tau_{op}$  и  $\tau_{он}$  – это время исчисления температуры в диапазоне  $t_{ост} \dots t_{пуск}$ . В этом диапазоне закон изменения температуры полностью описывается уравнениями, полученными для системы без запаздывания, т.е. величины  $\tau_{op}$  и  $\tau_{он}$  могут быть определены по (40).

Значения величин  $\tau_{дн}$  и  $\tau_{др}$  могут быть определены на основании динамических характеристик объекта:

$$\begin{aligned} \tau_{др} &= T_p \ln \left[ 1 + \frac{\alpha + \beta}{1 - \alpha + \beta} \left( 1 - e^{-\frac{\tau_{дн}}{T_n}} \right) \right] \\ \tau_{дн} &= T_n \ln \left[ 1 - \frac{1 - \alpha - \beta}{\alpha + \beta} \left( 1 - e^{-\frac{\tau_{др}}{T_p}} \right) \right] \end{aligned} \quad (43)$$

Увеличение размаха автоколебаний в системе определим, рассчитав новые максимальную и минимальную температуры:

$$\begin{aligned} t_{mp} &= t_{yp} - (t_{yp} - t_3 + x) e^{-\frac{\tau_{др}}{T_p}} \\ t_{mn} &= t_{дн} - (t_{дн} - t_3 + x) e^{-\frac{\tau_{дн}}{T_n}} \end{aligned} \quad (44)$$

В результате можно определить значение дифференциала двухпозиционного регулятора  $x$ , необходимое для поддержания температуры с заданной точностью.

Для рабочей части цикла:

$$x \leq \frac{t_{yp} - t_{mp}}{e^{-\frac{\tau_{др}}{T_p}} - 1} - t_{yp} + t_3 \quad (45)$$

Для нерабочей части цикла:

$$x \leq \frac{t_{дн} - t_{mn}}{e^{-\frac{\tau_{дн}}{T_n}} - 1} + t_{дн} - t_3 \quad (46)$$

При выборе параметров регулятора определяют значения  $x_1$  и  $x_2$  и выбирают меньшее из них. Полученное значение дифференциала обеспечивает исчисление температуры в допустимых пределах  $t_{тр}$  и  $t_{тн}$ .

**Определение параметров объекта регулирования по экспериментальным группам.** Для расчета параметров автоколебаний необходимо определить постоянную времени холодильной камеры  $T$  и установившееся значение  $t_y$  в рабочем и нерабочем режи-

ме. Это можно сделать по экспериментально снятой кривой переходного процесса. Наиболее точной является аппроксимация экспериментальной кривой по методу наименьших квадратов. Однако, этот метод требует значительного объема вычислений. Поэтому в лабораторной работе предлагается использовать упрощенный менее точный метод.

Преобразуем уравнение (36):

$$t = t_{нач} + (t_{уст} - t_{нач}) (1 - e^{-\frac{\tau}{T}}) \quad (47)$$

Прибавив и отняв в правой части  $t_{нач}$ , произведем смещение осей координат:

$$\begin{aligned} y &= t - t_{нач} \\ y &= k_1 (1 - e^{-\frac{\tau}{T}}) \end{aligned} \quad (48)$$

где  $k_1 = t_{уст} - t_{нач}$

Решая уравнение (48) относительно  $T$ , получим:

$$T = \frac{\tau}{\ln \frac{k_1}{k_1 - y}} \quad (49)$$

где  $k_1$  – установившееся значение параметра, вычислив которое, можно найти  $t_y$ .

Для двух фиксированных значений  $\tau_1$  и  $\tau_2$  из (45) следует:

$$\begin{aligned} \frac{\tau_1}{\ln \frac{k_1}{k_1 - y_1}} &= \frac{\tau_2}{\ln \frac{k_2}{k_2 - y_2}} \\ k_1 &= \frac{y_1^2}{y_1 - y_2} \end{aligned} \quad (50)$$

Таким образом, расчет сводится к следующим этапам:

1. Преобразование осей координат в соответствии с (48);
2. Для двух значений, отличающихся в два раза, определяются значения  $y_1$  и  $y_2$ , а затем по (50) — установившееся значение  $k_1$ ;
3. По (48) определяется постоянная времени процесса;

4. Из очевидного соотношения  $t_y = t_{нач} + k_1$  определяется установившееся значение  $t_y$ .

Аналогичным образом необходимо действовать, если переходной процесс имеет вид (35) – рабочая часть цикла в холодильной камере. Отличие заключается в выборе осей координат так, что  $y = -t + t_{нач}$ .

Расчет целесообразно повторить для нескольких пар значений  $\tau_1$  и  $\tau_2$  и выбрать среднее из полученных значений  $t_y$  и  $T$ . Для уменьшения ошибок расчета желательно выбирать  $\tau_2$  как можно большим из имеющихся экспериментальным данным.

### Содержание отчета

1. Схемы автоматизации холодильной установки.
2. Таблицы со снятыми и расчетными данными.
3. График переходного процесса с нанесенными характерными точками

### Контрольные вопросы

1. Объясните принцип работы холодильной установки.
2. Какие основные элементы содержит САР температуры холодильного шкафа?
3. Объясните назначение и принцип действия реле температуры.
4. Объясните назначение и принцип действия реле давления.
5. Объясните назначение и принцип действия ТРВ.
6. Чем объяснить запаздывания в системе регулирования?
7. Какие вы знаете способы изменения холодопроизводительности компрессора?
8. Назовите характерные интервалы и точки на графике изменения температуры и поясните их значение.
9. Какие вы знаете современные устройства плавного изменения частоты вращения компрессора и в каких случаях эти устройства целесообразно использовать?
10. Поясните методику определения параметров объекта регулирования по экспериментальным группам.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11**

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ СУШКИ ЗЕРНОВЫХ**

**Цель работы:** усвоить принципы автоматизации сушильных установок, изучить типовое решение автоматизации сушилки М-819, освоить методику наладки программы управления зерносушилкой.

**Оборудование занятий:** справочные материалы, стенд с макетом САУ зерносушилки М-819.

Продолжительность работы – 2 часа.

#### **Вопросы предварительного контроля**

1. Каковы виды зерносушилок?
2. Каковы способы сушки зерна?
3. По каким причинам требуется послеуборочная обработка зерна?
4. Перечислите основные технологические операции послеуборочной обработки зерна.
5. Каков состав технологического оборудования пункта послеуборочной обработки зерна?

#### **Порядок выполнения работы**

1. Изучите технологию сушки зерна и принципы автоматизации зерносушилки М-819 (плакаты над лабораторным стендом), составьте схему автоматизации зерносушилки М-819.
2. Подайте питание на лабораторный стенд автоматическим выключателем SF1.
3. Используя кнопку «пуск», включите макет в работу. При этом наблюдайте индикацию меню на табло панели оператора.
4. С помощью кнопок панели оператора выберите режим «Наладка».
5. Используя тумблеры SL1, SL2, имитирующие датчики уровня, а также имитатор импульсов с влагомера, произведите наладку сис-

темы управления, следуя шагам инструкции на панели оператора. Шаги наладки фиксируйте в отчет.

6. Используя кнопку «стоп», выключите макет.

7. Снимите питание со стенда автоматическим выключателем SF1.

### **Общие сведения**

Сушку зерна производят наиболее распространенным конвективным способом, при котором теплота передается к зерну от смеси поточных газов с воздухом или от чистого нагретого (в калориферах) воздуха. Необходимо отметить, что в наиболее распространенных конвективных шахтных зерносушилках наряду с конвективным способом происходит кондуктивный способ сушки (от нагретых подводящих коробов) и контактный (сорбционный), т.е. зерно — зерно, в непродуваемых зонах шахты.

При конвективной сушке зерно (в зависимости от типа зерносушилki) может находиться в неподвижном слое (камерные зерносушилki), малоподвижном слое (шахтные зерносушилki) и падающем слое (рециркуляционные зерносушилki). В зерносушилках для сушки зерна крупяного назначения применяют кондуктивный способ передачи теплоты зерну от нагретых паровых труб, а для удаления влаги из зерновой массы используют конвективный способ.

Скорость кондуктивной сушки зависит от температуры греющей поверхности и толщины зернового слоя. Кондуктивную сушку осуществляют на крупяных и мукомольных заводах для подгрева и сушки зерна.

Наиболее перспективен комбинированный способ сушки, сочетающий конвективный и контактный способ при обработке зерна агентом сушки в плотном подвижном и падающем слоях. Этот способ применяют на хлебоприемных предприятиях.

При необходимости для сушки зерна (с влажностью до 18%) и его охлаждения применяют активное вентилирование зерна, которое используют в складах, элеваторах и на площадках.

В плотном неподвижном слое контакт зерен и поверхность, продуваемая агентом сушки, постоянны. Сушка в неподвижном слое зависит от внешнего тепловлагообмена между зерном и агентом сушки, и в первую очередь от температуры и количества подаваемого агента сушки.

При сушке зерна в плотном неподвижном слое применяют низкие температуры агента сушки, которые близки к допустимой температуре нагрева зерна.

Сушка зерна в малоподвижном гравитационном плотном слое получила наибольшее распространение в технике зерносушения — это шахтные зерносушилки с подводными и отводящими коробами, расположенными в шахматном порядке. В шахтных зерносушилках зерно движется сверху вниз, проходя последовательно много чередующихся подводных и отводящих коробов, образующих прямоточное или перекрестное продувание движущегося потока зерна агентом сушки (рис. 31). Агент сушки поступает с одной стороны шахты в подводные короба, проходит слой зерна и выходит с противоположной стороны шахты через отводящие короба. Короб представляет собой канал с открытой нижней стороной, через которую агент сушки входит в зерновой слой или выходит из него. Под нижней открытой стороной короба зерно располагается под углом естественного откоса. Для более интенсивного продувания зернового слоя, стенки коробов иногда делают жалюзийными.

Одна из торцевых сторон каждого короба открыта, другая — заглушена. Подводные короба открыты со стороны входа агента сушки и заглушены со стороны его выхода из шахты. Отводящие короба, наоборот, закрыты со стороны входа и открыты со стороны выхода агента сушки из шахты. Короба изготавливают из листовой стали толщиной 1,5–2 мм. Стенки отводящих коробов с внутренней

стороны покрывают антикоррозийным лаком, так как на них может конденсироваться водяной пар отработавшего агента сушки.

Стенки шахт изготавливают из стали, а также из монолитного или сборного железобетона. В сушилках с сетчатыми или жалюзийными стенками толщину продуваемого зернового слоя определяют расстоянием между стенками, обычно оно 200–500 мм. При заполнении шахты, зерно располагается слоями между коробами. Толщина каждого слоя равна расстоянию между подводящими и отводящими коробами. В современных зерносушилках это расстояние принимают 100–200 мм.

При продувании агентом сушки зерна образуются зоны его воздействия на зерно. Это зоны, расположенные возле подводящих коробов, на которые агент сушки действует с максимальной температурой, и зоны затухающего воздействия — это зоны, расположенные возле отводящих коробов, на которые агент сушки действует с минимальной температурой примерно равной температуре зерна. Благодаря расположению подводящих и отводящих коробов в шахматном порядке эти зоны сглаживаются в результате перемешивания зерна. Максимально зерно нагревается в зоне подводящих коробов. Разность между температурами в зонах отводящих и подводящих коробов достигает 20 °С.

Сушку в малоподвижном гравитационном, плотном слое осуществляют агентом сушки — чистым нагретым воздухом и смесью воздуха с топочными газами. Агент сушки выполняет роль, как теплоносителя, так и влагоносителя. Температура агента сушки не должна падать ниже определенных пределов, так как с понижением температуры его относительная влажность увеличивается, а влагоемкость — уменьшается.

После сушки в сушильной шахте зерно охлаждается в охлаждающей шахте, конструкция которой не отличается от сушильной шахты.



В охлаждающей зоне зерно продувается атмосферным воздухом. При прохождении воздуха через слой зерна возрастают его температура и влагоемкость, кроме охлаждения зерна происходит дополнительное испарение из него влаги.

При сушке зерна конвективным способом можно ускорить процесс послеуборочного дозревания.

*Зерносушилки М-819, ВТИ-5, ДСП-32* имеют одну шахту состоящую по высоте из зон: сушильной, промежуточной и охлаждающей [16]. Сушильная и охлаждающая зоны оборудованы коробами.

В верхней части сушильной камеры от верхнего ряда коробов стенки шахты сплошные. Находящийся в этой части шахты слой зерна предохраняет от утечек агента сушки через верх шахты. При работе сушилки не допускается снижение уровня зерна в шахте над верхним рядом коробов ниже 500 мм. В шахту в специально оставленные в стенах пазы вставлены два затвора, один из которых расположен между сушильной и охлаждающей камерами, а второй — под охлаждающей камерой. За каждое открытие затвора из шахты выпускается 300–500 кг зерна, слой зерна при этом опускается на 100–200 мм в шахте. На период запуска сушилки в работу, когда просушивают первую порцию зерна, промежуточный затвор закрывают. Зерно находится в это время только в сушильной камере в неподвижном состоянии. После того, как первая порция зерна будет просушена, затвор открывают, зерно поступает в охлаждающую камеру, заполняет ее и в дальнейшем промежуточный затвор остается открытым.

Промежуточная зона (не продуваемая ни воздухом, ни агентом сушки) оснащена задвижкой с ручным приводом и датчиками для контроля температуры нагрева зерна, здесь образуется зона его отлежки.

Выгрузка зерна и регулирование производительности осуществляется выпускным устройством, расположенным под шахтой. Шахтные зерносушилки наиболее удобны, просты и нашли широ-

кое распространение для сушки зерна. Производительность шахтных зерносушилок колеблется от 1 до 50 т/ч.

**Шахтные прямоточные зерносушилки** по режиму работы — непрерывного действия, и применяют их для сушки пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы, семян подсолнечника и других культур продовольственного и семенного назначения [17]. В сушильной шахте под действием силы тяжести зерно движется сверху вниз и пронизывается агентом сушки. Зерно движется в шахте сплошной массой со скоростью, определяемой работой выпускного механизма периодического или непрерывного действия.

Необходимый уровень зерна в сушилке контролируется датчиками минимального LS2 и максимального LS1 уровней, которые установлены в надсушильных бункерах (рис. 31). Датчики уровня управляют работой порционного разгрузочного устройства: при достижении минимального уровня останавливается электродвигатель разгрузочных кареток М, при достижении максимального уровня и наличия управляющего сигнала электродвигатель разгрузочных кареток включается снова.

Исполнительный механизм шлюзового затвора охлаждающей колонки управляется аналогично.

Поскольку температура нагрева  $\theta$  и влажности  $\omega$  зерна на выходе из зерносушилки зависят от температуры  $\theta_T$ , расхода  $L$ , относительной влажности  $\varphi$  подаваемого в сушилку теплоносителя, начальной температуры  $\theta_{T0}$ , исходной влажности  $\omega_0$  зерна, скорости  $V$  движения и времени  $t$  пребывания зерна в сушильной камере, а также конструктивных параметров  $K$  сушилки

$$\theta, \omega = f(\theta_T, L, \varphi, \theta_{T0}, \omega_0, V, t, K), \quad (51)$$

то для определения взаимодействия между ними необходимо исследовать математическую модель сушильной камеры.

Аналитически определить взаимосвязь 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.

В шахтных зерносушилках выходными управляемыми параметрами являются температура  $\theta$  и влажность  $\omega$  зерна на выходе, а входными управляющими параметрами — температура  $\theta_{то}$  теплоносителя и скорость движения  $V$  зерна через шахту. Начальные температура  $\theta_0$  и влажность  $\omega_0$  зерна на входе в сушилку с точки зрения автоматического управления являются мешающими воздействиями. Между остальными параметрами (51) связь слабая — с коэффициентом взаимной корреляции менее 0,4, поэтому они в модели рис. 32 не показаны, то есть ими пренебрегают.

Все передаточные функции для шахтных зерносушилок равны выражению:

$$W(P) = \frac{k(TP + 1)e^{-\tau P}}{T_2^2 P^2 + T_1 P + 1} \quad (52)$$

Для всех функций шахтной зерносушилки СЗШ-16А  $T_1 = 176$  с,  $T_2 = 86$  с. Для функций:  $W_{11}(P)$  —  $k = 0,31$ ,  $\tau = 60$  с,  $T = 88$  с;  $W_{12}(P)$  —  $k = 0,6$ ,  $\tau = 1380$  с,  $T = 0$ ;  $W_{13}(P)$  —  $k = -0,2$ ,  $\tau = 1680$  с,  $T = 0$ ;  $W_{14}(P)$  —  $k = 13,3$ ,  $\tau = 60$  с,  $T = 84$  с;  $W_{21}(P)$  —  $k = 0,063$ ,  $\tau = 300$  с,  $T = 0$ ;  $W_{22}(P)$  —  $k = 0,11$ ,  $\tau = 1800$  с,  $T = 80$  с;  $W_{23}(P)$  —  $k = 0,67$ ,  $\tau = 1500$  с,  $T = 80$  с;  $W_{24}(P)$  —  $k = 8,1$ ,  $\tau = 300$  с,  $T = 60$  с.

Для других конструктивных решений шахтных сушилок коэффициенты передаточных функций необходимо определять.

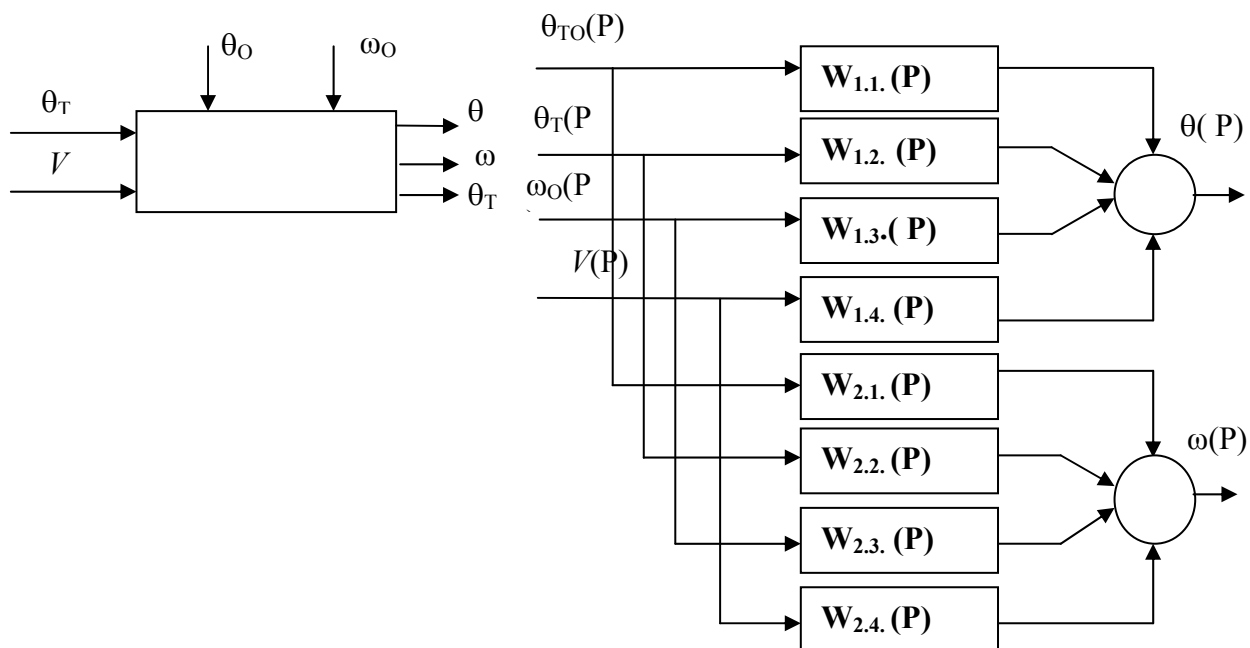


Рисунок 32 – Математическая модель шахтной зерносушилки как объекта управления температурой и влажностью

Комбинированный способ сушки включает конвективный (при малоподвижном плотном слое и падающем слое) и контактный при обеспечении рециркуляции между сырым холодным зерном и нагретым сухим зерном.

При сушке в падающем слое зерно движется сверху вниз, а агент сушки снизу вверх или перпендикулярно к падающему зерну — в зерносушилках. Падающее зерно находится в подогревателе незначительный промежуток времени (1,5–5 с), в связи с чем используют агент сушки с невысокой температурой 250–350 °С — для зерносушилок типа «Целинная», РД-2×25-70 и У2-УЗБ-50 и 60–200 °С — для зерносушилок А1-УЗМ и А1-УСШ. Нагрев зерна за один подход к камере нагрева составляет 9–22 °С, а снижение влажности зерна 0,3–0,5%.

Небольшой объем влаги при сушке в падающем слое не позволяет использовать данный способ как самостоятельный при создании сушильных агрегатов. Для обеспечения большого съема влаги применяют комбинированный способ сушки — конвективно-сорбционный с использованием (в качестве сорбента) сухого зерна, циркулирующего вместе с сырым зерном в сушилке по замкнутому

контуру. Теплота в комбинированном способе передается зерну конвективным путем, но в дальнейшем происходит ее перераспределение контактным способом при взаимодействии нагретого рециркулирующего и холодного сырого зерна.

Рассмотрим три основных варианта рециркуляционной сушки зерна.

**Первый вариант:** 1) кратковременный нагрев и поверхностное испарение влаги из смеси сырого рециркулирующего зерна при воздействии на него высокотемпературного агента сушки; 2) контактный теплообмен и контактный (сорбционный) влагообмен между сырым и рециркулирующим предварительно нагретым зерном. Смесь зерна поступает в нагревательное устройство, где происходит испарение влаги с поверхности зерна и нагрев зерна до допустимой температуры. После нагревательного устройства зерно поступает в тепловлагообменник, где влага между сырым и сухим зерном частично перераспределяется, выравнивается температура зерна. В тепловлагообменнике происходит перераспределение влаги и температуры в отдельных зерновиках. Основная влажность зерна из тепловлагообменника поступает в зону промежуточного (частичного) охлаждения, где зерно продувается наружным атмосферным воздухом. В зоне промежуточного охлаждения происходит самоиспарение влаги за счет теплоты зерна. Из зоны промежуточного охлаждения зерно возвращается на рециркуляцию. Часть просушенного зерна с заданной конечной влажностью направляют в зону охлаждения, после чего его выпускают из зерносушилки и направляют на хранение.

Процесс сушки в рециркуляционных зерносушилках состоит из циклов, которые включают следующее: кратковременный нагрев с частичной поверхностной сушкой, контактный тепловлагообмен между сырым и рециркулирующим зерном и частичное охлаждение зерна. Однако его охлаждение приводит к снижению скорости

сушки и увеличению расхода топлива, поэтому снижение температуры зерна должно быть небольшим.

**Второй вариант:** сначала происходит предварительный нагрев сырого зерна до предельно допустимой температуры с частичной сушкой, контактный влагообмен между сухим рециркулирующим и сырым зерном, затем зерно поступает в зону сушки с воздействием на него агента сушки с температурой ниже, чем предусмотрено в инструкции по сушке для прямоточных шахтных зерносушилок.

Процесс сушки включает несколько циклов. Однако за один цикл удаляется значительно больше влаги, чем в первом варианте, и в связи с этим сокращается число циклов.

При втором варианте рециркуляционной сушки зерно не подвергается промежуточному охлаждению, что исключает производительные потери теплоты. Сушка в рециркуляционной шахте происходит интенсивно с использованием теплоты нагретого зерна. В дальнейшем по мере удаления зоны испарения от поверхности зерновки скорость сушки замедляется, а температура зерна начинает возрастать и достигает предельно допустимой. Равенство температур в начале и в конце процесса сушки позволяет условно назвать этот режим изотермическим.

**Третий вариант.** Процесс сушки по этому варианту (зерносушилки А1-УЗМ) отличается тем, что сырое зерно нагревается контактным способом нагретым до предельно допустимой температуры зерном. Дополнительный нагрев зерна в подогревателе происходит при его перекрестном пронизывании агентом сушки. Тепловлагодобменник расположен между первой и второй зонами сушки, тепловлагодобмен регулируется частичным охлаждением зерна, дополнительный нагрев зерна осуществляется при более низких температурах агента сушки (140–200 °С), чем в первом и втором вариантах (250–350 °С) и при числе рециркуляции от 2 до 5.

Изотермический режим сушки обеспечивает максимальную производительность зерносушилки при высоких технико-экономических показателях. При изометрическом режиме проводят нагрев зерна до предельно допустимой температуры уже на первой стадии сушки, на следующих стадиях поддерживают температуру зерна постоянной, что обеспечивает максимальную скорость испарения влаги из зерна. Такой способ называют рециркуляционно-изотермическим.

При рециркуляционно-изотермическом режиме сырое зерно направляют в камеру предварительного нагрева, где его нагревают в падающем слое при восходящем потоке агента сушки, имеющего температуру около 100 °С и прошедшего камеру основного нагрева, в которую он поступает с температурой 300–350 °С. Затем зерно подается в камеру основного нагрева, где происходит его дальнейший нагрев и смешивание с рециркулирующим звеном. После тепловлагообменника часть зерна поступает в шахту окончательного охлаждения, а остальное зерно — в шахту изотермической сушки, где оно сушится при температуре 100–120 °С.

### **Содержание отчета**

1. Схемы автоматизации зерносушилок СЗК-16 и М-819.
2. Инструкция по наладке системы управления сушилкой в соответствии с рекомендуемыми шагами, высвечиваемыми на панели оператора

### **Контрольные вопросы**

1. Проанализируйте потоки воздействий, действующие на сушилку.
2. Какие законы регулирования применимы в основных контурах регулирования сушки зерна и почему?
3. Обоснуйте объем автоматизации зерносушилки М-819.
4. Покажите пути модернизации системы автоматического управления зерносушилкой М-819, реализованной на лабораторном стенде.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12**

### **ИЗУЧЕНИЕ САР КОТЛОАГРЕГАТОВ**

**Цель работы:** изучить типовые решения реализации САР котлоагрегатов, освоить методику спрямления расходных характеристик регулирующих органов и наладки исполнительных механизмов (ИМ) типа МЭО.

**Оборудование занятий:** стенд с набором закрепленных элементов САР и исполнительных устройств, справочные материалы.

Продолжительность работы – 2 часа.

#### **Вопросы предварительного контроля**

1. Каков состав технологического оборудования парокотельной установки?
2. Перечислите основные марки котельных установок, применяемых в сельскохозяйственном производстве.
3. Перечислите состав контрольно-измерительной аппаратуры, устанавливаемой на котельных установках.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомьтесь с разделом общие сведения и конструкцией датчиков САР котлоагрегатов. Какие контуры автоматического регулирования можно выделить? Сформулируйте основные требования к САР котла.
2. Разработайте схемы автоматизации отдельно по контурам автоматического регулирования.
3. Используя [14], составьте полные принципиальные схемы САР котлоагрегатов. Что измениться на принципиальной схеме, если в контуре автоматического регулирования нагрузки котла в качестве регулятора использовать регулятор НПО Энергоприбор?
4. Используя описание регулятора НПО Энергоприбор, разработайте схему управления исполнительным механизмом в контуре нагрузки котла. Согласуйте схему с преподавателем.

5. Используя методику настройки регуляторов непрерывного действия и инструкцию к регулятору, настройте регулятор на П-закон регулирования, использование датчика с сигналом 4-20 мА и параметры П-регулирования. Подача питания на стенд осуществляется автоматическим выключателем SF1. После настройки регулятора стенд обесточьте.
6. Соберите схему, разработанную в п. 4, на наборном поле. После проверки преподавателем, подайте питание на стенд автоматическим выключателем SF1. Подайте напряжение на собранную схему переключателем SA1. Сымитируйте управление исполнительным механизмом с помощью потенциометра. Покажите результат преподавателю.
7. Определите расходную характеристику  $Q=f(\alpha)$  регулирующего органа.
8. Обесточьте стенд. Разберите схему.
9. Изучите методику настройки исполнительного механизма и раскройте порядок действий по настройке преподавателю.

### **Общие сведения**

По химической сущности горение топлива является процессом окисления его горючих составляющих. В качестве окислителя в обычных промышленных установках используется кислород воздуха. Важнейшее условие полноты сгорания — наличие определенного количества окислителя, которым должна быть обеспечена каждая частичка топлива. Основным технологическим показателем эффективности использования топлива является коэффициент полезного действия агрегата. Одна из причин низкого эксплуатационного КПД промышленных установок — это потери тепла при сгорании топлива, вызванные несоблюдением оптимального соотношения между расходами топлива и воздуха. При недостаточной подаче в топку воздуха могут появиться большие потери из-за химической неполноты сгорания или возникает угроза обрыва факела

из-за его избытка. Поэтому система автоматического регулирования должна обеспечивать оптимальные режимы работы котельных установок.

Как объект автоматизации котел может быть представлен моделью рисунка 33. Уравнения динамики, связывающие входные и выходные элементы имеют достаточно сложный вид. Например, с целью оценки влияния основных факторов на изменение уровня  $\varphi_1$  и давления в барабане  $\varphi_2$  без учета саморегулирования, влияния расхода топлива и давления пара в паровом коллекторе полные уравнения динамики:

$$92 \cdot \varphi_1' = 1,03 \mu_1 - \lambda + 2,78 \cdot 92 \lambda' \quad (53)$$

$$344,4 \cdot \varphi_2' = -0,19 \mu_1 + 1,19 \mu_2 - \lambda \quad (54)$$

Громоздкость расчетов постоянных времени и коэффициентов приводит к тому, что авторы уравнений рекомендуют определять некоторые из коэффициентов экспериментально [18].

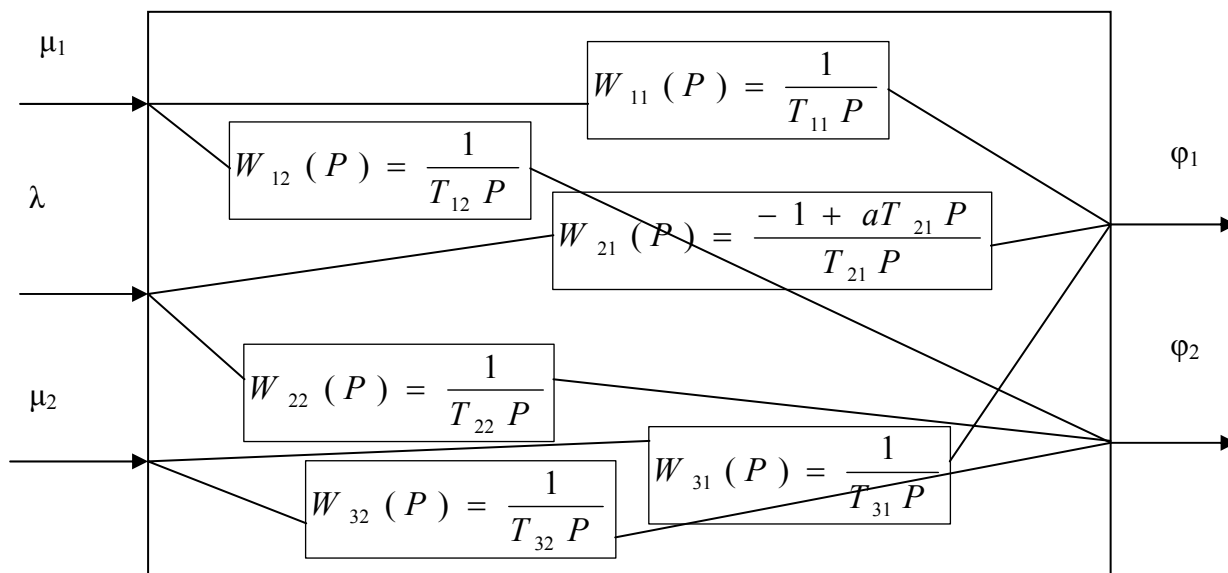


Рисунок 33 – Модель парового котла:  $\varphi_1$  – уровень в барабане котла;  $\varphi_2$  – давление в котле;  $\mu_1$  – расход питательной воды;  $\mu_2$  – расход топлива;  $\lambda$  – нагрузка котла

Экспериментальные исследования, проведенные на котле ЛМЗ 26/13, что средние значения постоянных равны:  $T_{11} = 91$  с;  $T_{12} = 3500$  с;  $T_{21} = 91$  с;  $a = 2,37$ ;  $T_{22} = 330$  с;  $T_{31} = 91$  с;  $T_{32} = 301$  с. Для других типов котлов эти значения можно рассчитать по формулам, приведенным в [18].

Системы автоматического управления котельными подразделяются на системы общекотельной автоматики, системы управления котлоагрегатами и выполняют следующие основные операции:

- технологическую защиту, предотвращающую аварии;
- технологическую блокировку, исключающую выполнение неправильных операций;
- автоматический контроль работы котлов;
- технологическую сигнализацию, извещающую персонал о ходе выполнения технологических процессов;
- дистанционное управление котлом (пуск и останов котлов);
- автоматическое регулирование.

**Основными видами АСР котельных установок** для котлов являются регулирование процессов горения и питания; для деаэраторов – регулирование уровня воды и давления пара.

Автоматическое регулирование процессов горения предусматривается для всех котлов, работающих на жидком или газообразном топливе. При применении твердого топлива АСР процессов горения предусматривают в случаях механизированных топочных устройств. Необходимость АСР на резервном топливе должна быть определена в ходе технико-экономического обоснования, выполненного с учетом расчетного времени работы котла на резервном топливе. Для аварийного топлива АСР не предусматривают.

Регуляторы питания рекомендуют устанавливать на всех паровых котлах. Для котлов паропроизводительностью более 0,55 кг/с (2 т/ч) установка регуляторов питания обязательна. Для котельных установок, работающих на жидком топливе, необходимо предусматривать АСР температуры и давления топлива. Котлы с темпе-



**АСР питания котла** (рис. 35а) аналогична регулятору нагрузки котла и состоит из датчика уровня воды в котлоагрегате типа ДМ (дифманометр 3а), регулирующего прибора 3б, реализующего П-закон регулирования и исполнительного механизма, обеспечивающего непрерывную подачу воды в котел.

**АСР разряжения в топке** (рис. 35б). Импульс к регулирующему прибору 4б поступает от дифманометра 4а типа ДТ2-50, измеряющего разряжение в топке. Регулирующий прибор подает сигнал на заслонку управляющую сервомотором. При полностью закрытой заслонке и недостаточном разряжении в топке включается дополнительно вытяжной вентилятор. Регулирующий прибор реализует ПИ-закон регулирования.

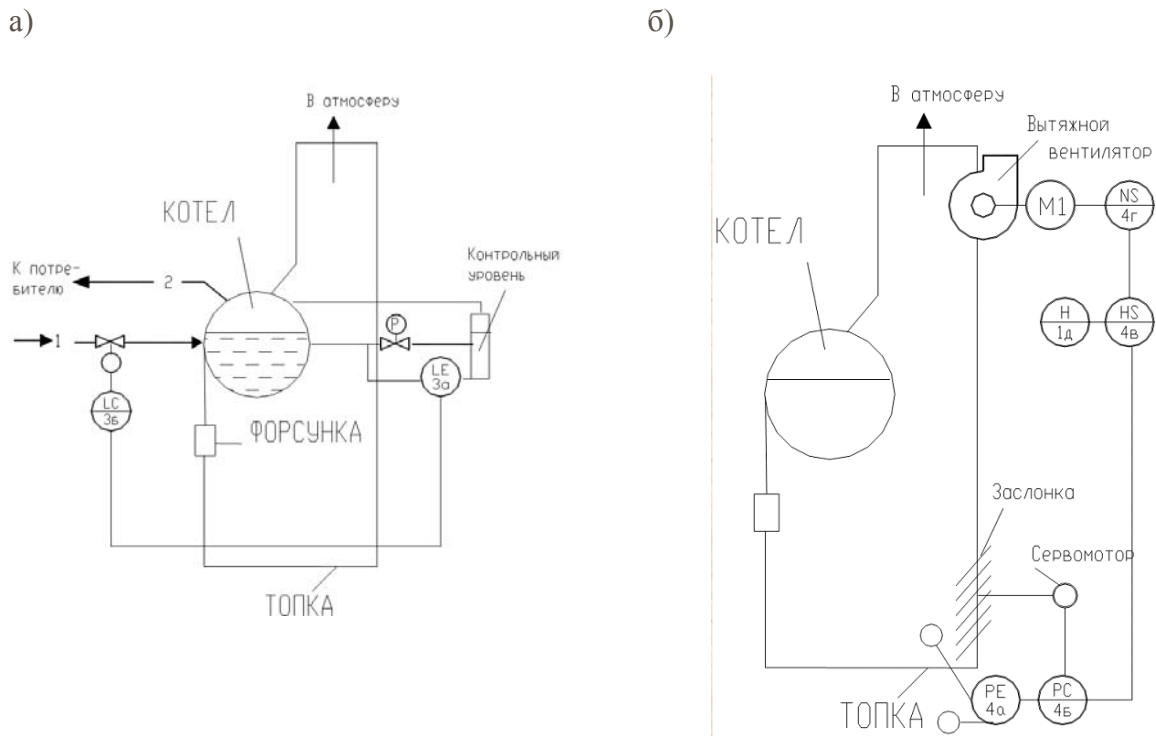


Рисунок 35 – Схемы АСР парового котла типа ДКВР: а – АСР питания котла; б – АСР разряжения

**Спрямление расходной характеристики регулирующего органа.** В качестве регулирующих органов (РО) систем автоматического регулирования применяются различного рода дроссельные

заслонки, клапаны, задвижки, шиберы, направляющие аппараты, реостаты и др.

Большинство РО имеют линейную или близкую к линейной конструктивную характеристику (зависимость проходного сечения РО  $F_{p.o.}$  от его хода  $h_{p.o.}$ ).

Однако для работы с регулятором имеет значение не конструктивная, а расходная характеристика, т. е. зависимость расхода регулируемой среды от хода РО  $h_{p.o.}$ .

Если регулирующей средой является вода, то расход ее через РО определяется выражением

$$G = 0,453 \mu F \sqrt{\Delta P \gamma} \quad (55)$$

где  $G$  – расход воды, кг/с;

$F$  – площадь проходного сечения, м<sup>2</sup>;

$\Delta P$  – перепад давления на регулирующем органе, Па;

$\gamma$  – удельный вес воды, Н/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – коэффициент расхода.

Если конструктивная характеристика  $F_{p.o.} = f(h_{p.o.})$  линейна, то расходная характеристика  $G = f(h_{p.o.})$  будет также линейна при постоянстве остальных величин, входящих в формулу (55).

Если  $\gamma$  и  $\mu$  можно считать постоянными во всем диапазоне работы РО, то перепад давления  $\Delta P$  не является постоянным. Как правило,  $\Delta P$  является максимальным при полностью закрытом РО и уменьшается по мере его открытия. Это приводит к тому, что даже у РО с линейной конструктивной характеристикой расходная характеристика получается нелинейной (кривая 1 на рис. 36).

Такая характеристика неприемлема для осуществления автоматического регулирования (при условии, что характеристика объекта регулирования линейна), так как одному и тому же ходу РО при различных степенях открытия соответствуют различные приращения расхода регулируемой средой. Для осуществления автоматического регулиро-

вания требуется, чтобы РО имел линейную или близкую к линейной расходную характеристику (кривая 2 на рис. 36).

Расходную характеристику можно спрямить программированием проходных отверстий РО, однако в производственных условиях это связано с большими трудностями. Гораздо более простым решением является рациональное выполнения сочленения исполнительного механизма (ИМ) о РО, что позволяет использовать для автоматического регулирования РО с неблагоприятной характеристикой (рис. 37).

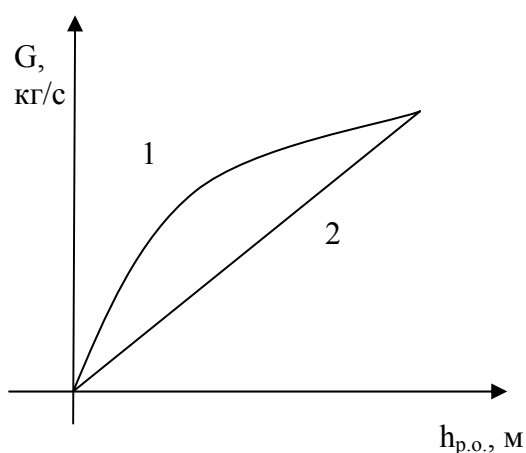


Рисунок 36 – Расходная характеристика регулирующих органов

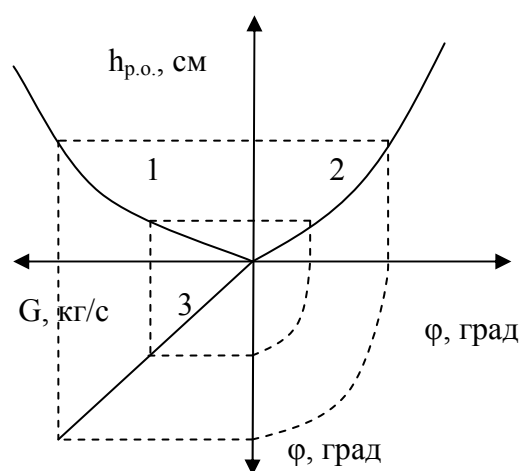


Рисунок 37 – Спряmlение расходной характеристики РО с помощью характеристики сочленения: 1 – характеристика РО; 2 – характеристика сочленения; 3 – резуль- тативная характеристика;  $G$  – расход регулирующей среды;  $h_{p.o.}$  – ход РО;  $\phi$  – угол поворота кривошипа ИМ

Для экспериментального определения расходной характеристики РО весь диапазон перемещения РО разбивают на 6-10 равных участков (углов поворота или линейных отрезков) и устанавливают соответствующие шкалы. Сначала снимают предварительную характеристику. В случае наличия нелинейности участок диапазона перемещения РО, которому соответствует нелинейный участок характеристики, разбивают на ряд более мелких отрезков (углов) и

приступают к экспериментальному определению расходной характеристики.

Расходную характеристику РО определяют при прямом и обратном ходе 2-3 раза при наиболее вероятных технологических режимах.

Перемещение РО, сочлененных с электрическими ИМ, ограничивают с помощью конечных выключателей.

Если у объекта регулирования статическая характеристика нелинейна, то расходная характеристика РО должна быть также нелинейной и представлять собой зеркальное отражение статической характеристики объекта регулирования во всем диапазоне.

Требуемая форма характеристики дросселирующего органа может быть получена несколькими способами, одним из которых является введение между РО и ИМ промежуточного звена с соответствующей нелинейной статической характеристикой – профильного кулачка, кривошипа, кулисы, профиль и размеры которых рассчитывают по заданной и фактической расходным характеристикам. Эти связи позволяют за счет некоторых конструктивных усложнений осуществлять неравные перемещения РО при относительно равных перемещениях выходного элемента ИМ, а также расширяют границы возможных взаиморасположений РО и ИМ. Обычно такие сочленения выполняются либо как шарнирный четырехзвенник (иногда многозвенник), либо как устройство с профильными кулачками (рис. 38).

Расчет такого сочленения сводится к определению длины рычага РО  $R$  и длины соединительной тяги  $H$ . Исходными данными при расчете этого сочленения являются длина рычага ИМ  $r$ , расстояние между осями РО и ИМ  $L$ , полный угол поворота вала ИМ  $\alpha_2 - \alpha_1$  и полный угол поворота вала РО  $\beta_2 - \beta_1$ .

$$R = \frac{A^2 - B^2}{2 [A \cos(\beta_1 - \alpha_1) - B \cos(\beta_2 - \alpha_2)]} \quad (56)$$
$$H = \sqrt{R^2 + A^2 - 2RA \cos(\beta_1 - \alpha_1)}$$

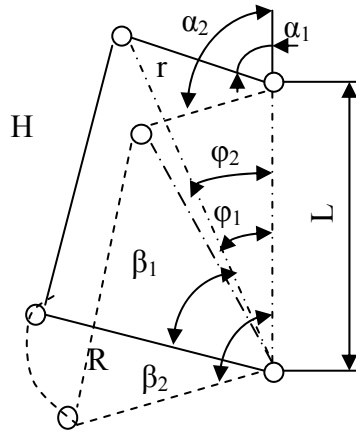


Рисунок 38 – Кинематическая схема механизма сочленения при вращательном движении подвижной части РО и выходного устройства ИМ

Величина А определяется из уравнений

$$A = \sqrt{r^2 + L^2 + 2rL \cos \varphi}$$

$$A = r \frac{\sin \varphi_1}{\sin \alpha_1} \quad (57)$$

Величина В определяется из уравнений

$$B = \sqrt{r^2 + L^2 + 2rL \cos \varphi_2}$$

$$B = r \frac{\sin \varphi_2}{\sin \alpha_2} \quad (58)$$

Обычно полные углы поворота РО и ИМ равны  $90^\circ$ , тогда

$$R = r \frac{\sin \varphi_1 + \cos \varphi_1}{1,414} \quad (59)$$

Для получения зависимости  $\alpha = f(\beta)$ , близкой к линейной, угол  $\varphi$  выбирают возможно меньшим, но таким, чтобы звенья механизма не создавали положения мертвой точки. Одновременно учитывают, что при слишком малом угле возрастает момент, необходимый для поворота РО, и выбирают обычно  $\varphi_1$ , равный  $10^\circ$ . При

$\varphi_1=10^\circ$  и при полных углах поворота ИМ и РО, равных  $90^\circ$ ,  $R=0,8197r$ .

После расчета и установки элементов сочленения производят наладку ИМ.

При наладке электрических ИМ в общем случае производятся следующие работы:

- 1) внешний осмотр и проверка соответствия механизма проекту;
- 2) измерение сопротивления изоляции электрических цепей (согласно ГОСТ 7192-74, сопротивление изоляции при температуре окружающего воздуха  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  и относительной влажности не более 80 % должно быть не менее 20МОм);
- 3) настройка механических упоров и конечных выключателей;
- 4) настройка элементов защиты;
- 5) настройка датчиков обратной связи и дистанционного указателя положения;
- 6) настройка путевых выключателей и местного указателя положения;
- 7) проверка и настройка элементов сочленения с РО;
- 8) проверка совместной работы ИМ с РО;
- 9) снятие характеристик.

Наладка ИМ должна производиться в соответствии с монтажно-эксплуатационными инструкциями завода-изготовителя.

Исполнительные механизмы типов МЭК и МЭО состоят из следующих основных узлов: электродвигателя, редуктора, блока датчиков. Для сочленения ИМ с валом РО служит кривошип. В качестве электропривода в ИМ в зависимости от модификации используются двухфазные конденсаторные двигатели с полым ротором и трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

В ИМ применяется один из следующих блоков датчиков: индуктивный БДИ-6, индуктивный с устройством «люфт» БДИ, реостатный БДР. Блок датчиков состоит из элементов, служащих для осуществления обратной связи по положению, дистанционного

указания положения, сигнализации и электрического ограничения крайних положений кривошипа ИМ.

Для настройки блока датчиков необходимо:

- а) поворотом выходного вала установить регулирующий орган в среднее положение;
- б) отвернуть винт цангового зажима на пол-оборота, совместить риску с отметкой  $90$  или  $240^\circ$  профильного кулачка с точкой касания подшипника (риска  $90^\circ$  профильного кулачка соответствует среднему положению диапазона регулирования  $0-90^\circ$ , риска  $240^\circ$  – среднему положению диапазона регулирования  $0-240^\circ$ );
- в) после установки кулачка винт цангового зажима завернуть;
- г) произвести настройку кулачков микровыключателей блока датчиков (кулачки установить в положение, обеспечивающее срабатывание микровыключателей в требуемых положениях рычага механизма).

Настройка реостатов блока датчиков БДР производится поворотом на валу и закреплением в необходимом положении токо-съемника. Для закорачивания неработающих витков реостата необходимо ослабить винт на корпусе; повернуть кольцо подвижного контакта отверткой за шлиц и закрепить его снова винтом.

При настройке для работы в диапазоне углов от  $0$  до  $240^\circ$  перевести концы проводов, ведущие к блоку датчиков БДР, с клемм «1» и «3» соответственно на клеммы «2» и «7» (механизмы поставляются заводом с настройкой датчиков на работу в диапазоне  $0-90^\circ$ ).

Для ограничения угла поворота рычага выходного вала ИМ имеют два настраиваемых механических упора. Шаг установки упоров  $3^\circ$ . Установка упоров производится на угол, превышающий угол, превышающий угол настройки конечных выключателей на  $3-6^\circ$ .

Для привода бесконтактных ИМ используются малоинерционные однофазные асинхронные конденсаторные двигатели типа ДАУ, обладающие хорошими динамическими свойствами, что обеспечивает их длительную работу в стопорном режиме (на упор).

Применение электродвигателей, допускающих работу в стопорном режиме, позволяет в ряде случаев ограничивать угол поворота выходного вала только упорами, не прибегая к использованию конечных выключателей, что повышает надежность работы системы регулирования.

### **Содержание отчета**

1. Схема автоматизации по контурам регулирования.
2. Полные принципиальные электрические схемы САР.
3. Расходная характеристика.
4. Методика наладки исполнительного механизма типа МЭО.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные виды автоматизации котельных установок, предусмотренный ОСТ.
2. Назовите основные контуры регулирования. Раскройте их содержание по схеме автоматизации.
3. Обоснуйте выбор законов регулирования по контурам регулирования.
4. С какой целью производится спрямление расходных характеристик регулирующих органов? Приведите методику спрямления.
5. Приведите порядок наладки электродвигательных исполнительных механизмов?
6. Приведите порядок настройки блока датчиков исполнительного механизма.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13**

### **ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПАСТЕРИЗАЦИОННОЙ УСТАНОВКОЙ**

**Цель работы:** освоить методику определения закона плавного регулирования и настройки регуляторов непрерывного действия; изучить типовое решение автоматизации пастеризационных установок.

**Оборудование занятий:** справочные материалы, стенд с набором закрепленных элементов САУ и исполнительных устройств.

Продолжительность работы – 2 часа.

#### **Вопросы предварительного контроля**

1. Какие две группы законов регулирования вы знаете?
2. Дайте определения основных законов плавного регулирования.
3. Запишите передаточные функции для каждого закона плавного регулирования

#### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомьтесь с разделом теории в методических указаниях и литературе [5, с. 538-542]. Какие контуры автоматического регулирования можно выделить?
2. Определите закон регулирования в основных контурах регулирования в соответствии с математическим описанием пастеризационной установки.
3. Разработайте схему автоматизации и ознакомьтесь с электрической схемой управления пластинчатой пастеризационной установкой [5, с. 542].
4. Изучите оборудование, представленное на лабораторном стенде. Используя описание регулятора RT-820, разработайте схему управления перепускным клапаном с учетом оборудования используемого на наборном поле (управление перепускным клапаном). Согласуйте схему с преподавателем. Соберите схему на наборном

поле. После проверки преподавателем, подайте питание на стенд автоматическим выключателем SF1. Подайте напряжение на собранную схему переключателем SA1. Сымитируйте управление клапаном, меняя задание на регуляторе RT-820. Покажите результат преподавателю. Обесточьте стенд. Разберите схему.

5. Используя описание реле-регулятора уровня PZ-829, разработайте схему управления насосом, поддерживающим уровень в уравнительном баке, с учетом оборудования используемого на наборном поле (управление уровнем в уравнительном баке). Согласуйте схему с преподавателем. Соберите схему на наборном поле. После проверки преподавателем, подайте питание на стенд автоматическим выключателем SF1. Подайте напряжение на собранную схему переключателем SA2. Сымитируйте управление насосом, используя емкость с водой и электроды реле-регулятора. Покажите результат преподавателю. Обесточьте стенд. Разберите схему.

6. Изучите методику наладки регуляторов непрерывного действия. Проведите наладку. Основные положения зафиксируйте в отчет.

### **Общие сведения**

К наиболее важным операциям первичной обработки относят *очистку, пастеризацию и охлаждение* молока.

Схема автоматизации пластинчатой пастеризационной установки приведена на рисунке 39.

Из молокосборника молоко поступает в уравнительный бак. Из бака насос подает молоко в первую секцию пластинчатого аппарата (секцию регенерации), где молоко за счет теплообмена нагревается до +37–40 °С. Из первой секции регенерации молоко поступает в молокоочиститель, очищается, подается во вторую секцию регенерации и переходит в секцию пастеризации, где за счет теплообмена с горячей водой нагревается до температуры +76 °С (в установке ОПФ-1-20) или до +90 °С (в установке ОПФ-1-300). Пас-

теризованное молоко через выдерживатель проходит в секции регенерации, и его температура снижается до +20–25 °С. Затем молоко проходит первую секцию охлаждения холодной водой, а затем вторую — ледяной водой, где его температура снижается до + 5–8 °С. Холодное молоко поступает в танки.

Горячая вода готовится в бойлере, где нагревается паром через инжектор паропровода от котельной установки.

Дополнительная выдержка молока в течение 20 с в выдерживателе установки ОПФ-1-20 и 300 с в выдерживателе установки ОПФ-1-300 перед охлаждением способствует уменьшению бактериальных загрязнений.

Контроль температуры молока после пастеризационной секции осуществляется первичным преобразователем, сигнал которого подается на регулятор, формирующий сигнал исполнительному механизму трехходового клапана, который при низкой температуре молока перепускает его обратно в уравнительный бак.

Температура горячей воды после секции пастеризации контролируется преобразователем, сигнал которого подается на регулирующий прибор. Исполнительный механизм управляет вентилем подачи пара в инжектор для изменения температуры горячей воды.

Для выбора наиболее рациональных схем автоматического управления установкой проводят ее исследование с целью получения математического описания установки как объекта автоматизации. Определение статических и динамических характеристик позволяет выбрать наиболее эффективные регуляторы и параметры их настройки.

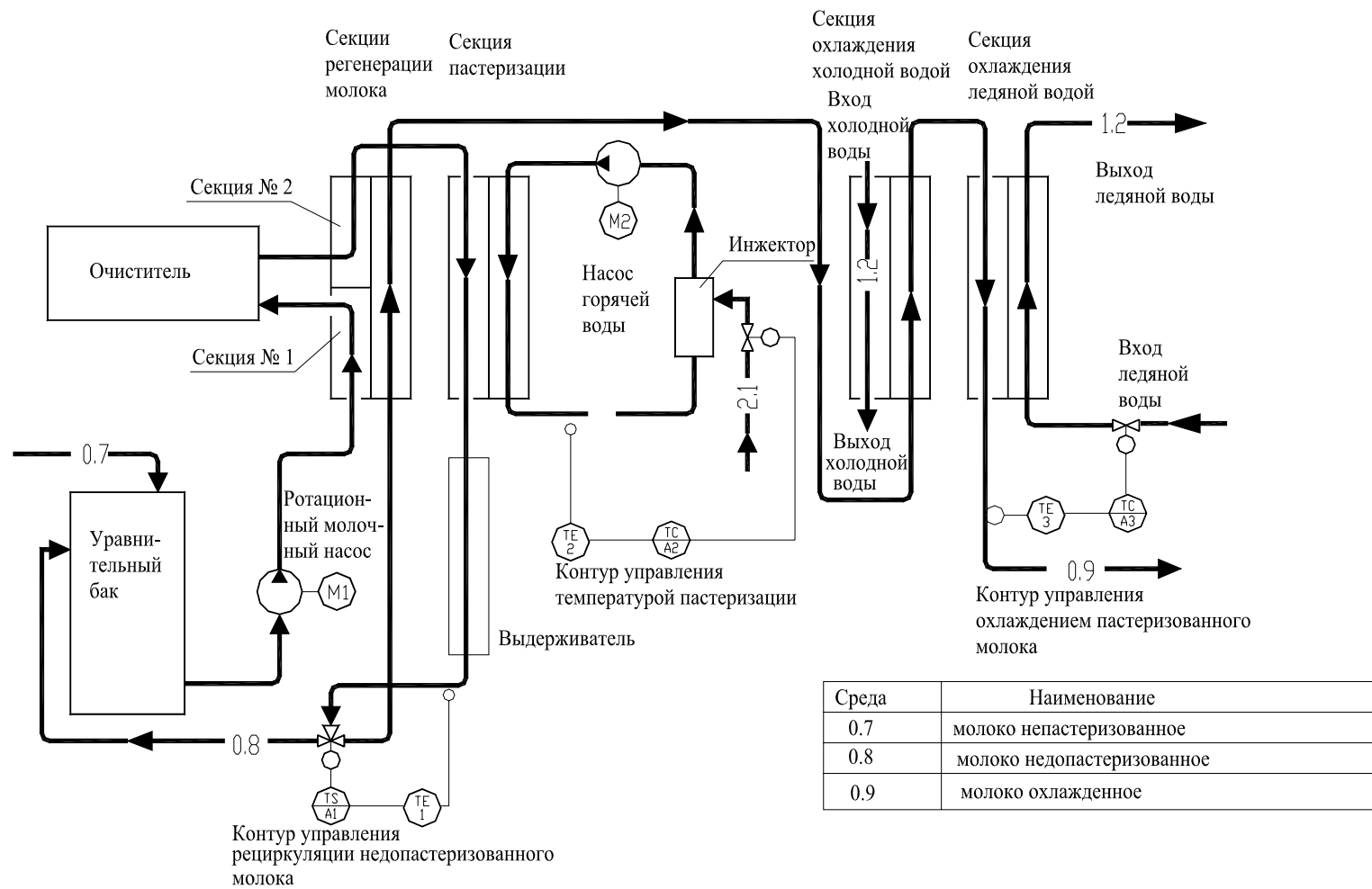


Рис. 4.95 Схема автоматизации пастеризационной установки

Рисунок 39 – Схема автоматизации пастеризационной установки

Процесс пастеризации и охлаждения молока можно представить структурными схемами, показанными на рис. 40. Входная величина секции пастеризации — расход пара  $G_{\text{п}}$ , выходная — температура молока  $\theta_{\text{м}}$ . Возмущениями являются непостоянство расхода молока  $G_{\text{м}}$ , его температура, изменение коэффициента теплопередачи пастеризатора вследствие отложения белка на теплопроводящих поверхностях. Входная величина секции охлаждения — расход хладоносителя  $G_{\text{хл}}$ , выходная температура холодного молока  $\theta_{\text{мх}}$ . Основными возмущениями в охладителях молока являются колебания температуры хладоносителя, изменение давления хладоносителя  $P_{\text{хл}}$ , расход молока  $G_{\text{м}}$  и др.

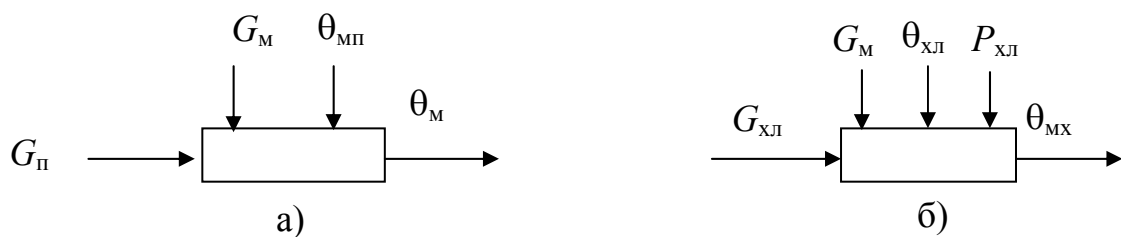


Рисунок 40 – Структурные схемы: *а* – пастеризации молока; *б* – охлаждение молока

Динамика нагревательной части пластинчатого пастеризатора по каналу «расход пара — температура молока» описывается уравнением теплового баланса секции пастеризатора и системы подогрева горячей воды. Если пренебречь потерями тепла в окружающую среду, то уравнение теплового баланса в установившемся режиме имеет вид:

$$C_{\text{м}} G_{\text{м}} (1 - \xi) (\theta_{\text{ми}} - \theta_{\text{мк}}) = G_{\text{п}} (i - C_{\text{в}} \theta_{\text{в}}), \quad (60)$$

где  $C_{\text{м}}$ ,  $C_{\text{в}}$  — теплоемкость молока и воды, кДж/кг;

$G_{\text{м}}$ ,  $G_{\text{п}}$  — расход молока и пара, кг/с;

$\xi$  — коэффициент регенерации теплоты;

$\theta_{\text{ми}}$ ,  $\theta_{\text{мк}}$  — температура молока на входе и на выходе пастеризатора;

$i$  — энтальпия пара, кДж/кг;

$\theta$  — температура воды.

Из уравнения (60) получаем статическую характеристику пастеризатора:

$$\theta_{\text{ми}} = \theta_{\text{мк}} + \frac{1 - C_{\text{в}} \theta_{\text{в}}}{C_{\text{м}} G_{\text{и}} (1 - \xi)} G_{\text{п}} \quad (61)$$

По результатам экспериментальных и теоретических исследований передаточная функция пастеризатора с достаточной для практики точностью может быть представлена апериодическим звеном первого порядка и звеном чистого запаздывания:

$$W(P) = \frac{k_{\text{п}}}{T_{\text{п}} P + 1} e^{-\tau_{\text{п}} P} \quad (62)$$

где  $k_{\text{п}}$  — коэффициент передачи;

$T_{\text{п}}$  — постоянная времени;

$\tau_{\text{п}}$  — время запаздывания, с.

Из уравнения (61) коэффициент передачи

$$k_{\text{п}} = \frac{1 - C_{\text{в}} \theta_{\text{в}}}{C_{\text{м}} G_{\text{м}} (1 - \xi)}. \quad (63)$$

Средние значения параметров  $k_{\text{п}}$ ,  $T_{\text{п}}$  и  $\tau_{\text{п}}$  для некоторых установок приведены в табл. 19.

Таблица 19 – Значения  $k_{\text{п}}$ ,  $T_{\text{п}}$  и  $\tau_{\text{п}}$

Установка	$k_{\text{п}}$	$T_{\text{п}}$ , с	$\tau_{\text{п}}$ , с	Производительность, л/ч	Площадь поверхности теплообменника, м <sup>2</sup>
ОПУ-3М	3820	250	20	3000	13,4
ОПУ-5М	2300	369	12	-	-
ОПФ-1	-	-	-	1000	2,5

При накоплении белковых веществ значение  $\tau$  возрастает на 50–70%.

Соотношение  $\tau/T < 0,2$  для секций пастеризации, что позволяет использовать регулирующие приборы, реализующие простейшие законы регулирования. На рис. 41 представлена принципиальная электрическая схема управления пластинчатой пастеризационной установкой «Пуск» и «Останов» приводов насосов и очистителей производится вручную с помощью кнопочных станций, что на рисунке не показано.

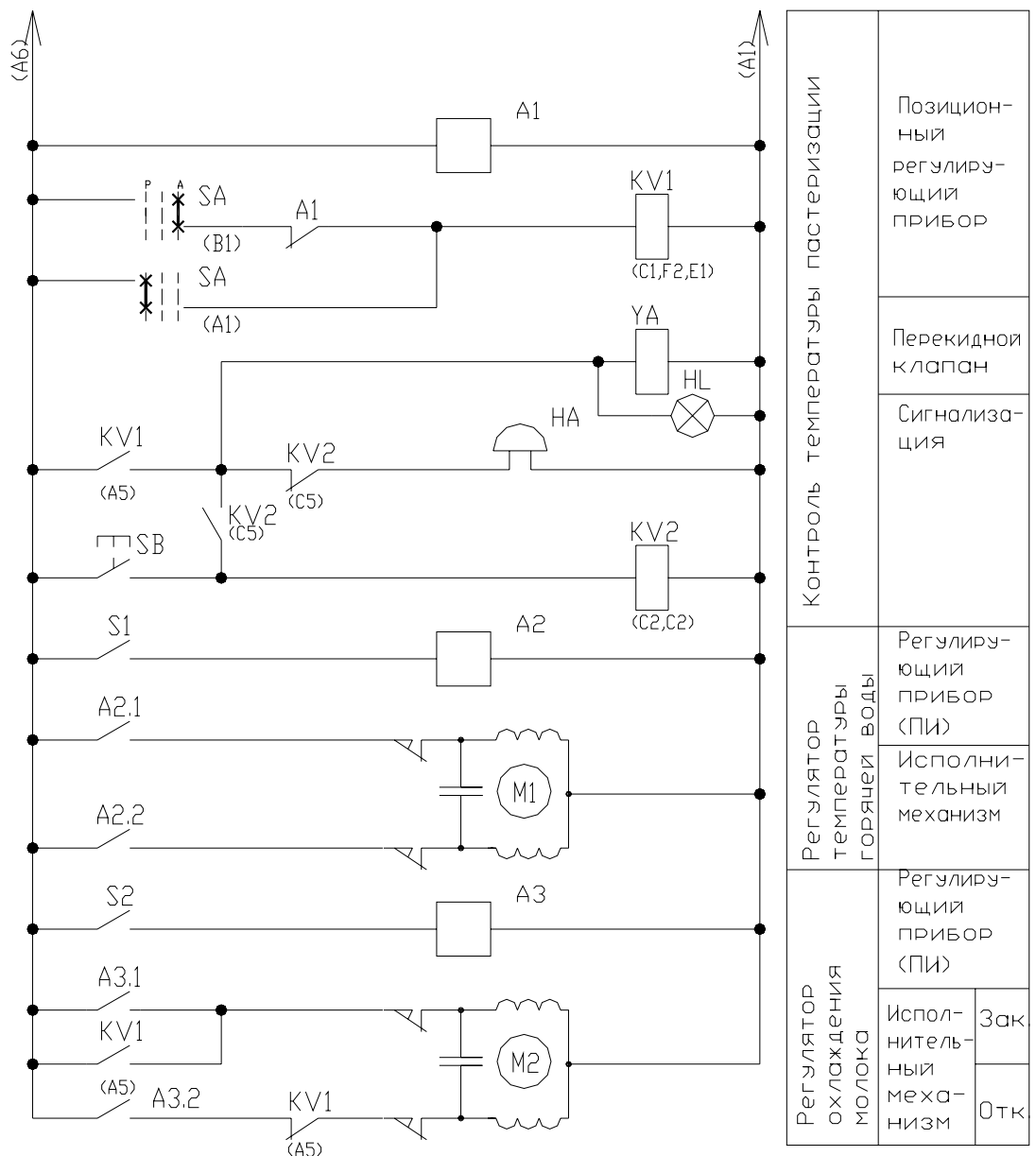


Рисунок 41 - Упрощенная принципиальная электрическая схема управления пластинчатой пастеризационной установкой

**Наладка регуляторов непрерывного действия.** Под законом регулирования подразумевается функциональная связь между выходным сигналом (координатой)  $X_{\text{ВЫХ}}$  регулятора и его входной координатой  $X_{\text{ВХ}}$  как в установившемся, так и в переходном режимах.

Среди непрерывных наиболее широко используются два основных простейших закона (П- и И-законы) и три их комбинации в сочетании с предварением или без него (ПИ-, ПД-, ПИД-законы).

Закон регулирования П-регулятора выражается уравнением:

$$X_{\text{ВЫХ}} = kX_{\text{ВХ}} \quad (64)$$

Его передаточная функция в операторной форме  $W_{(p)} = k_p$ .

Характерными величинами П-регулятора являются зона пропорционального  $X_p$  или коэффициент пропорциональности  $k_p$  и рабочая точка  $Y_o$ . Рабочая точка  $Y_o$  представляет собой такое значение выходного сигнала, при котором отклонение регулируемой величины становится равным нулю.

Закон регулирования И-регулятора выражается зависимостью:

$$X_{\text{ВЫХ}} = \frac{k_p}{T_i} \int X_{\text{ВХ}} dt, \quad (65)$$

а его передаточная функция уравнением

$$W_{(p)} = \frac{k_p}{T_i p} \quad (66)$$

Закон регулирования ПИ-регуляторов, которые иногда называют *изодромными*, описывается уравнением:

$$X_{\text{ВЫХ}} = k_p X_{\text{ВХ}} + \frac{k_p}{T_i} \int X_{\text{ВХ}} dt, \quad (67)$$

где  $T_i$  — постоянная времени интегрирующего звена (называется *временем изодрома*).

Передаточная функция ПИ-регулятора

$$W_{(p)} = k_p + \frac{k_p}{T_i p} \quad (68)$$

Структурная алгоритмическая схема ПИ-регулятора представляет собой параллельное соединение безынерционного и интегрирующего звеньев.

Закон регулирования ПИД-регулятора описывается уравнением:

$$X_{\text{вых}} = k_p X_{\text{вх}} + \frac{k_p}{T_i} \int X_{\text{вх}} dt + k_p T_d \frac{dx_{\text{вх}}}{dt}, \quad (69)$$

где  $T_d$  — постоянная времени дифференцирующего звена, которую иногда называют *временем предварения*.

Переходный процесс в автоматической системе должен по возможности иметь минимальное время регулирования, сравнительно небольшое динамическое отклонение регулируемой величины, небольшое перерегулирование и минимальную статическую ошибку. Однако удовлетворить все перечисленные требования одновременно ни одним регулятором невозможно. Поэтому параметры регуляторов принято настраивать на один из трех типовых *переходных процессов регулирования* рис. 42.

*Апериодический* — характеризуется минимальным временем регулирования для объектов с самовыравниванием (для объектов без самовыравнивания время регулирования велико), отсутствием перерегулирования, небольшим управляющим воздействием. Вместе с тем динамическое отклонение в этом процессе максимально. Такой тип переходного процесса рекомендуется в тех случаях, когда объект имеет несколько регулируемых величин и необходимо, чтобы регулирующее воздействие для рассматриваемой величины не оказывало нежелательного влияния на другие регулируемые величины.

*Процесс с 20%-ным перерегулированием* (со степенью затухания близкой к  $\Psi = 0,85-0,95$ ), который характеризуется наличием перерегулирования и уменьшенным динамическим отклонением регулируемой величины. Применяется к объектам, допускающим

перерегулирование, но чувствительным к большим динамическим отклонениям.

**Процесс с минимальной площадью отклонения регулируемой величины** характеризуется малым значением динамического отклонения, обеспечивает минимум интегральной квадратичной оценки, равной  $\int_0^{\infty} \Delta y^2 dt$ ; однако перерегулирование здесь большое, увеличивается время регулирования и требуется значительное управляющее воздействие на объект. Этот процесс применяют для тех объектов, в которых по техническим требованиям не допускается большое отклонение регулируемой величины.

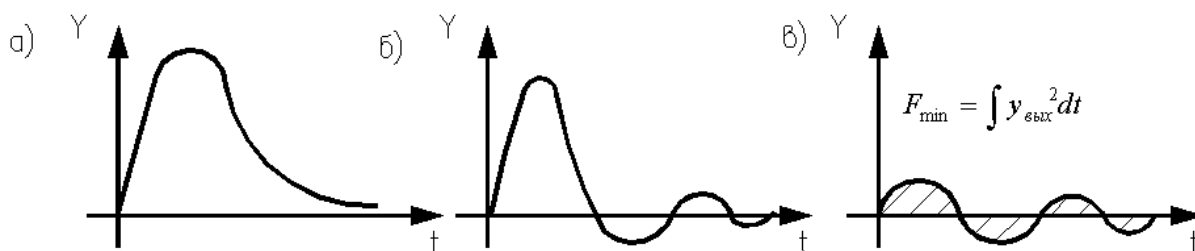


Рисунок 42 – Характеристики типовых переходных процессов: *a* – аperiodический; *б* – с 20%-ным перерегулированием; *в* – с минимальной площадью под кривой переходного процесса

Задача настройки регулятора заключается в том, чтобы применительно к данному объекту выбрать (рассчитать) и установить такие настроечные параметры (коэффициенты усиления, постоянные времени интегрирования и дифференцирования), которые обеспечили бы процесс регулирования, близкий к оптимальному.

Расчетные значения параметров настройки регуляторов для типовых переходных процессов приведены в табл. 20.

Значения коэффициентов усиления и постоянных времени в электрических аналоговых регуляторах устанавливают путем изменения сопротивления соответствующих переменных резисторов.

Регуляторы можно настроить без объекта в лаборатории на специально приспособленном стенде при этом на вход регулятора необхо-

димо подавать воздействия в виде изменяющейся регулируемой величины (температуры, влажности, уровня жидкости и т.п.). На выходе регулятора должны быть установлены приборы, регистрирующие изменение управляющего воздействия. На рис. 43 приведены динамические характеристики П-, ПИ- и ПИД- регуляторов.

**При настройке П-регуляторов** значение коэффициента усиления  $k_p$  определяют по динамической характеристике как отношение приращения выходной величины  $\mu$  к изменению входной величины  $\varphi$  (рис. 43, а).

**Приступая к настройке ПИ-регулятора**, сначала отключают интегральную часть и градуируют устройство для настройки. Затем, включив интегральную часть одновременно с пропорциональной, градуируют приспособление для настройки  $T_{и}$  при том же значении  $k_p$ . Как видно из рисунка 43, б выходной сигнал регулятора вначале изменяется на  $\Delta\mu$  за счет действия пропорциональной части, а затем он нарастает под действием интегральной части. Время, за которое произойдет удвоение выходного сигнала пропорциональной части характеристики, и будет временем изодрома  $T_{и}$ .

**ПИД-регуляторы** градуируют вначале при отключенной интегральной и дифференциальной части, то есть устанавливают величину  $k_p$ . Затем подключают интегральную часть и аналогично ПИ-регуляторам градуируют устройство для настройки  $T_{и}$ . Для настройки времени предварения  $T_{д}$  включают пропорциональную и дифференциальную части регулятора (при отключенной интегральной части). Устанавливают известное и на вход регулятора подают непрерывно возрастающее воздействие (рис. 43, в), скорость нарастания которого постоянна, и регистрируют изменение выходной величины изменяется резко (совершает скачок) за счет действия дифференциальной части, а затем нарастает под действием пропорциональной части.

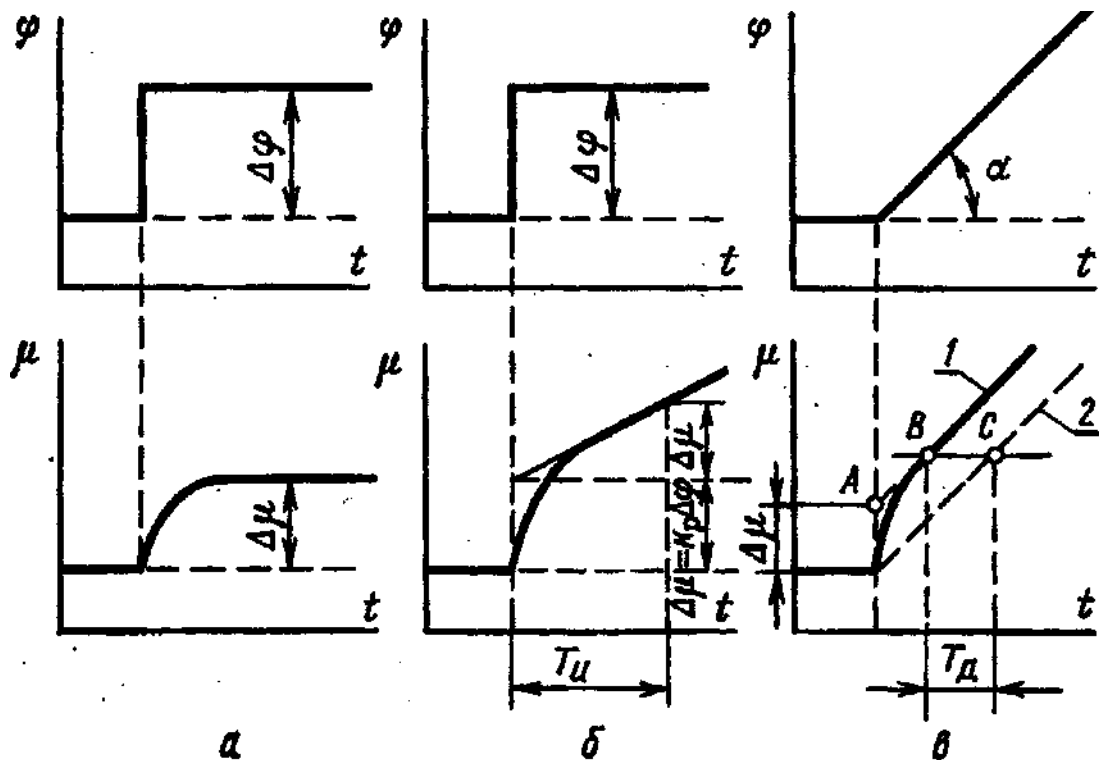


Рисунок 43 – Динамические характеристики: а) П-регулятора; б) PI-регулятора; в) PID-регулятора

Время предварения  $T_d$  определяют как разность времени достижения одних и тех же значений выходной величины регулятора при включенной и выключенной дифференциальной части. При выключенных интегральной и дифференциальных частях PID-регулятор превращается в П-регулятор (характеристика 2). Чтобы найти значение  $T_d$  проводят прямую, параллельную оси времени выше точки  $A$  так, чтобы она пересекла характеристики 1 и 2. Отрезок  $BC$  в масштабе времени определяет время предварения  $T_d$  при данном положении настроечных устройств.

Необходимо иметь в виду, что рассчитанные по таблице или выбранные по графикам настроечные параметры регуляторов вследствие неточности снятия и обработки характеристик объектов, ряда упрощений при математической обработке результатов вследствие неточного снятия и обработки характеристик объектов, ряда упрощений при математической обработке результатов и по другим причинам могут несколько отличаться от оптимальных значений, которые обеспечивают требуемый вид переходного процесса.

Таблица 20 - Параметры настройки аналоговых регуляторов непрерывного действия

Регулятор	Типовой процесс регулирования					
	апериодический		20%-ное перерегулирование		$\min \int x^2 dt$	
	статический объект	астатический объект	статический объект	астатический объект	статический объект	астатический объект
И	$k_p=0,22 A$	-	$k_p=0,59, A$	-	$k_p=0,59A$	-
П	$k_p=0,3 B$	$k_p=0,4 C$	$k_p=0,7 B$	$k_p=0,7 C$	$k_p=0,9B$	-
ПИ	$k_p=0,6 B$ $T_I=0,6 T_0$	$k_p=0,4 C$ $T_I=6\tau_3$	$k_p=0,7 B$ $T_I=0,7 T_0$	$k_p=0,7 C$ $T_I=3\tau_3$	$k_p=B$ $T_I=T_0$	$k_p=C$ $T_I=4\tau_3$
ПИД	$k_p=0,95 B$ $T_I=2,4 \tau_3$ $T_D=0,4 \tau_3$	$k_p=0,6 C$ $T_I=5\tau_3$ $T_D=0,2 \tau_3$	$k_p=1,2 B$ $T_I=2 \tau_3$ $T_D=0,4 \tau_3$	$k_p=1,1 C$ $T_I=2\tau_3$ $T_D=0,4 \tau_3$	$k_p=1,4B$ $T_I=1,3\tau_3$ $T_D=0,5\tau_3$	$k_p=1,4 C$ $T_I=1,6 \tau_3$ $T_D=0,5 \tau_3$

$A = \frac{1}{k_0 T_0}$ ;  $B = \frac{T_0}{k_0 \tau_3}$ ;  $C = \frac{T}{\tau_3}$ ;  $T$  — условная постоянная времени астатического объекта  
 $\tau_3 = \tau_{p.o} + T_{p.o} + \tau_0$

Поэтому в процессе наладки необходима корректировка параметров настройки. Однако при этом следует помнить, что любое изменение настройки регулятора для улучшения одних показателей может привести к ухудшению других. Например, уменьшение коэффициентов усиления приводит к уменьшению колебательности системы, уменьшению времени регулирования, но увеличивает статическую ошибку (для П-регуляторов). Увеличение времени изодрома способствует увеличению степени затухания переходного процесса, но при чрезмерном увеличении времени изодрома начинает проявляться статическая ошибка. Увеличение времени предварения до некоторых значений улучшает качество регулирования, но вместе с тем чрезмерное увеличение ухудшает показатели переходного процесса. Чрезмерное увеличение передаточного коэффициента или уменьшение времени интегрирования и увеличение времени предварения способствует увеличению колебательности процесса и могут привести к возникновению незатухающих колебаний системы, то есть к неустойчивому режиму работы автоматической системы.

### **Содержание отчета**

1. Схема автоматизации пастеризационной установки.
2. Выводы по пункту 2 порядка выполнения работы.
3. Принципиальная электрическая схема управления пластинчатой пастеризационной установкой.
4. Принципиальная электрическая схема управления перепускным клапаном.
5. Принципиальная электрическая схема поддержания уровня в уравнительном баке.
6. Методика наладки регуляторов непрерывного действия.

## Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте пастеризационную установку как объект автоматизации.
2. Какие контуры регулирования выявляют в процессе пастеризации? Проиллюстрируйте ответ схемой автоматизации.
3. Каким образом влияет изменение значений коэффициентов настройки регулятора на переходной процесс?
4. По каким критериям выбирают тип переходного процесса?
5. По мере работы пастеризационной установки накапливается накипь молока на пластинах пастеризатора, что приводит к уменьшению коэффициента передачи. Каким образом это влияет на работу системы регулирования температуры пастеризационной установки и какие действия необходимо предпринять службе КИПиА?
6. Раскройте методику наладки регуляторов непрерывного действия.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14**

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА В СЫРНЫХ ВАННАХ**

**Цель работы:** работы является изучение типовых решений автоматизации процессов переработки сельскохозяйственной продукции, освоение принципов построения систем управления подобными установками, возможностей реализации управления на современной аппаратной базе, методики настройки современных микропроцессорных регуляторов.

**Оборудование занятий:** справочные материалы, стенд с набором закрепленных элементов САУ и исполнительных устройств.  
Продолжительность работы – 2 часа.

#### **Вопросы предварительного контроля**

1. Какова методика наладки регуляторов непрерывного действия?
2. На какие типовые переходные процессы принято настраивать регуляторы непрерывного действия?
3. По каким критериям выбирают тип переходного процесса при наладке регуляторов непрерывного действия?

#### **Порядок выполнения работы**

1. Изучив раздел «общие сведения», сформулируйте требование к схеме управления оборудованием процесса переработки молока.
2. На основании состава элементов САУ, представленных на стенде (рис. 44), разработайте принципиальную электрическую схему управления в соответствии с сформулированными требованиями.
3. Соберите схему управления, проверьте с преподавателем и опробуйте работу установки.
4. Изучив возможности представленных на стенде аппаратов (приложение 5), произведите настройка программного регулятора.
5. Подключите к выходу регулятора магазин сопротивлений.

6. Снимите характеристику канала регулирования  $I=f(R)$ .
7. Определите, какими передаточными функциями могут быть описаны участки переходной характеристики.

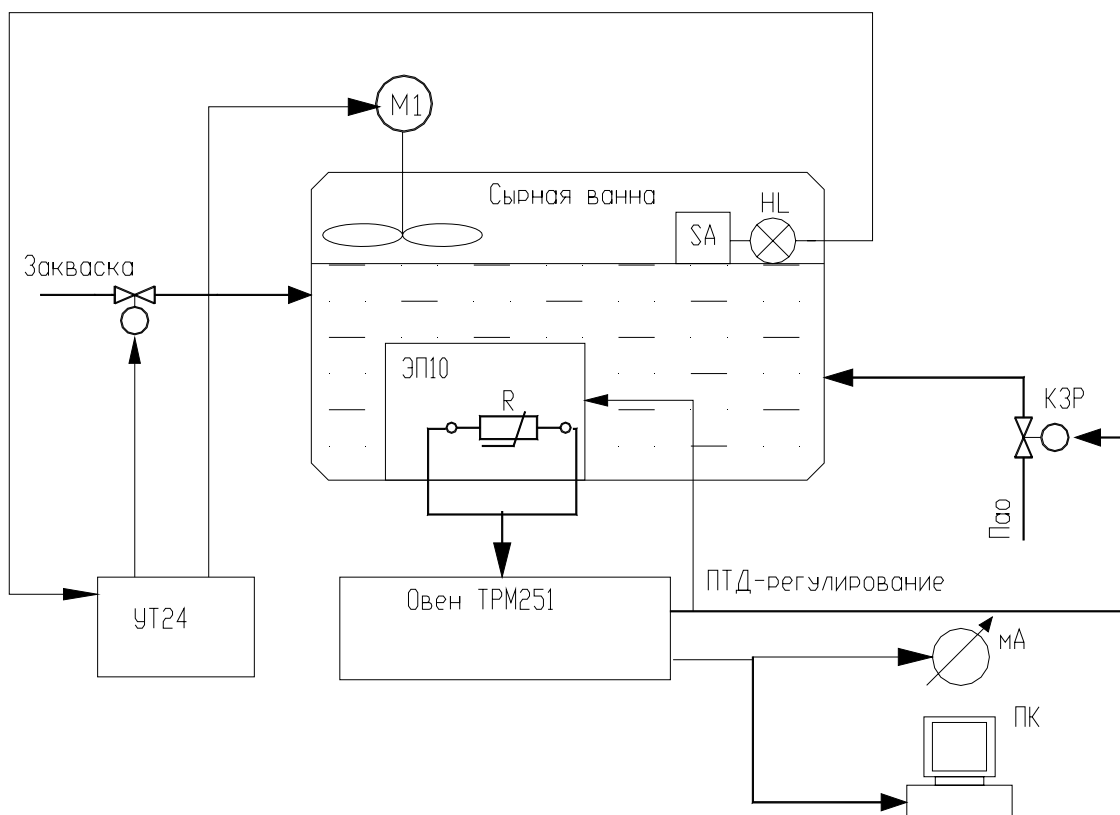


Рисунок 44 – Схема лабораторного стенда

### Общие сведения

Технологические процессы в соответствии с их общими физико-химическими и биологическими закономерностями можно представить в виде следующих типовых процессов: механические, гидродинамические, тепловые, массообменные, химические и микробиологические. Этот классификационный признак технологических процессов положен в основу разработки типовых схем автоматизации.

Основным регулируемым параметром в большинстве теплоэнергетических процессов (термоагрегаты, пастеризационно-охладительные установки, сушильные камеры и т.д.) является температура. Эти объекты характеризуются инерционностью и запаздыванием, что обуславливает значительную продолжительность переходных процессов.

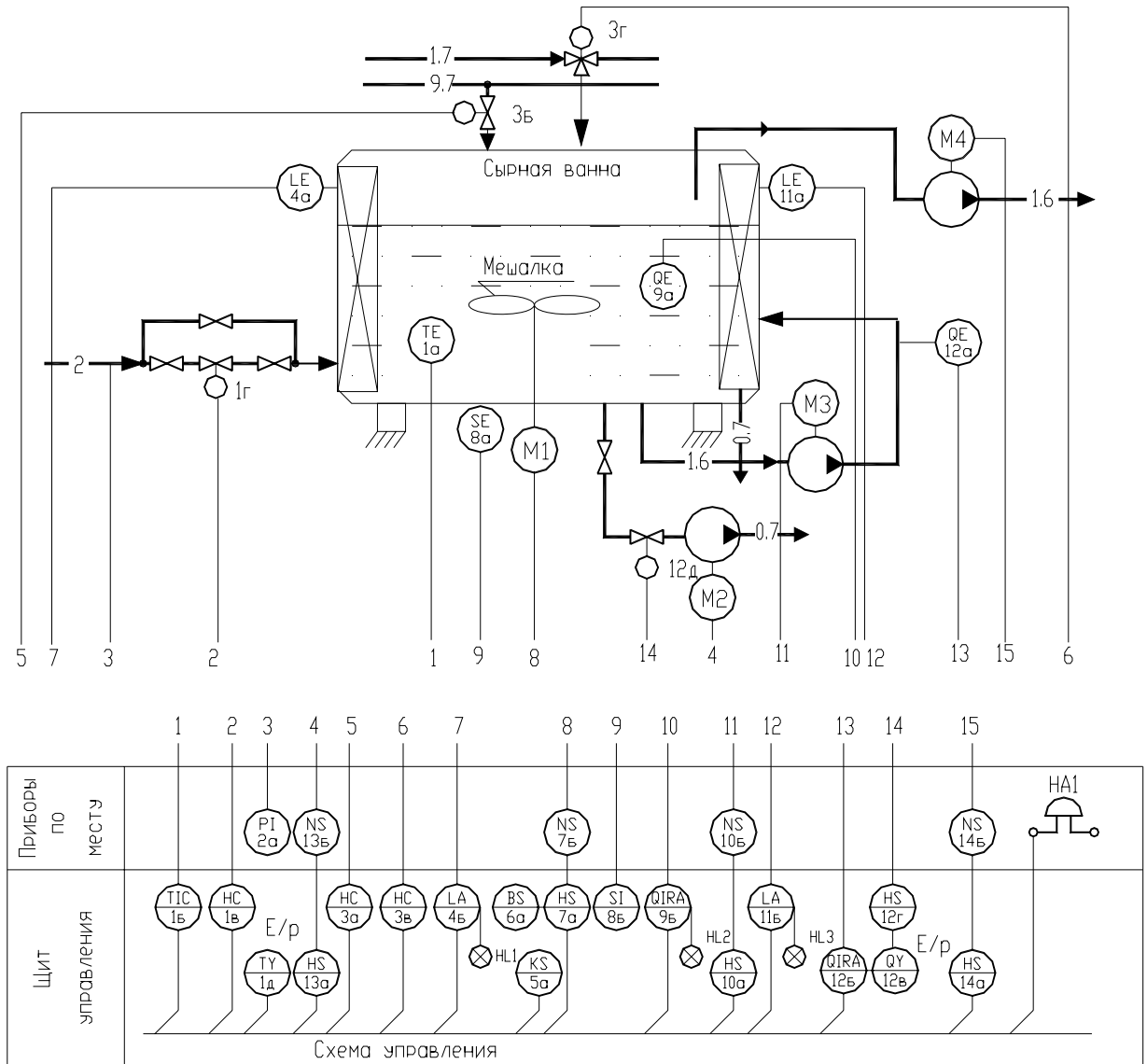
Задача регулирования температуры в аппаратах и агрегатах заключается в регулировании величины теплового потока от теплоносителя (или хладагента) к нагреваемому (охлаждаемому) веществу через стенки теплообменников. Наиболее распространенный способ регулирования температуры – это стабилизация расхода теплоносителя (или хладагента) в зависимости от изменения температуры в объекте. Наиболее интересный случай, когда температуру в объекте требуется менять по программе. Примером таких объектов является сырная ванна.

По требованиям к автоматизации процесса переработки молока в сырных ваннах автоматическое управление должно предусматриваться для следующих операций: заполнение емкостей молоком, внесение закваски и сычужного фермента, перемешивание в течение заданного промежутка времени заквашенного молока, выдержка его до образования сгустка, разрезание сгустка по достижении готовности (определяемой по вязкости), вымешивание сырного зерна и нагревание его по заданной программе.

Автоматическое регулирование процесса переработки молока в сырных ваннах (рис. 45) осуществляется в соответствии с [9, с. 198-200] следующим образом. Ванна заполняется в течение определенного времени с использованием клапанов 3г и 3б. По истечении 5 мин после заполнения ванны включается перемешивающий механизм, который подключен к регулятору напряжения 6а. Это позволяет осуществлять плавное регулирование частоты вращения мешалок. В то же время в ванну автоматически подается закваска, а через 15 мин вносится сычужный фермент. Еще через 5 мин мешалка отключается и начинается процесс формирования сгустка, который продолжается 35-40 мин. Ход процесса контролируется первичным преобразователем 9а и прибором 9б.

Программой предусмотрено включение механизма для разрезания сгустка по истечении 40 мин после внесения сычужного фермента. В случае его готовности ранее установленного времени механизм разрезания сгустка включается автоматически. Процесс разрезания сгустка

происходит в течение 15-20 мин при частоте вращения электродвигателя  $0,5-1 \text{ мин}^{-1}$ , что позволяет избежать потери жира с сывороткой. Контроль частоты вращения производится прибором 8б с преобразователем 8а.



0.7 - сырное зерно    1.7 - молоко  
1.6 - сыворотка    9.7 - закваска

Рисунок 45 – Схема автоматизации процесса переработки молока в сырных ваннах

Через 5 мин после разрезания сгустка автоматически включается мешалка для вымешивания зерна (частота вращения сначала  $0,5 \text{ мин}^{-1}$ , затем  $1 \text{ мин}^{-1}$ ). На 7-й минуте после разрезания сгустка

программное устройство включает двигатель М3 насоса подачи сыворотки к стеклянным электродам первичного преобразователя 12а рН-метра, который соединен с прибором 12б (заданное значение рН равно 6,5).

Затем за 10 мин включается исполнительный механизм 1г, установленный на паропроводе для нагревания смеси зерна с сывороткой. Нагревание происходит в течение 42 мин. Контроль давления пара осуществляется манометром 2а. Скорость изменения температуры постепенно возрастает с 0,12 °С/мин (в интервале 31-34 °С) до 0,16 °С/мин (в интервале 34-37 °С) и, наконец, до 0,2 °С/мин (в интервале 37-38 °С).

Управление работой клапана, установленного на паропроводе, производится по программе с помощью программного устройства 5а. При температуре, равной 38 °С, вступает в действие система регулирования температуры. Контроль и регулирование температуры осуществляются электроконтактного манометрического термометра 1б. Температура в ванне поддерживается до конца обработки зерна в ванне.

В зависимости от нарастания кислотности примерно на 70-й минуте (при рН 6,3) включается мешалка. По истечении 1-2 мин включается насос (М4) для удаления половины объема сыворотки.

Автоматическое отключение насоса и контроль уровня осуществляются прибором 11б. При рН 6,05 включается насос (М2) для перекачивания смеси зерна и оставшейся сыворотки. С помощью прибора 12б подается сигнал на открытие исполнительного механизма 12д, и ванна опорожняется. В случае отказа системы автоматики управление опорожнением ванны осуществляется дистанционно оператором. Для контроля работы САУ оператором используют сигнальные лампы НЛ1-НЛ3 и звонок НА1, оповещающий об окончании процесса в сырной ванне.

## **Содержание отчета**

1. Схема автоматизации сырной ванны.
2. Принципиальная схема подключения программного регулятора.
3. Методика наладки программного регулятора.

## **Контрольные вопросы**

1. Требования к САУ процессом переработки молока в сырной ванне.
2. Охарактеризуйте сырную ванну как объект автоматизации.
3. Принципы управления температурой массы в сырной ванне.
4. Возможности и область применения программных регуляторов.
5. Методика наладки программных регуляторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизация технологических процессов: методическое руководство к лабораторным работам. Цикл 3 / Сост. С.Н. Фурсенко. – Минск: БГАТУ, 1997. – 68 с.
2. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Н. М. Недилько. — Москва : Агропромиздат, 1986. — 368 с.
3. Клапвайк, Д. Климат теплиц и управление ростом растений / Пер. с голландского с предисловием Д.О.Лебла. – М.: Колос, 1976. – 127 с.
4. Рысс, А.А. Автоматическое управление температурным режимом в теплицах / А.А. Рысс, Л.И. Гурвич. – М.: Агропромиздат, 1986. – 128 с.
5. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск: БГАТУ, 2007. – 592 с.
6. Кудрявцев, И. Ф. Автоматизация производственных процессов на фермах / И. Ф. Кудрявцев, О.С. Шкляр, Л.Н. Матюнина. – Москва : Колос, 1977. — 288с.
7. Реле времени программируемое циклическое РСЗ-521, РСЗ-522: паспорт. – СООО «Евроавтоматика ФиФ», 2006. — 8с.
8. Кудрявцев, И. Ф. Автоматизация производственных процессов на фермах / И. Ф. Кудрявцев, О.С. Шкляр, Л.Н. Матюнина. – Москва : Колос, 1977. — 288с.
9. Гуров, А.М. Автоматизация технологических процессов / А.М. Гуров, С.М. Починкин. – М.: Высшая школа, 1979. – 380 с.
10. Мартыненко, И.И. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматики. – М.: Колос , 1981. – 304 с.
11. Мурусидзе, Д.Н. Установки для создания микроклимата на животноводческих фермах. – М.: Колос, 1979. – 238 с.
12. Славин, Р.М. Комплексная механизация и автоматизация промышленного птицеводства. – М.: Колос, 1978. – 320 с.

13. Бохан, Н.К. Контрольно-измерительные приборы в сельском хозяйстве. / Н.К. Бохан, В.А. Дайнеко, С.Н. Фурсенко. – Минск: Ураджай, 1989. – 160 с.
14. Элементы и устройства сх автоматики: справ. Пособие / Н.И. Бохан [и др.]. – Минск: Ураджай, 1989. – 238 с.
15. Кудрявцев, И.Ф. Автоматизация производственных процессов на животноводческих фермах и комплексах / И.Ф. Кудрявцев, О.Б. Карасёв, Л.Н. Матюнина. – М.: Агропромиздат, 1985. – 223 с.
16. Малин, Н.И. Энергосбегающая сушка зерна / Н.И. Малин. – М.: КолосС, 2004. – 240 с.
17. Краусп, В.Р. Автоматизация послеуборочной обработки зерна / В.Р. Краусп. – М.: Машиностроение, 1975. – 278 с.
18. Левин, Б.К. Регулирование парокотельных установок пищевых предприятий / Б.К. Левин. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.
19. Митин, В.В. Автоматика и автоматизация производственных процессов мясной и молочной промышленности / В.В. Митин, В.И. Усков, Н.Н. Смирнов. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 240 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Функциональные возможности и принципы программирования $\alpha$ -контроллера

Контроллеры  $\alpha$ -серии или  $\alpha$ -контроллеры (табл. П1.1 и П1.2) являются простыми многофункциональными контроллерами, хорошо приспособленными для решения задач управления технологическими процессами. Контроллер  $\alpha$ -серии, разработанный как компактное, универсальное изделие (рис. П1.1) для решения несложных задач, может вести управление в режиме реального времени. Однако следует исключить использования контроллеров данной серии, когда требуется обеспечить повышенную надежность управления (атомные станции и процессы, несущие повышенную опасность для обслуживающего персонала).

Характерные особенности  $\alpha$ -контроллеров:

- возможность отображения информации о состоянии параметров на ЖКИ-экране;
- легкость программирования;
- множество перезаписи программ;
- возможность поддержания аналогового входа и аналогового выхода;
- возможность пересылки данных по GSM модему;
- высокоскоростной счетчик.

Таблица П1.1 – Модификация контроллеров

Модель	Источник питания	Входная цепь		Выходная цепь		Размеры, мм
		Тип	Кол-во	Тип	Кол-во	
AL2-14MR-A	-100-240 В	-100-240 В	8	Реле	6	124,6x90x52
AL2-14MR-D	= 24 В	= 24 В Сток/Источник	8	Реле	6	
AL2-24MR-A	-100-240 В	-100-240 В	15	Реле	9	
AL2-24MR-D	= 24 В	= 24 В Сток/Источник	15	Реле	9	

Схемы подключения входов и выходов контроллера даны на рис. П1.2-П1.4, модулей расширения на рис. П1.5-П1.10.

Таблица П1.2 - Модификация модулей расширения

Модель	Входная цепь		Выходная цепь	
	Тип	Кол-во	Тип	Кол-во
AL2-4EX-A2	-220-240 В	4	-	
AL2-4EX	= 24 В Сток/Источник	4	-	
AL2-4EYR	-			4
AL2-4EYT	-			4
AL2-ASI-BD	Вход AS-интерфейс	4	Выход AS-интерфейс	4
AL2-2DA	-		Аналоговый сигнал (от 0 до 10 В или от 4 до 20 мА)	2
AL2-2PT-ADP	Датчик температуры PT-100	2	Аналоговый сигнал (от 0 до 10 В)	2
AL2-2TC	Датчик температуры термопарный (тип «К»)	2	Аналоговый сигнал (от 0 до 10 В)	2

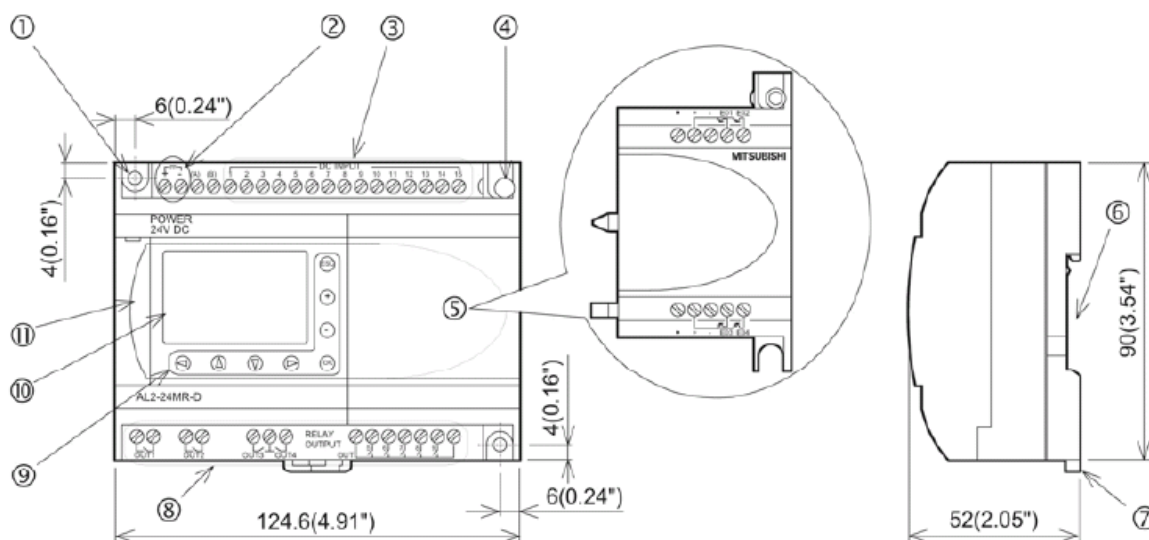


Рисунок П1.1 – Составные части контроллера: 1 – монтажное отверстие; 2 – контактные клеммы подключения питания; 3 - контактные клеммы подключения входных цепей; 4 – монтажный винт для присоединения корпуса расширителя или расширительного модуля; 5 – корпус расширителя или расширительный модуль; 6 – канавка для установки рельса в стандарте DIN; 7 – монтажные зажимы для установки рельса в стандарте DIN; 8 – выходные контактные клеммы; 9 – операционные клавиши; 10 – жидкокристаллический дисплей; 11 – крышка порта связи для программирования



Рисунок П1.2 – Схема электрических соединений с источником питания переменного тока и входными цепями: 1 – источник питания переменного тока (= 24 В); 2 – устройство отсоединения цепи; 3 – устройство защиты схемы (ограничение до 1 А); 4 - контактные клеммы подключения источника питания переменного тока; 5 – неиспользуемые контактные клеммы; 6 – входные контактные клеммы; 7 – цифровые входные выключатели

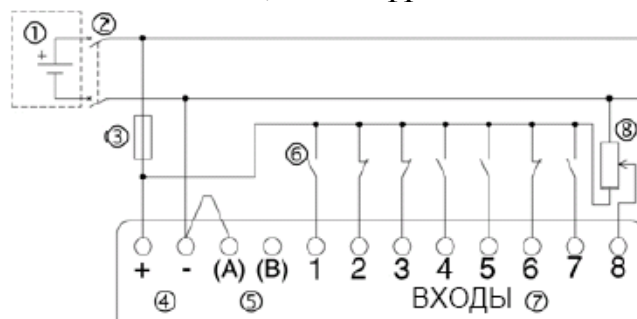


Рисунок П1.3 – Схема электрических соединений с источником постоянного тока и с входными цепями (при подключении источника с общим «+»): 1 – источник питания постоянного тока (= 24 В); 2 – устройство отсоединения цепи; 3 – устройство защиты схемы (ограничение до 1 А); 4 - контактные клеммы подключения источника питания постоянного тока; 5 – входные контактные клеммы для соединения с стоком/источником; 6 – входные датчики-выключатели; 7 – входные контактные клеммы; 8 – аналоговый вход

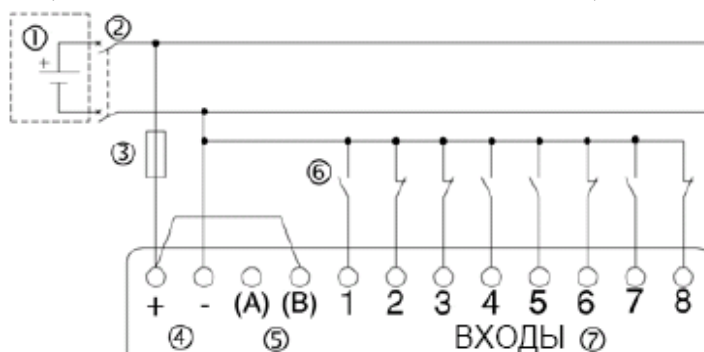


Рисунок П1.4 – Схема электрических соединений с источником постоянного тока и с входными цепями со стоком (при подключении источника с общим «-»): 1 – источник питания постоянного тока (= 24 В); 2 – устройство отсоединения цепи; 3 – устройство защиты схемы (ограничение до 1 А); 4 - контактные клеммы подключения источника питания постоянного тока; 5 – входные контактные клеммы для соединения со стоком/источником; 6 – входные датчики-выключатели; 7 – входные контактные клеммы

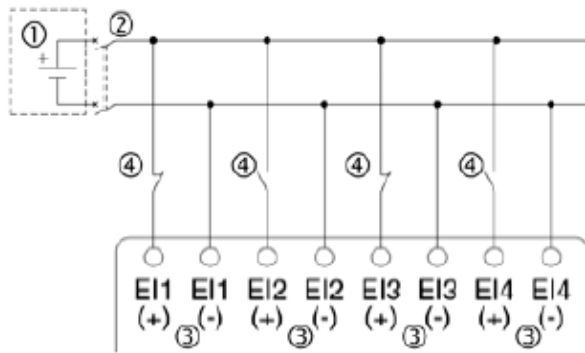


Рисунок П1.5 – Схема электрических соединений с входными цепями, для AL2-4EX (при подключении источника с общим «+»): 1 – источник питания постоянного тока (= 24 В); 2 – устройство отсоединения цепи; 3 – входные контактные клеммы; 4 - входные датчики-выключатели

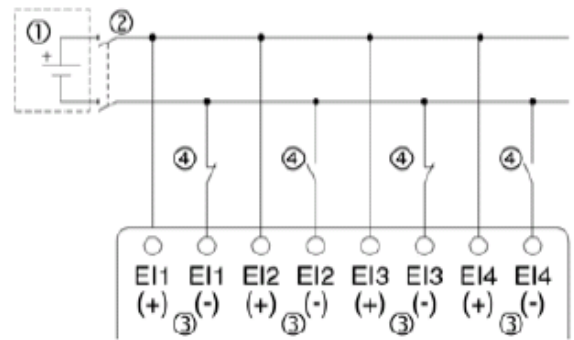


Рисунок П1.6 – Схема электрических соединений с входными цепями, для AL2-4EX, со стоком (при подключении источника с общим «-»): 1 – источник питания постоянного тока (= 24 В); 2 – устройство отсоединения цепи; 3 – входные контактные клеммы; 4 - входные датчики-выключатели

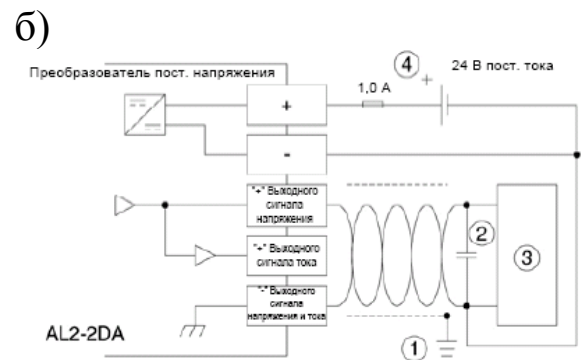
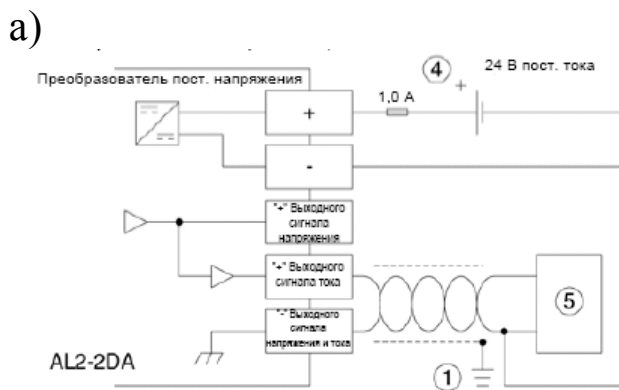


Рисунок П1.7 – Схема электрических соединений для AL2-2DA: а) в режиме выходного сигнала напряжения; б) в режиме выходного сигнала тока; 1 – заземляющее сопротивление 100 Ом или менее; 2 – конденсатор, подключаемый в случае шума; 3 – внешнее оборудование такое как инвертор; 4 - внешний источник питания постоянного тока (= 24 В); 5 – внешнее оборудование, такое, как записывающий измерительный прибор

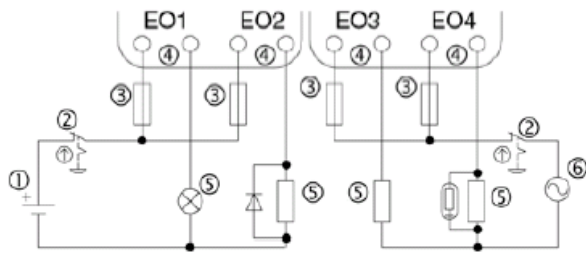


Рисунок П1.8 – Схема электрических соединений выходных цепей AL2-4EYR (переменный ток и/или постоянный ток): 1 – источник питания постоянного тока (= 24 В); 2 – аварийный выключатель; 3 – устройство защиты схемы (предохранитель  $\leq 3\text{A}$ ; 4 – взаимно-исключающие выходы; 5 – выходные устройства; 6 – источник питания переменного тока

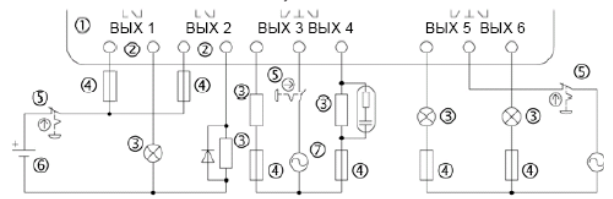


Рисунок П1.9 – Схема электрических соединений выходных реле главного блока (переменный ток и/или постоянный ток): 1 – главный блок контроллера; 2 – взаимно-исключающие выходы; 3 – выходные устройства; 4 – устройства защиты схемы; 5 – аварийный выключатель; 6 – источник питания постоянного тока; 7 – источник питания переменного тока

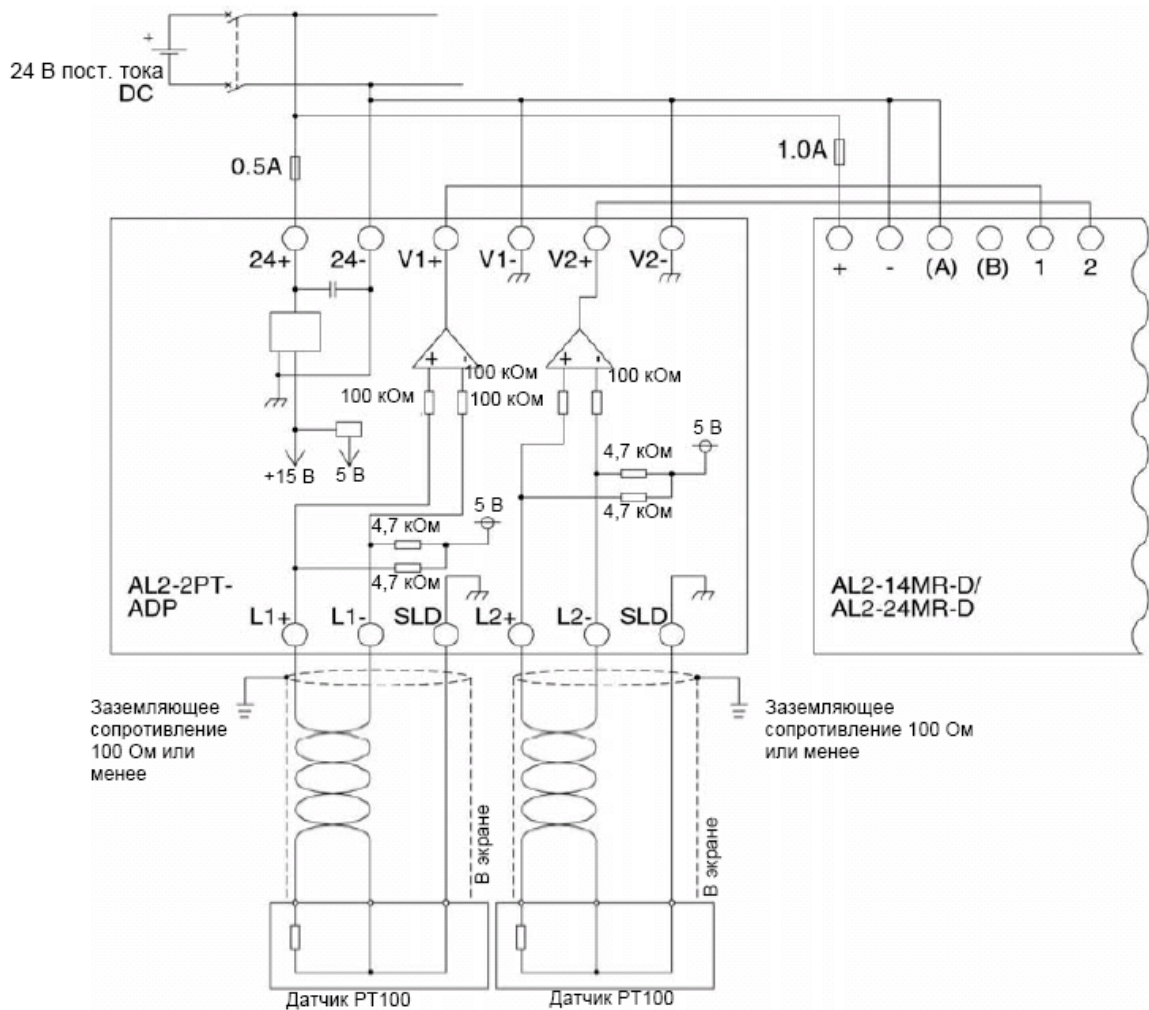
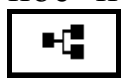


Рисунок П1.10 – Схема электрических соединений для AL2-2PT-ADP

$\alpha$ -контроллеры, относящиеся к программируемым логическим контроллерам (ПЛК), программируются на языке функциональных блокковых диаграмм (FBD) либо непосредственно с помощью кнопок, расположенных возле дисплея контроллера, либо с помощью компьютера через порт программирования с помощью пакета Alpha Programming. Последний способ обеспечивает простоту, наглядность и возможность моделирования. Поэтому на программировании с помощью компьютера остановимся более подробно. Рассмотрим последовательность создания программы в пакете Alpha Programming.

1. Для создания нового файла программы требуется выбрать пункт Новый (New) из меню Файл (File). Интерфейс пакета приведен на рисунке П1.11. При этом в открывшемся диалоге выбора типа контроллера требуется задать серию и модификацию контроллера, а также при необходимости задать плату расширения (только контроллер второго поколения) и выбрать кнопку **ok**. После данных действия в рабочей зоне будет открыто окно для набора функциональной блок-схемы, содержащее прямоугольники входов/выходов контроллера и наборное поле программы, а также окно мониторинга, где можно визуализировать процесс, подлежащий управлению.

2. Приступить к формированию программы, переключая группы функциональных блоков (таблица П1.3), перетаскивая их на наборное поле и соединяя их линиями связи (кнопка Провод (Wire)



). При этом доступны также команды копирования, удаления, вырезания (меню Правка – EDIT). Следует заметить, что линии связи должны соединять входы и выходы блоков. Для формирования связи следует щелкнуть левой кнопкой мыши на выходе блока и, не отпуская, подвести к входу, с которым требуется соединить. При необходимости линии связи можно двигать по полю для обеспечения удобочитаемости, но для этого необходимо отжать кнопку Провод (Wire), выделить требуемую линию, щелчком по ней, и тянуть за высветившиеся «ручки».

3. Проверить правильно ли действует программа позволяет режим моделирования. Для перехода в данный режим нужно воспользоваться меню Контроллер (Controller) → Моделирование (Simulation) → Запуск (Start). В режиме моделирования красным цветом показано прохождение сигнала, синим – бездействие линии, действующий аппарат в режиме работы подсвечивается. Менять состоя-

ние входов позволяет щелчок левой клавиши по ним. Кроме того в этом режиме можно настраивать параметры многих блоков программы и доступна установка текущего времени. Отключить режим моделирования программы можно по пути Контроллер (Controller) → Моделирование (Simulation) → Останов (Stop).

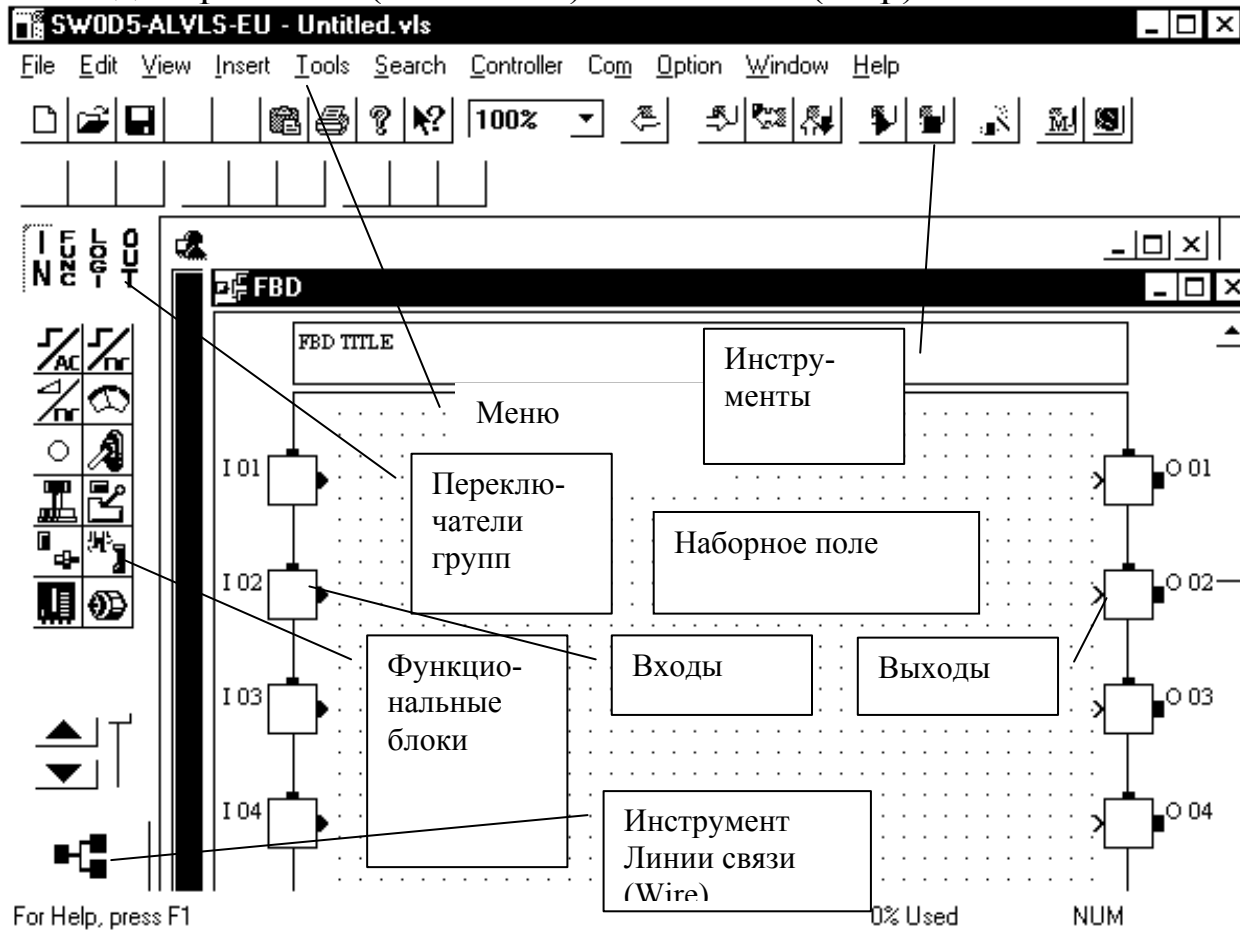


































Рисунок П1.11 - Интерфейс программы-компилятора










4. Если результат моделирования положителен, ошибок в программе не выявлено, можно приступить к записи программы в контроллер (при этом контроллер должен быть подключен к порту компьютера). Для этого используется тоже меню Контроллер (Controller) и пункт Запись в контроллер (Write to Controller). Некоторые другие команды меню Контроллер приведены в таблице П1.2.








Таблица П1.3 – Основные блоки, используемые для набора команд

















Наименование и изображение инструмента	Функциональное назначение блока
1	2
<p>Группа <b>Входные сигналы / Input Signals</b> (Панель IN – входные сигналы). Входной сигнал может иметь тип ЦИФРОВОЙ или АНАЛОГОВЫЙ. При размещении входного сигнала (цифрового или аналогового) во входном прямоугольнике (блоке IO) в окне Fbd, код устройства сигнала будет иметь символ «I». Аналоговые входные сигналы не могут размещаться в области соединительных проводов окна Fbd. Если входной цифровой сигнал размещен в окне Fbd в области соединительных проводов или в окне схематического представления, то код устройства сигнала будет иметь символ «B».</p>	
	Двоичный вход AC / BINARY INPUT AC
	Двоичный вход DC / BINARY INPUT DC
	Аналоговый вход DC / ANALOG INPUT DC
	Аналоговый вход / ANALOG INPUT
	Аналоговый вход PT100 / ANALOG INPUT PT100
	Аналоговый вход TC / ANALOG INPUT TC
	Вход S / INPUT S
	Рычажный переключатель с перекидной головкой / TOGGLE SWITCH
	Переключатель нажимного действия / PUSH SWITCH
	Ограничительный датчик / LIMIT SENSOR
	Датчик "Горячей" линии / HOTLINE SENSOR
	Датчик контроля человека / HUMAN SENSOR
	Контакт реле / RELAY POINT
	Устройство кодирования по углу поворота / ROTARY ENCODE
	Генератор импульсов / PULSE GENERATOR
	Аккумулятор / BATTERY
<p>Группа <b>Стандартные функции / Standard Functions</b> (Панель Functions – функции)</p>	
<p>Альтернативная / Alternate</p> 	<p>Альтернативная функция осуществляет переключение выходного сигнала всякий раз, когда происходит изменение состояния входного сигнала с OFF на ON. Если сигнал сброса имеет состояние ON, то выход изменяется на OFF независимо от состояния входного сигнала.</p>
<p>Булево Boolean</p> 	<p>Эта функция выполняет логические операции в уравнениях булевой алгебры с максимальным числом входов равным 4. Подключаемые входные сигналы должны быть только двоичного типа. В состав функции включены приведенные ниже логические операторы и круглые скобки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· И / AND</li> <li>· ИЛИ / OR</li> <li>· Исключающее ИЛИ / XOR</li> <li>· НЕТ / NOT</li> <li>· ( - левая скобка</li> <li>· ) - правая скобка</li> </ul>

1	2
<p>Сравнить / Compare</p> 	<p>Функция Compare выполняет сравнение двух подключенных к ней входов. Входами могут служить:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· значения установки параметров и текущие значения других функций;</li> <li>· аналоговое значение аналогового входного сигнала и выходное значение функции Gain;</li> <li>· постоянные значения при отсутствии подключенных к выходам функции сигналов или других функций.</li> </ul> <p>Функция имеет один вывод для двоичного входа, два вывода для входов типа слово / Word и один двоичный выход. Если подключен вывод двоичного входа, то процесс сравнения выполняется только при состоянии двоичного входа - ON. Если состояние двоичного входа - OFF, то процесс сравнения не выполняется.</p>
<p>Счетчик / Counter</p> 	<p>Функция счета подсчитывает фронты входного сигнала при изменении его состояния из OFF в ON. Когда подсчитанная величина достигает установленного параметром значения, подсчет прекращается и выходной сигнал изменяет состояние на ON. Если вход сигнала сброса - ON, то счетчик устанавливается в 0 и состояние выходного сигнала изменяется на OFF.</p>
<p>Реверсивный счетчик / Up/Down Counter</p> 	<p>Функция реверсивного счетчика подсчитывает фронты входного сигнала при изменении его состояния из OFF в ON. Когда подсчитанная величина достигает установленного параметром значения, подсчет прекращается и выходной сигнал изменяет состояние на ON. Реверсивный счетчик одновременно является счетчиком по возрастанию/инкрементным и по убыванию/ декрементным.</p>
<p>Задержка / Delay</p> 	<p>По отношению к заданному входу эта функция обеспечивает задержку выходного сигнала в течение заданного времени. Время задержки по включению / ON delay и задержки по выключению / OFF delay можно установить в диалоге задержки / Delay dialog. Эта функция имеет вывод двоичного входа, вывод входа сигнала сброса, вывод двоичного выхода и один вывод выхода типа слово (для записи текущего значения). Вывод входа сигнала сброса используется для установки выхода в состояние OFF, даже если состояние входа ON.</p>
<p>Мерцание / Flicker</p> 	<p>Если состояние входного сигнала ON, то функция мерцания / Flicker формирует на выходе сигнал, попеременно изменяющий состояние с ON на OFF с установленными временами для ON и OFF.</p>
<p>Коэффициент усиления / Gain</p> 	<p>Эта функция умножает значение аналогового входного сигнала на заданную величину, называемую коэффициентом усиления / Gain. Коэффициент усиления представляет собой отношение сигналов входа к выходу. Графически коэффициент усиления представляет собой наклон прямой линии вида:</p> $Y = (A/B) X + C,$ <p>где Y – выход; X – Вход; (A/B) - коэффициент усиления; A - числитель коэффициента усиления; B - знаменатель коэффициента усиления; C - Смещение.</p>

1	2
<p>Однократное исполнение / One Shot</p> 	<p>Данная функция позволяет сформировать импульс заданной продолжительности. Задать продолжительность можно в диалоге однократного исполнения / OneShot Dialog. У функции имеется вывод двоичного входа, вывод входа сигнала сброса, вывод выхода типа слово (для записи текущих значений) и вывод двоичного выхода.</p>
<p>Установить/Сбросить / Set/Reset</p> 	<p>Эта функция предназначена для установки значения выхода в соответствие с входом, если выбрана опция установить / set, в противном случае, она устанавливает значение выхода соответствующее инверсии входа. Функция имеет два вывода двоичного входа (выводы Set и Reset) и один вывод двоичного выхода.</p>
<p>Импульс / Pulse</p> 	<p>функция используется для формирования выходного импульса согласно состоянию входа и выбранной опции в диалоге Pulse. Эта функция имеет один вывод двоичного входа и один вывод двоичного выхода.</p> <p>Варианты установки выхода:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· изменение входа от ON к OFF.</li> <li>· изменение входа от OFF к ON.</li> <li>· оба изменения входа от ON к OFF и от OFF к ON.</li> </ul>
<p>Триггер Шмидта / Schmitt Trigger</p> 	<p>Функция триггер Шмидта имеет также название функция Гистерезиса / Hysteresis (запаздывание). Она имеет задаваемые нижний и верхний пороговые значения и изменяемое входное значение. Функция триггер Шмидта имеет один двоичный вход, три входных вывода типа слово и один двоичный выход.</p>
<p>Сравнение зон / Zone Compare</p> 	<p>Функция сравнения зон проверяет, находится ли входная величина в пределах зоны, ограниченной верхними и нижними границами, а именно, малой / Small и Большой / Large, которые могут быть установлены в диалоге сравнения зон / zone compare dialog. Если изменяемая величина оказывается в пределах зоны сравнения, то выход изменится на ON или OFF, в зависимости от установленной пользователем опции (ON in the zone или OFF in the zone). По умолчанию установлена опция ON in the zone.</p>
<p>Счетчик моточасов / Hour Meter</p> 	<p>Эта функция применяется в качестве сервисного Таймера / maintenance Timer. Установленное время / Set Time - время, предназначенное для обслуживания. Если состояние входа изменится на ON, то выход также перейдет в ON после истечения установленного времени. Текущее Время / Current Time - значение часов и минут, истекших до настоящего времени.</p>
<p>Реле времени / Time Switch</p> 	<p>Реле времени / Time Switch представляет собой таймер для аппаратных средств контроллера. Он используется для переключения выхода в назначенное время в состояние ON или OFF.</p>
<p>Отображение / Display</p> 	<p>Функция отображения / Display function управляет отображаемой информацией на LCD дисплее контроллера. Используя эту функцию, пользователь может ввести текст (длиной до 63 символов), или определить параметры отображаемой функции.</p>

1	2
<p>Альтернативная с задержкой / Delayed Alternate</p> 	<p>Данная функция используется для формирования импульса с задержкой. Она имеет вывод двоичного входа, вывод сброса, вывод двоичного выхода, и вывод выхода типа слово.</p>
<p>Альтернативная с задержкой / Delayed One Shot</p> 	<p>Эта функция используется для формирования задержанного импульса однократного исполнения. У нее имеется вывод двоичного входа, вывод сброса, вывод двоичного выхода, и вывод выхода типа слово.</p>
<p>Однократного исполнения произвольной длины / Random One Shot</p> 	<p>Функция предназначена для формирования импульса однократного исполнения произвольной длины. Она имеет вывод двоичного входа, вывод сброса, вывод двоичного выхода, и вывод выхода типа слово.</p>
<p>Умножения / Multiplication</p> 	<p>Функция используется для перемножения входных величин А и В. Она имеет три входных вывода и два вывода выхода</p>
<p>Деление / Division</p> 	<p>Функция используется для получения результата от деления входной величины А на входную величину В. Она имеет три входных вывода и три вывода выхода. Выводы Номер 1, Номер 2 могут быть подключены к выводам типа слово подключаемого FB и к аналоговым сигналам. Вывод Номер 4 является выходом типа слово.</p>
<p>Сложение / Addition</p> 	<p>Функция используется для получения суммы входных величин. Она имеет 3 входных вывода и 2 вывода выхода. К выводам 1 и 2 могут быть подключены выходы FB типа слово и аналоговые входные сигналы.</p>
<p>Вычитание / Subtraction</p> 	<p>Функция используется для получения результата вычитания входной величины В из входной величины А.</p>
<p>Определение скорости / Speed Detect</p> 	<p>Эта функция используется для подсчета входных импульсов счетчика на установленном периоде времени.</p>
<p>Модуляция ширины импульса / Pulse Width Modulation(PWM)</p> 	<p>Данная функция используется для изменения длины выходного импульса, основываясь на установленном периоде и режиме работы / duty. Она имеет 2 входных вывода и 1 вывод выхода. К выводу 1 может быть подключен функциональный блок (FB) с выходом типа Word или аналоговый входной сигнал. На выходе типа слово Номер 3 могут быть установлены следующие опции:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Period (установленное значение периода);</li> <li>· Cur Period (текущее значение периода)</li> </ul>

1	2
Вычисление / Calculation 	Функция используется для получения результата вычисления, проводимого с четырьмя входными сигналами посредством пяти операторов +, -, *, /, %. Она имеет пять входных выводов и два вывода выхода.
Короткое сообщение GSM (GSM_SMS) / GSM Short Message (GSM_SMS) 	Данная функция используется для взаимодействия с подсоединенным к модему контроллером Alpha с мобильного телефона или персонального компьютера с помощью SMS (Службы коротких сообщений / Short Message Service). Для реализации взаимодействия между контроллером Alpha и мобильным телефоном через центр SMS пользователь должен установить для модема GSM, подключенного к контроллеру Alpha, ряд параметров, необходимых для обслуживания SMS.
Сдвига / Shift 	Эта функция используется для передачи состояния входа на выход непосредственно перед тем, как входной сигнал изменит свое состояние на ON. У нее имеется вывод двоичного входа, входной вывод сдвига, вывод входа установки, вывод входного сигнала сброса и вывод двоичного выхода.
Аналоговый выход / Analog Output 	Эта функция используется для преобразования цифрового значения, представленного в виде константы в формате слово, аналогового входа или выхода типа слово другого FB в аналоговое значение для вывода по одному из двух каналов AL2-2DA платы расширения. Для каждого из каналов 2DA платы может быть выбран или режим источника напряжения или режим источника тока. В режиме источника напряжения цифровое значение от 0 до 4000 преобразуется в величину напряжения в диапазоне от 0 до 10 В, в режиме источника тока, цифровое значение от 0 до 2000 преобразуется в величину тока в диапазоне от 4 до 20 мА. Функциональный блок имеет только 3 входных вывода. Выходные выводы отсутствуют.
ПИД-регулятор / PID 	Эта функция используется в PID (пропорционально – интегрально - дифференциальном) управлении. С помощью PID управления можно контролировать процессы, например, поддержания заданного значения температуры. Результатом выполнения операции FB является величина управляющего воздействия / manipulation value (MV), рассчитываемая на основе установленного значения / set value (SV), значения процесса / process value (PV) и параметров FB.
ПКС / SMR 	Функциональный блок SMR используется для приема коротких сообщений (ПКС) пакетов GSM.
ОВ / CD 	Эта функция используется для управления определением вызова (ОВ).

Группа <i>Логические функции / Logic Functions</i> (Панель <i>Logic</i> – логические функции)	
И /AND 	Данная функция предназначена для выполнения с входными сигналами логической операции AND (И): если состояние всех входов ON, то состояние выхода будет ON, иначе состояние выхода OFF. Подключаемые к входам сигналы должны быть только двоичными. У функции имеется 4 вывода двоичного входа и 1 вывод двоичного выхода.
ИЛИ / OR 	Данная функция предназначена для выполнения с входными сигналами логической операции OR (ИЛИ): если все входы имеют состояние OFF, то состояние выхода OFF, иначе состояние выхода ON. Подключаемые к входам сигналы должны быть только двоичными. У функции имеется 4 вывода двоичного входа и 1 вывод двоичного выхода.
НЕ / NOT 	Данная функция предназначена для выполнения с входными сигналами логической операции NOT (НЕ): выход является отрицанием входа. Подключаемые ко входам сигналы должны быть только двоичными. У функции имеется 1 вывод двоичного входа и 1 вывод двоичного выхода.
Исключающее ИЛИ / XOR 	Данная функция предназначена для выполнения с входными сигналами логической операции XOR (исключающее ИЛИ): если оба входа одновременно имеют состояние OFF или ON, то выход - OFF, иначе выход - ON. Подключаемые к входам сигналы должны быть только двоичными. У функции имеется 2 вывода двоичного входа и 1 вывод двоичного выхода.
И-НЕ / NAND 	Данная функция предназначена для выполнения с входными сигналами логической операции NAND (И-НЕ): если состояния всех входов ON, то состояние выхода OFF, иначе выход имеет состояние ON. Подключаемые к входам сигналы должны быть только двоичными. У функции имеется 4 вывода двоичного входа и 1 вывод двоичного выхода.
ИЛИ-НЕ / NOR 	Данная функция предназначена для выполнения с входными сигналами логической операции NOR (НЕ - ИЛИ): если состояние всех входов OFF, то состояние выхода ON, иначе состояние выхода OFF. Подключаемые к входам сигналы должны быть только двоичными. У функции имеется 4 вывода двоичного входа и 1 вывод двоичного выхода.
Группа <i>Выходные сигналы / Output Signals</i> (Панель <i>OUT</i> - Выходные сигналы). Выходные сигналы могут быть только цифровыми. Код устройства выходного сигнала – «O». Если выходной сигнал помещен в окно Fbd или окно схематического представления, то код устройства сигналов станет «B». Выходной сигнал имеет один входной вывод и один вывод для выхода.	
	Двоичный выход / BINARY OUTPUT
	Выход S / OUTPUT S
	Световой индикатор / LIGHT
	Светодиод / LED
	Обмотка реле / RELAY COIL
	Электромагнитный контактор / MAGNETIC CONTACTOR
	Электромагнитная катушка / ELECTRO MAGNETIC BULB
	Цилиндр / CYLINDER
	Двигатель / MOTOR
	Устройство звуковой сигнализации / BUZZER




1	2
	Вентилятор / VENTILATION FAN
	Нагреватель / HEATER
	Электромагнитная муфта / ELECTRO MAGNETIC CLUTCH

Таблица П1.4 – Команды меню пакета Alpha Programming

Команда	Назначение команды
1	2
Команды меню Файл / File	
Новый / New	Создает новый документ.
Открыть / Open	Открывает существующий документ.
Закрывать / Close	Закрывает открытый документ.
Сохранить / Save	Сохраняет открытый документ используя то же самое имя файла.
Сохранить как / Save As	Сохраняет открытый документ под установленным именем файла.
Установка параметров печати / Print Setup	Позволяет выбрать принтер для печати и произвести его подключение.
Предварительный просмотр печати / Print Preview	Отображение на экране документа в том виде как он будет выглядеть при печати
Печать / Print	Печать документа.
Выход / Exit	Выход из приложения.
Команды меню Правка / Edit	
Отмена / Undo	Отменяет результат получившийся от выполнения предыдущей команды.
Восстановить / Redo	Повторяет предыдущую операцию редактирования.
Вырезать / Cut	Удаляет данные из документа и перемещает их в буфер обмена.
Копировать / Copy	Копирует данные из документа в буфер обмена.
Вставить / Paste	Внедряет данные из буфера обмена в документ.
Удалить / Delete	Удаляет выбранный элемент
Выделить всё / Select All	Выделяет все видимые элементы
Вставить Функцию/Знак логической операции / Insert Func/Logic	Вставляет функцию или знак логической операции.
Изменить Функцию/Знак логической операции / Change Func/Logic	Заменяет выбранную функцию или знак логической операции другой функцией или знаком.
Команды меню Вид / View	
Открыть окно схематического представления / Open System Sketch	Открывает/Закрывает окно схематического представления
Открыть FBD / Open FBD	Открывает/Закрывает окно Fbd
Стандартная панель инструмента / Standard Toolbar	Отображает или скрывает стандартную панель инструментов.
Панель инструментов рисования / Drawing Toolbar	Отображает или скрывает инструментальную панель рисования.

1	2
Инструментальная панель принадлежностей / Accessories Toolbar	Отображает или скрывает инструментальную панель Принадлежности.
Инструментальная панель подключения / Controller Toolbar	Отображает или скрывает инструментальную панель Контроллер.
Инструментальная панель подключения / Wiring Toolbar	Отображает или скрывает инструментальную панель Подключение.
Инструментальная панель изображения / Image Toolbar	Отображает или скрывает инструментальную панель Изображение.
Инструментальная панель функций пользователя / User Function Toolbar	Отображает или скрывает инструментальную панель Функции пользователя.
Строка состояния / Status Bar	Отображает или скрывает строку состояния.
Изменить размер окна / Zoom	зменяет масштаб текущего представления.
Команды меню Вставка / Insert	
Изображение для жидкокристаллического дисплея / LCD Image	Выводит на диалог (отображается только в окне схематического представления)
Комментарий / Comment	Вставляет комментарий в место отмеченное щелчком в окне Fbd, Sub Fbd или HMI (интерфейс управления концентратором).
Вставить новый объект / Insert New Object	Вставляет и внедряет в документ объект, например такой как диаграмма или уравнение.
Связи / Links	Отображает связи с внедренными документами и позволяет их редактировать.
Объект /Object	Здесь можно выполнить команды OLE (Связь и внедрение объектов / Object Linking and Embedding)
Команды меню Контроллер / Controller	
Записать информацию в контроллер / Write to Controller	Осуществляет запись информации в контроллер.
Считать информацию из контроллера / Read from Controller	Считывает информации из контроллера.
Сверить данные контроллера с программой / Verify Controller data with Program	Сверяет данные контроллера с данными программы.
Очистить содержимое контроллера / Clear Controller Contents	Выполняет очистку памяти контроллера.
Диагностировать контроллер / Diagnosis of Controller	Отображает информацию о проверке контроллера.
Проверить используемую память / Check Used Memory	Отображает информацию запоминающего устройства контроллера.
Моделирование / Simulation	Запускает или останавливает режим моделирования.
Запустить контроллер / Drive Controller	Запускает или останавливает контроллер.
Мониторинг/Проверка / Monitor/Test	Запускает или останавливает режим мониторинга контроллера.
Команды меню Коммуникации / Com	
Конфигурация / Configuration	Устанавливает конфигурацию последовательного (Com) порта
Подключить линию / ConnectLine	Осуществляет набор номера телефона.
Отключить линию / Disconnect Line	Производит отключение текущего соединения.

Команды меню Опции / Option	
Выбрать тип контроллера/Select Controller Type	Позволяет выбрать типа контроллера.
Изменить штырьки ввода-вывода / Change Input/Output Pins	Изменяет номера выводных штырьков ввода-вывода.
Использовать значки определяемые пользователем / User Defined Icons	Пользователь получает возможность определять свои собственные значки.
Установить значок функции / Function Icon Set	Позволяет разместить значок функции.
Установить цвет провода / Set Wire Color	Изменяет цвет проводов.
Установить базовый цвет окна Fbd / Set Fbd Base Color	Изменяет цвет фона в окне функциональной блок-схемы.
Установить базовый цвет окна Схематического представления / Set System Sketch Base Color	Изменяет цвет фона в окне схематического представления.
Формат представления даты / Date Format	Изменяет формат представления даты.
Изменить значение текущего времени / Change Current Time	Используется для изменения значения текущего времени в функции переключения времени / Time Switch function.
Выделенное соединение / Dedicated Communication	Используется для вызова диалога подключения к выделенному соединению.
Радиочасы / Radio Clock	Используется для установки функции Radio Clock.
Аналоговый вход / Analog Input	Используется для изменения шкалы значений температур аналогового входного сигнала.
GSM (глобальная система мобильной связи) и передача данных через последовательный порт / GSM and Serial Communication	Предназначена для инициализации Модема.
Выбрать шрифт / Select Font	Используется для выбора желаемого шрифта и его размера, а так же изменения установок значений шрифта, используемых по-умолчанию в программном обеспечении VLS.
Сетка / Grid	Позволяет нанести в поле окна разметку в виде сетки.
Показать сетку / Show Grid	Позволяет отобразить или скрыть сетку.

## Устройство ступенчатой имитации «заката» и «рассвета»

Устройство трехступенчатого включения и отключения освещения применяется для птичников с напольным содержанием. «Сумерки» и «рассвет» в схеме устройства (рис. П2.1) имитируют, последовательно увеличивая число включенных линий освещения, содержащих различное количество ламп одинаковой мощности. Последовательность включения линий задается распределительным кулачковым устройством, приводимым в движение однофазным двигателем с редуктором. В схеме используется программное устройство типа УПУС. Часовой механизм этого устройства (типа 2РВМ) через шестеренчатую передачу 2 вращает программный барабан 3. На барабан 3 наклеивается лист бумаги, с нанесенной программой. УПУС позволяет выдавать многонедельную программу за счет сложения двух движений: вращательного – программного барабана и поступательного – втулки с роликом. Скорость перемещения контактного ролика вдоль барабана 0,75 мм в сутки. Следовательно, в каждые следующие сутки длительность горения ламп будет другой. Когда ролик касается металлической поверхности барабана, реле К1 получает питание и замыкающим контактом включает реле К2. Искрение между контактным роликом и поверхностью барабана предотвращает электрическая цепь задержки, которая состоит из диода, резисторов, реле К1 и конденсатора.

При поступлении сигнала от программного устройства на реле К2 замыкается его контакт в цепи электродвигателя М1, который получает питание через микровыключатели SQ1...SQ3. Понижающий редуктор медленно поворачивает кулачки, и уже через 10-12 с микровыключатель SQ1 переключится. В результате в цепь тока вводится магнитный пускатель КМ1 и включает первую группу ламп. Затем в течение 10 минут срабатывают последовательно микровыключатели SQ2 и SQ3 и включают вторую и третью группу ламп, после чего электродвигатель М1 останавливается.

Однако часовой механизм находится в работе и программный барабан УПУС вращается. Считывающий ролик попадает на диаграммную бумагу, К1 и К2 выводятся из цепи тока. Двигатель опять получает питание через контакты пускателей КМ1 и КМ3. В

результате лампы гаснут в той же последовательности, что и во время имитации «рассвета».

Во второй половине дня, когда естественное освещение становится недостаточным, считывающий ролик опять попадает на металлическую поверхность барабана, и процесс повторяется.

В ручном режиме, когда схемой управляют посредством кнопок SB1 и SB2 и пускателя KM4, освещение работает в одну ступень.

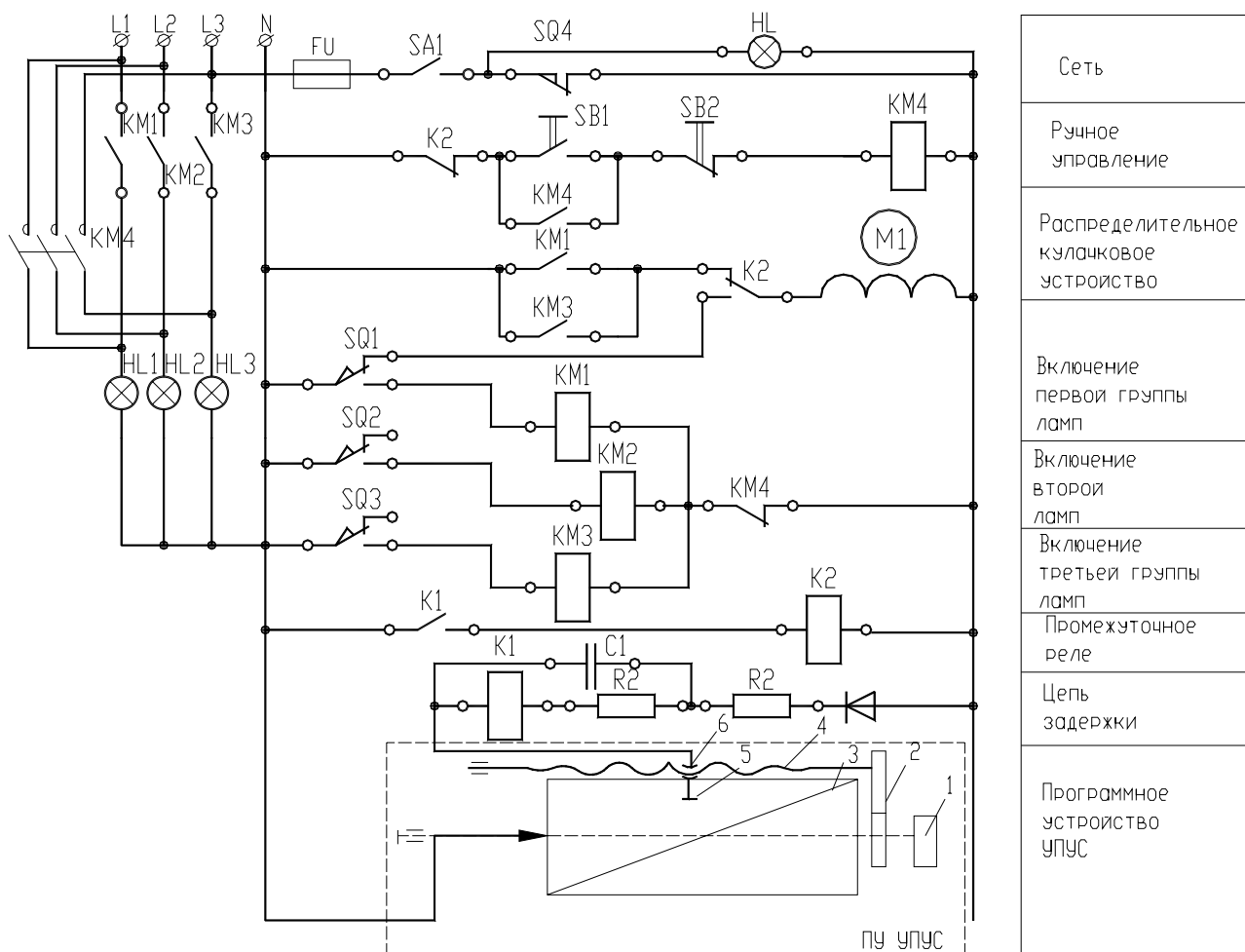


Рисунок П2.1 – Схема управления с трехступенчатым регулированием дополнительного освещения: 1 – часовой механизм; 2 – шестеренчатая передача; 3 – барабан; 4 – ходовой винт; 5 - считывающий ролик; 6 – подвижная втулка

Характеристика некоторых программных устройств управления

*Принципы программирования реле времени программируемого, циклического (суточного, недельного) PCZ*

Микропроцессорные программируемые реле времени предназначены для управления электроустановками, освещением и т.п. по устанавливаемой временной программе. Они могут включать/выключать потребителей в запрограммированное время по следующим циклам (табл. ПЗ.1): суточному, недельному, по рабочим дням (понедельник - пятница), по выходным (суббота, воскресенье). PCZ-521 - одноканальное, PCZ-522 - двухканальное (управление двумя устройствами по двум независимым программам). Схема включения реле PCZ-522 приведена на рисунке ПЗ.1. Производитель — СООО «Евроавтоматика ФиФ».

Таблица П4.1 - Основные характеристики программируемого реле времени PCZ-522

Напряжение питания	24-264В AC/DC
Максимальный ток контактов реле	2x16 А
Количество независимых каналов	2
Макс. мощность активной нагрузки	2x3500 Вт
Потребляемая мощность	1,5 Вт
Циклы программирования	суточный, недельный, месячный, годовой
Количество ячеек памяти	250 (125 пар вкл./выкл.) на один канал
Дискретность установок времени	1 мин.
Время работы в автономном режиме	5-6 недель
Диапазон рабочих температур	от -20 до +50С
Размер	35x65x90
Монтаж	на DIN-рейку 35 мм

Реле PCZ-522 может работать в двух режимах: автоматическом, когда происходит выполнение запрограммированных программ (устанавливается кратковременным нажатием клавиши «MENU/DELETE»), при этом в нижнем левом углу табло отображается символ ⌚ (рис. ПЗ.2); ручном, когда включение исполни-

тельного реле осуществляется в ручную клавишей  $\uparrow$  для первого канала и клавишей  $\text{ok}$  для второго канала.

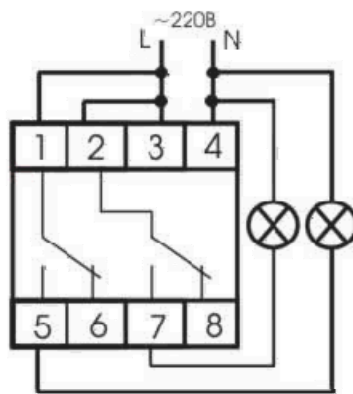


Рисунок ПЗ.1 – Рекомендуемая схема подключения таймера PCZ-522 и нагрузки к сети 220 В

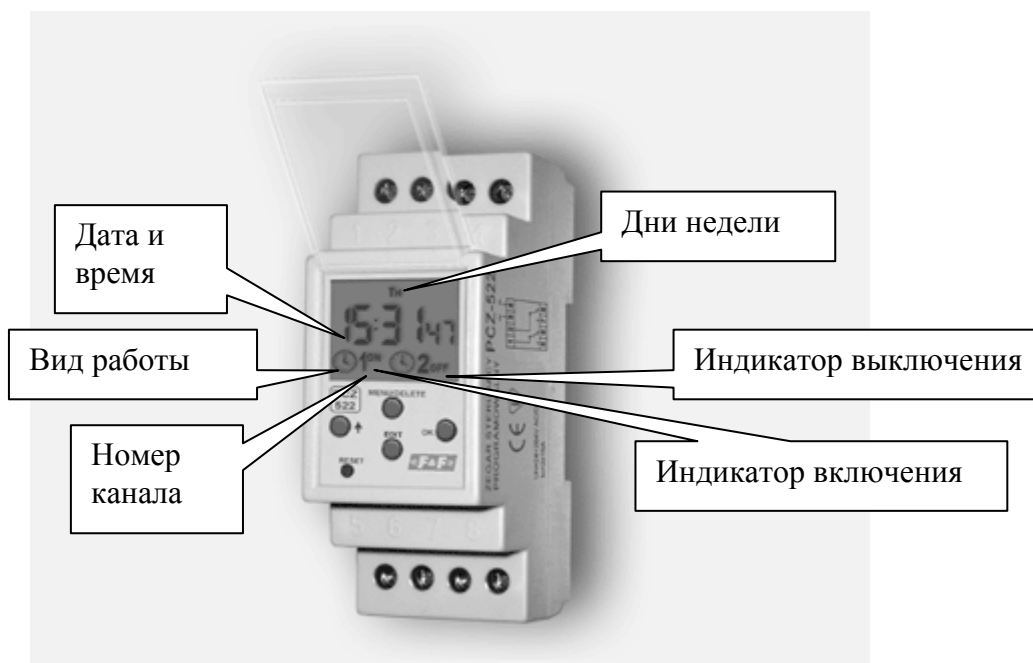


Рисунок ПЗ.2 - Вид реле PCZ-522

Программирование таймера возможно только в автоматическом режиме работы (если отсутствует знак  $\text{⌚}$ , то требуется кратковременно нажать клавишу «MENU/DELETE»).



горизонтальных черточек и через секунду пульт показывает время следующей программы. Выход из режима корректировки происходит по кратковременному нажатию кнопки «EDIT».

Кнопка «RESET» предназначена для сброса процессора в исходное состояние (нажатие на клавишу не стирает память программ).

При необходимости также можно установить текущую дату. Для этого требуется одновременно нажать клавиши «MENU/DELETE» и «EDIT» и клавишей ↑ выставить число, месяц и год, подтверждая кнопкой *ok*.

### *Реле времени BC-10*

Реле BC-10 (рис. ПЗ.3), обеспечивающее весьма широкий диапазон выдержек времени, представляет собой электромеханическое устройство с приводом от синхронного двигателя. Вращение от двигателя 1 через понижающий редуктор 2 передается диску сцепления 3, свободно расположенного на оси 23. При включении электромагнита 4 диск 3 входит в зацепление с диском 22, который жестко соединен с трибом 21. Вращение от диска 22 передается шестерне 20, неподвижно закрепленной на главной оси 14. Здесь расположен набор шкал 8 (их может быть шесть или три), стянутых при помощи зажимной гайки 10. Когда гайка отпущена, шкалы можно поворачивать одну относительно другой и тем самым задавать нужную программу выдержек времени. Во время работы реле шкалы движутся, укрепленные на них упоры 13 перебрасывают кулачки 12, а те переключают контактные системы 11. Выступы втулок 9 препятствуют перебрасыванию кулачков в процессе установки выдержек времени при помощи шкал 8 и визира 25. После отработки программы замыкающий контакт реле отключает двигатель и главная ось со шкалами останавливается. Дополнительно предусмотрена механическая блокировка. В начале работы рычаг 15, жестко закрепленный на главной оси 14, усилием пружины 5 прижат к неподвижному упору 19. В конце рабочего хода рычаг 15 посредством рычага 17 замыкает контакты конечного выключателя 18 в цепи питания двигателя. Пружина 5 возвращает реле в исходное положение после отключения электромагнита. От шестерни 20 через триб 7 приводится во вращение тормоз 6, смягчающий удары при возврате.

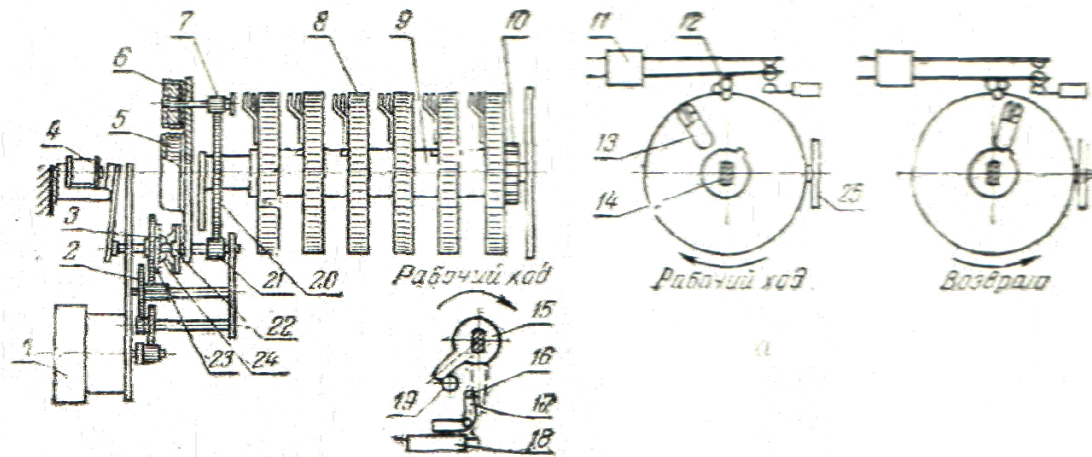


Рисунок ПЗ.3 – Кинематическая схема реле ВС-10: 1 – двигатель; 2 – понижающий редуктор; 3 – диск сцепления; 4 – электромагнит; 5 – пружина; 6 – тормоз; 7, 21 – триб; 8 – шкалы; 9 – втулки; 10 – зажимная гайка; 11 – контактная система; 12 – кулачки; 13 – упоры; 14 – главная ось; 15 – рычаг; 16 – упор; 17 – рычаг; 18 – конечный выключатель; 19 – неподвижный упор; 20 – шестерня; 22, 24 – диск; 23 – ось; 25 – визир

Реле типа ВС-10 выпускается в нескольких исполнениях с выдержками времени от 2-60 с до 1-24 ч и минимальными установками от 1,5 с до 45 мин соответственно. Напряжения питания 220, 127 или 12 В переменного тока, длительно допустимый ток контактов 10 А.

Электрическая схема реле показана на рисунке ПЗ.4.

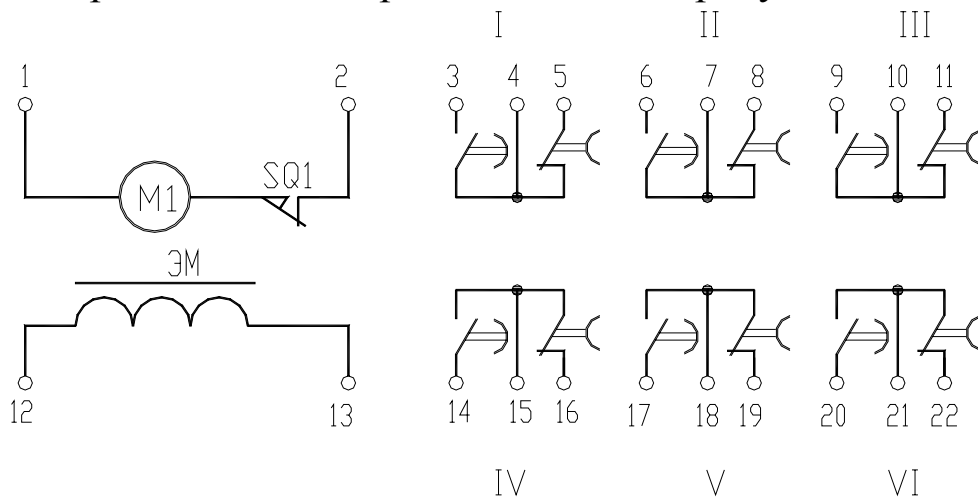


Рисунок ПЗ.4 – Электрическая схема реле ВС-10

### *Реле времени Е-52*

Реле Е-52 (рис. П3.5) приводится в действие синхронным двигателем 1, вращение которого через понижающий редуктор 3 при помощи торцового храповика 10 передается звездочке 5, жестко связанной с рычагом 6. Этот рычаг воздействует на контактную систему 2. Звездочку и храповик вводит в зацепление рычаг 11 электромагнита 12. Выдержку времени задают, поворачивая шкалу 7 относительно визира 4. Положение шкалы фиксируется зажимной гайкой 8. Когда реле включено, при повороте шкалы 7 на угол, соответствующий установке времени, рычаг 6 переключает контактную систему. Замыкающий контакт включает выходное реле КV (рис. П4.5,б) типа РПТ-100, а размыкающий разрывает цепь питания приводного двигателя. Выходное реле имеет два замыкающих и один размыкающий контакты. Со шкалой жестко связан упор, к которому рычаг 6 прижат усилием возвратной пружины 9. Реле возвращается в исходное положение, когда теряет питание цепь электромагнита У. При этом пружина 13 выводит звездочку 5 из зацепления с храповиком 10, а возвратная пружина 9 поворачивает рычаг до упора на шкале.

Выдержку времени реле можно плавно изменять от 1 до 60 с. Напряжение питания 220, 127 или 12 В переменного тока. Разрывная мощность выходных контактов 800 В·А при напряжении 220 В.

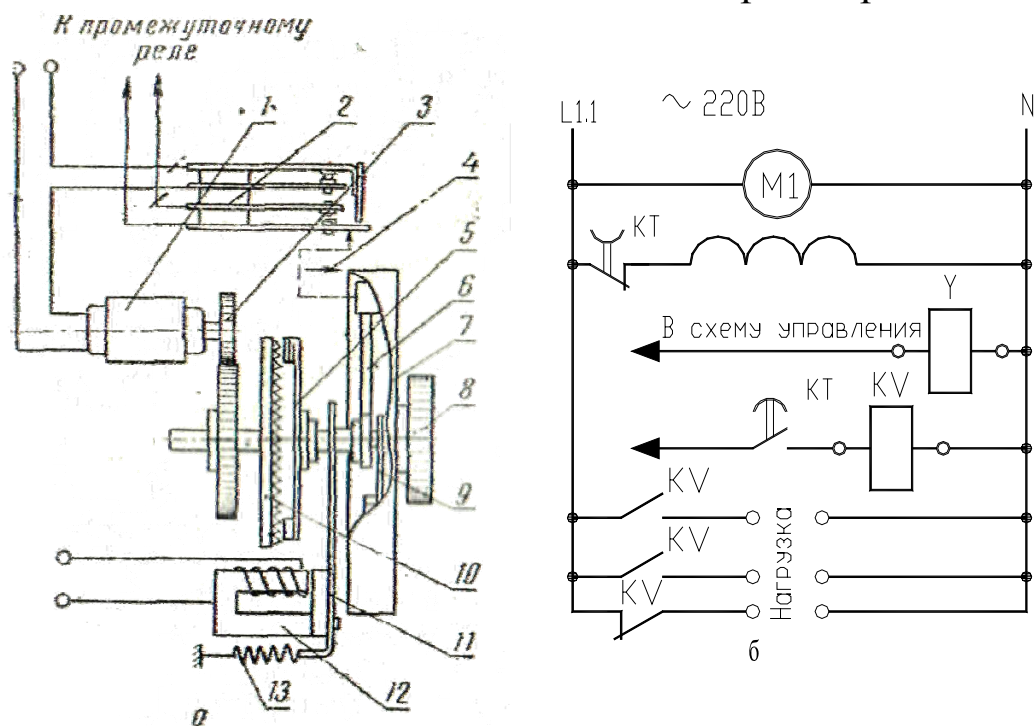


Рисунок П3.5 – Кинематическая (а) и электрическая (б) схемы реле Е-52: 1 – синхронный двигатель; 2 – контактная система; 3 – понижающий редуктор; 5

– звездочка; 6, 11 – рычаг; 7 – шкала; 8 – зажимная гайка; 9 – возвратная пружина; 10 – храповик; 12 электромагнит; 13 – пружина

### *Реле 2РВМ*

Двухпрограммные реле времени 2РВМ применяются в тех случаях, когда необходимо выполнение суточного цикла программ.

Реле времени представляет собой электромеханический прибор, состоящий из анкерного часового механизма с автоматическим под заводом от электродвигателя и программного устройства.

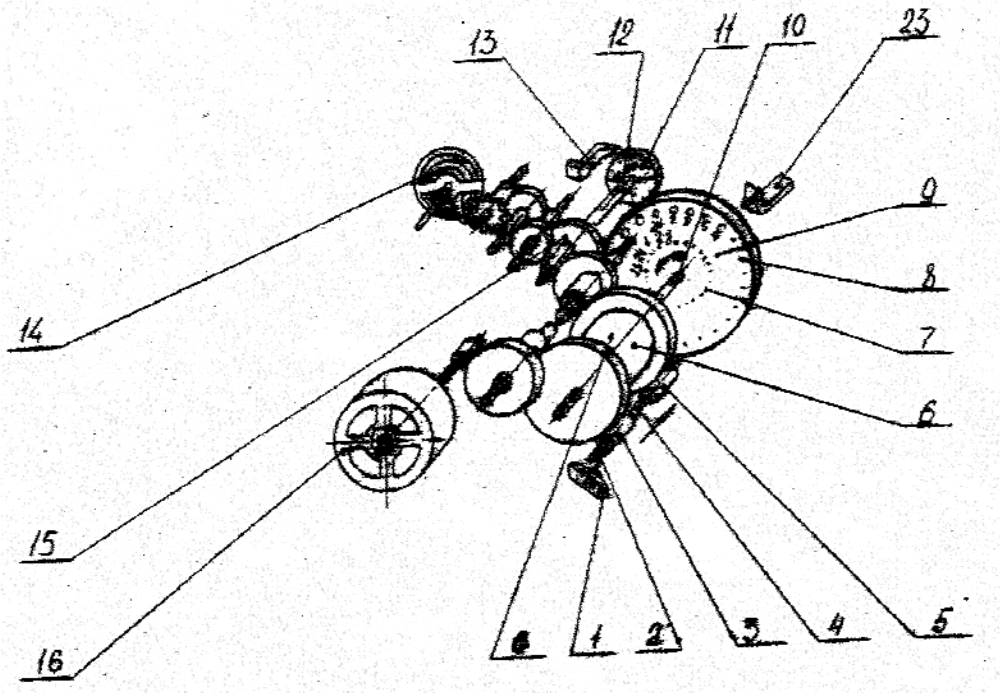
Принцип работы реле заключается в следующем: пружинный двигатель часового механизма вращает программный диск, в резьбовые отверстия которого ввертывается по заданным программам установочные штифты. Штифты включают и выключают микровыключатель через два рычага с защелками. Кинематическая схема реле 2РВМ приведена на рис. ПЗ.6 (а).

Пружинный двигатель 6 вращает ось диска 10. Скорость вращения оси 10 и зубчатой передачи 15 регулируется приставным часовым ходом 14. На оси 12 фрикционно насажен диск 11 с 60-тью минутными делениями по окружности. На оси 10 фрикционно установлен программный диск 9, на котором сделаны резьбовые отверстия, размещенные по двум концентрическим окружностям в соответствии с двумя суточными программами.

Текущее время, показываемое часовым механизмом, определяется двумя указателями: часы — по шкале программного диска стрелкой 23; минуты — по шкале минутного диска стрелкой 13.

Включение и выключение электрической цепи при вращении программного диска производится с помощью установочных штифтов. Каждая программа снабжена переключающим устройством, состоящим из микропереключателя 17 (22) и двух специальных рычагов-защелок с пружинами — 18 и 19 (21 и 20), показанных на рисунке П4.6 (б). Переключающее устройство работает следующим образом. Включающий штифт при движении по окружности поворачивает рычаг 18 (21), который нажимает на кнопку микропереключателя 18 (22). Стопорный рычаг-защелка 19 (20) фиксирует нажимной рычаг с помощью пружины. Это положение сохраняется до подхода следующего за включающим выключающего штифта, который отводит стопорный рычаг и микропереключатель возвращается в исходное положение.

a)



б)

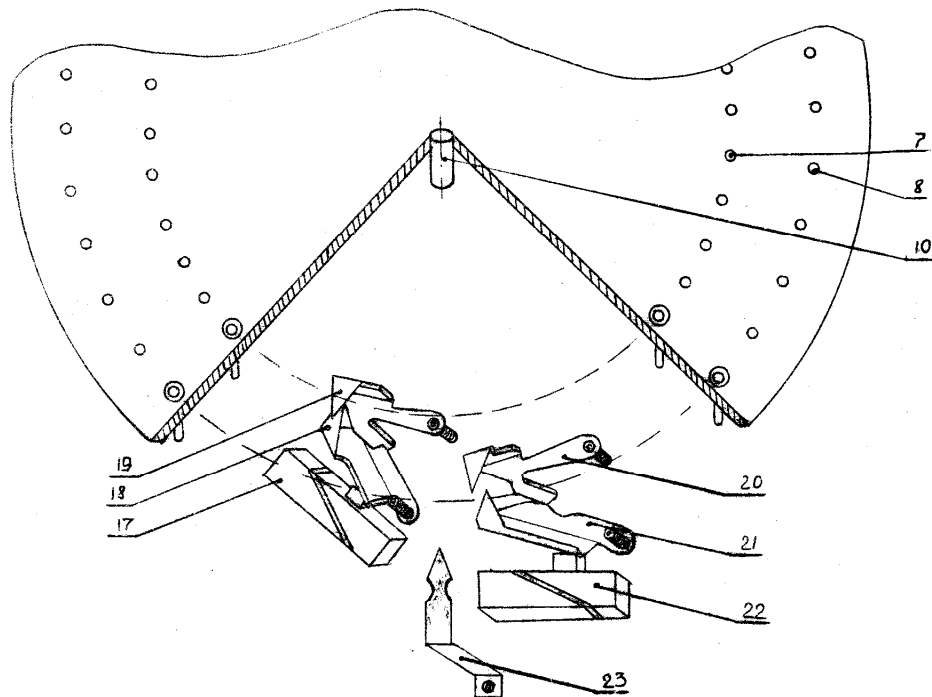


Рисунок 3.6 – Устройство реле 2РВМ: а – кинематическая схема; б – реализация программного переключения; 1 – микропереключатель; 2 – шток, 3, 5 – триб; 6, 11 – диск; 4, 10, 12 – ось; 7, 8 - отверстия для штифтов; 9 – программный диск; 13 – стрелка минут; 14 – часовой ход; 15 - зубчатая передача; 16 – подзавод; 17, 22 – микропереключатель; 18, 19, 20, 21 – рычаги защелок с пружинами; 23 – стрелка часа

Автоматический подзавод пружинного двигателя осуществляется следующим образом. Раскручивание пружины вызывает вращение триба 5 вместе с осью 4. На другой половине оси 4 имеется резьба, по которой передвигается второй триб 3 в сторону первого триба. При этом триб 3 освобождает кнопку микропереключателя, который возвращается в исходное положение и тем самым включает электродвигатель подзавода 16. При полном заводе пружины триб 3 перемещается в сторону микропереключателя и, воздействуя на его кнопку посредством штока 2, производит выключение двигателя. При перерыве электропитания пружинный двигатель механизма имеет резерв хода в течение одних суток.

Для остановки реле времени необходимо рычаг на приставном входе повернуть в положение «стоп».

Схема включения реле времени может быть различной в зависимости от мощности потребителя. При токе потребителя до 5А могут быть включены два потребителя по 2-й программе с использованием для каждого из потребителей одной пары контактов релеМКУ-48 (KV1, KV2). При токе потребителей более 5 А (до 10А) по каждой программе может быть включен один потребитель. Электрическая схема реле 2РВМ приведена на рис. ПЗ.7.

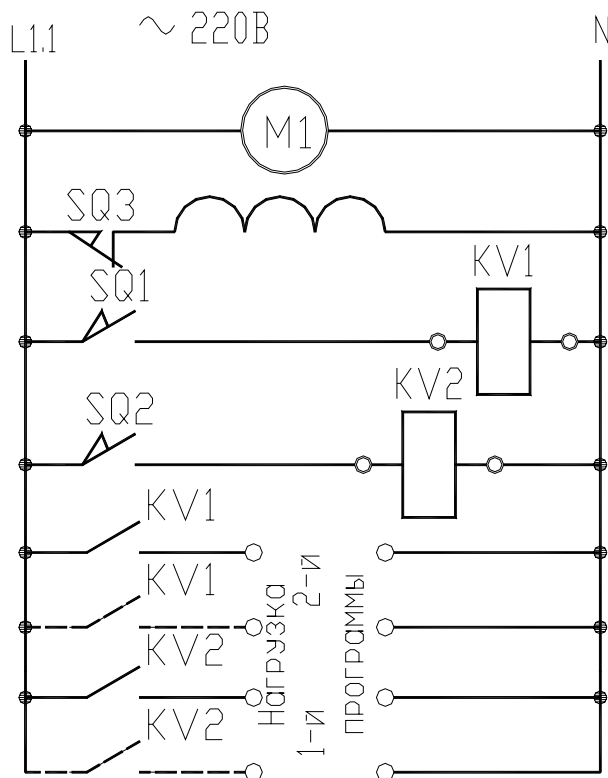


Рисунок ПЗ.7 – Электрическая схема реле 2РВМ

## Приложение 4

### Характеристика преобразователя частоты Hitachi SJ 100

Преобразователь частоты HITACHI SJ100 - компактный инвертор с расширенными возможностями. Расшифровка обозначения приведена на рисунке П4.1. Диапазон моделей дан в таблице П4.1, технические характеристики приведены в таблице П4.2. Схемы подключения инвертора даны на рис. П4.2 –П4.3, принципы установки параметров на рис. П4.4, некоторые параметры настройки расшифрованы в таблице П4.5.

Таблица П4.1 – Линейка моделей преобразователей частоты HITACHI SJ100

Модель	Мощность, кВт	Выходной ток, А	Габариты, В*Ш*Г, мм	Масса, кг
<b>220В</b>				
SJ100-002NFE	0,2	0,2	84*130*100	0,7
SJ100-004NFE	0,4	0,4	84*130*114	0,8
SJ100-005NFE	0,55	0,55	84*130*114	0,8
SJ100-007NFE	0,75	0,75	114*140*136	1,3
SJ100-011NFE	1,1	1,1	114*140*136	1,3
SJ100-015NFE	1,5	1,5	140*180*160	2,3
SJ100-022NFE	2,2	2,2	140*180*171	2,8
<b>400В</b>				
SJ100-004HFE	0,4	1,5	114*140*136	1,3
SJ100-007HFE	0,75	2,5	114*130*163	1,7
SJ100-015HFE	1,5	3,8	114*130*163	1,7
SJ100-022HFE	2,2	5,5	114*130*163	1,7
SJ100-030HFE	3,0	7,8	140*180*171	2,8
SJ100-040HFE	4,0	8,6	140*180*171	2,8
SJ100-055HFE	5,5	13,0	140*180*171	5,5
SJ100-075HFE	7,5	16,0	140*180*171	5,7

Таблица П4.2 - Общие технические характеристики преобразователей частоты НІТАСНІ серии SJ100

Характеристика	Параметры
1	2
Напряжение питания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 фаза 200В - 10% ~ 240В + 5%, 50, 60 Гц ± 5%</li> <li>• 3 фазы 380В - 10% ~ 460В + 10%, 50, 60 Гц ± 5%</li> </ul>
Выходное напряжение	3 фазы от 0В до напряжения питания
Выходная частота	0,5 - 360 Гц
Точность частоты	<ul style="list-style-type: none"> <li>• При цифровой установке: ± 0,01%,</li> <li>• При аналоговой установке: ± 0,1%</li> </ul>
Шаг изменения частоты	<ul style="list-style-type: none"> <li>• При цифровой установке: 0,1 Гц</li> <li>• При аналоговой установке: максимальная частота/1000</li> </ul>
Характеристика напряжение/частота	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Постоянный момент,</li> <li>• Бессенсорный векторный контроль,</li> <li>• Сниженный момент,</li> <li>• Высокий пусковой момент</li> </ul>
Перегрузка по току	150% от номинального тока (I <sub>ном</sub> ) в течение 60 сек., макс. 220%
Время ускорения и замедления	0,1 - 3000 сек устанавливается индивидуально для каждого процесса, может задаваться в форма кривой, возможна двухступенчатая установка
Пусковой момент	150% от номинального момента и более
Торможение	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Регенеративное,</li> <li>• Динамическое,</li> <li>• С программируемыми параметрами</li> </ul>
Рабочие функции: • Установка частоты	<p><b>Цифровая установка:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Цифровым оператором,</li> <li>• Пультom дистанционного управления</li> </ul> <p><b>Аналоговая установка:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• встроенным переменным резистором</li> <li>• с клемм входного терминала: <ul style="list-style-type: none"> <li>- переменным резистором 1 - 2 кОм (1Вт),</li> <li>- напряжением 0 - 10 В (входное сопротивление 10 кОм),</li> <li>- токовым сигналом 4 - 20 мА (входное сопротивление 250 Ом)</li> </ul> </li> </ul>
Рабочие функции: • Пуск / Стоп / Реверс	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Цифровым оператором,</li> <li>• Пультom дистанционного управления,</li> <li>• Сигналом, поданным на клеммы входного терминала</li> </ul>

Окончание таблицы П4.2

1	2
Дополнительные рабочие функции	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Работа в многоскоростном режиме (15 фиксированных частот),</li> <li>• Пропуск резонансных частот,</li> <li>• Блокировка изменения параметров,</li> <li>• Автоматический перезапуск,</li> <li>• Встроенный PID-регулятор,</li> <li>• Автонастройка,</li> <li>• Толчковый режим,</li> <li>• Возможность подключения термодатчика (позистора), и т.д.</li> </ul>
Функции защиты	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Защита от перегрузки по току,</li> <li>• От повышенного и пониженного напряжения,</li> <li>• От перегрева,</li> <li>• От короткого замыкания,</li> <li>• Ограничение перегрузки и т.д.</li> </ul>
Входной терминал	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 аналоговых входа управления частотой,</li> <li>• 6 цифровых программируемых многофункциональных входов</li> </ul>
Выходной терминал	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Аналоговый выход (частота, ток, момент),</li> <li>• 2 бесконтактных цифровых выхода (открытый коллектор) программируются на сигнал о работе привода в заданных диапазонах частот, о превышении установленного значения нагрузки, о превышении заданных значений PID-регулятора,</li> <li>• 1 релейный выход (авария)</li> </ul>
Температура окружающей среды	от -10 до +40 °С (либо до +50 °С, но при этом частота ШИМ должна быть снижена до 2кГц, а потребляемый двигателем ток -- не более 80% от номинального тока инвертора)
Влажность воздуха	20-90%, без конденсата
Уровень вибрации	Не более 5,9 m/s <sup>2</sup> (0,6 G), 10-55 Гц
Место эксплуатации	Высота не более 1000 м, в помещении, свободном от коррозионных газов и пыли
Дополнительное оснащение	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пульт дистанционного управления,</li> <li>• Устройство копирования,</li> <li>• Кабель для пульта ДУ,</li> <li>• Сетевой дроссель</li> <li>• Помехоподавляющий фильтр,</li> <li>• Выходной дроссель</li> </ul>

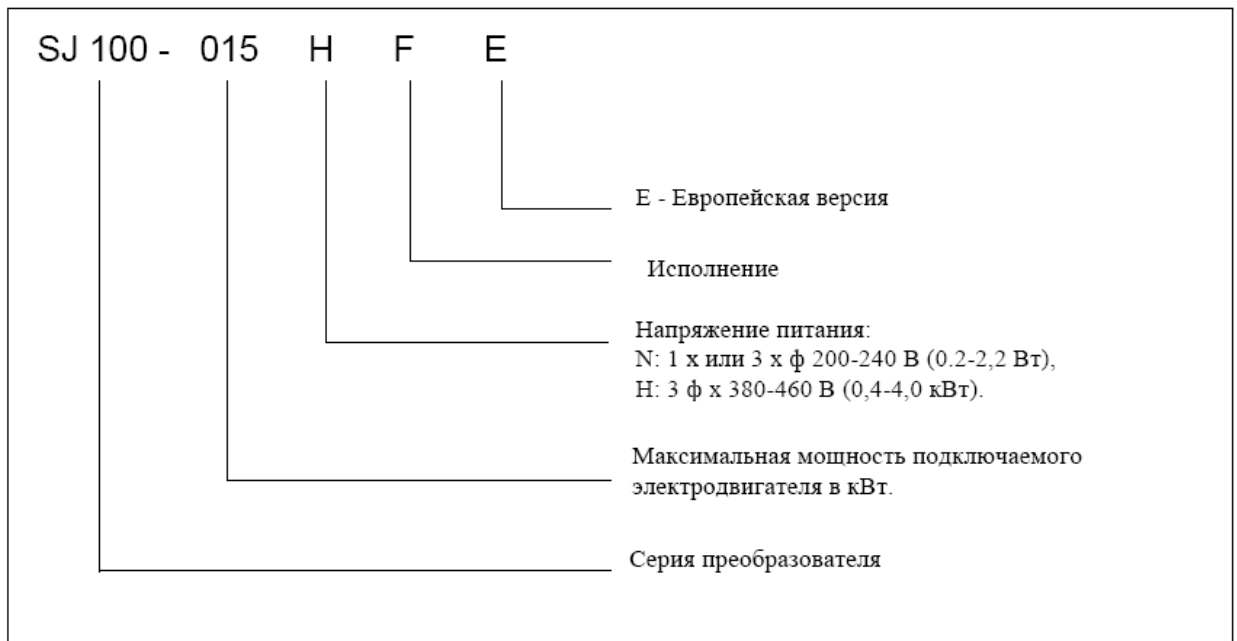
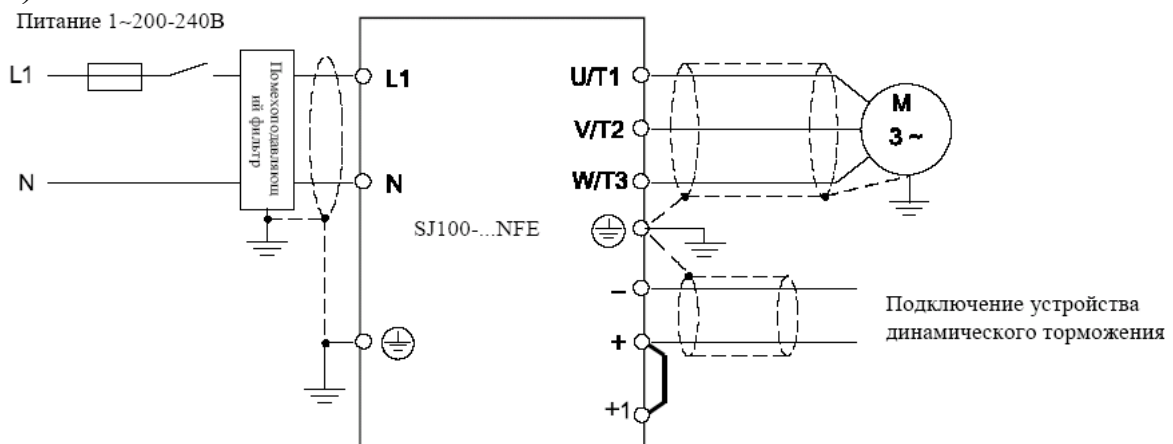


Рисунок П4.1 – Расшифровка обозначения преобразователя частоты

а)



б)

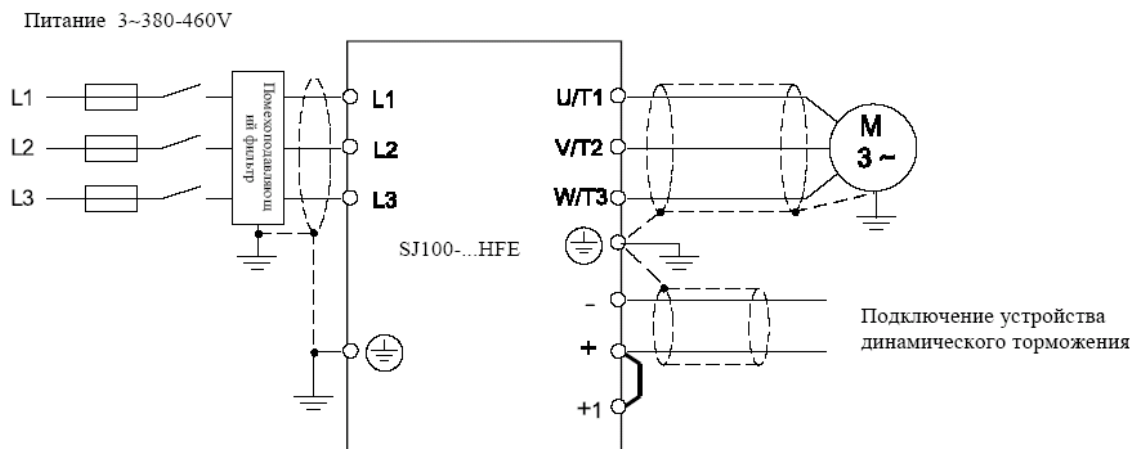


Рисунок П4.2 – Схема подключения силовых клемм инвертора: а – на примере SJ100-...NFE; б - на примере SJ100-...HFE

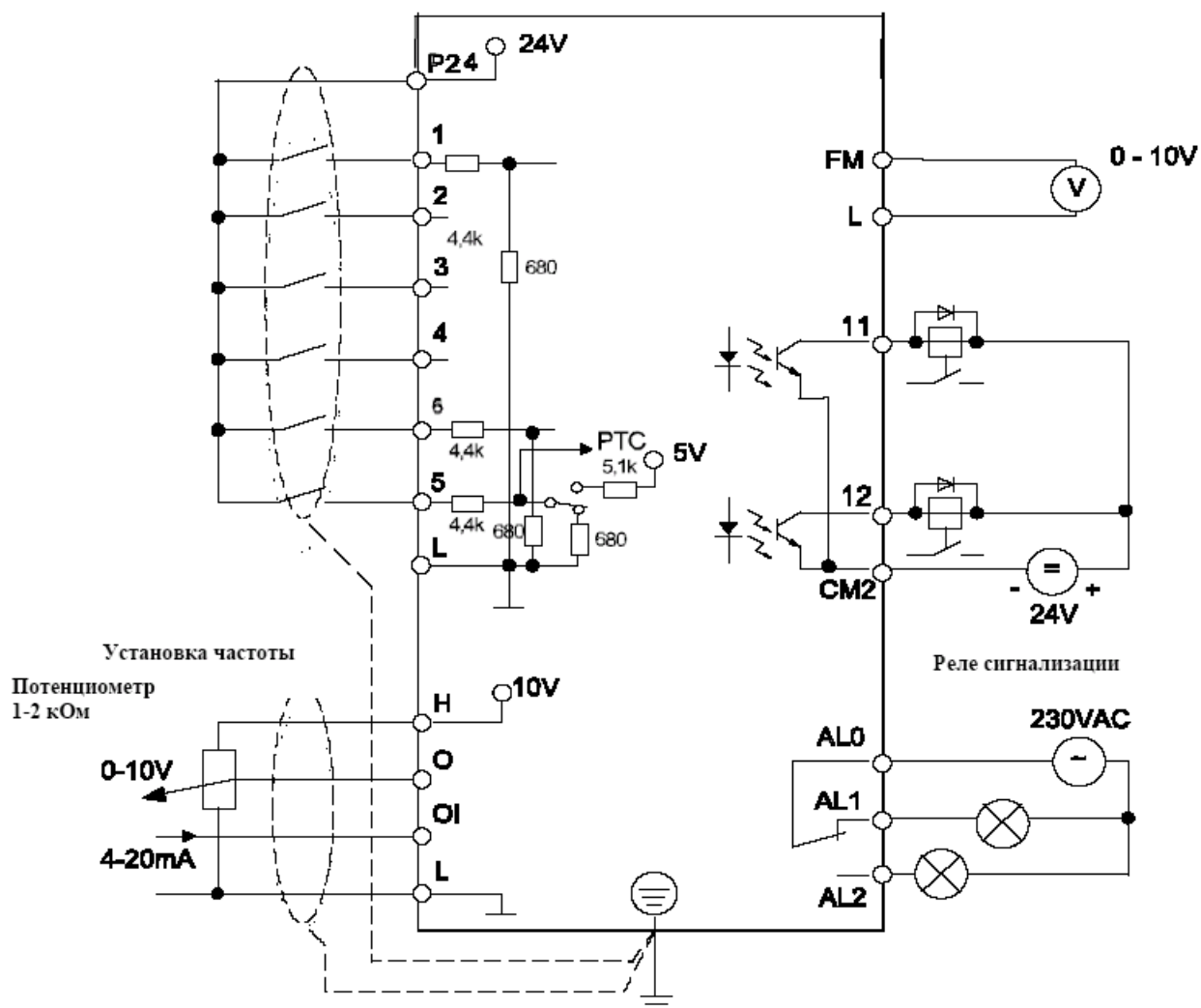


Рисунок П4.3 – Схема подключения цепей управления

Таблица П4.3 – Характеристика цепей управления преобразователя частоты

Клем-ма	Функция		Описание
1	2		3
FM	Программируемый выход: задание частоты; ток двигателя		Аналоговый сигнал (0-10В, 1 мА)
L	0 В		0-вой потенциал для выхода FM
P24	24 В		Потенциал для дискретных выходов 1...6. Максимальная нагрузка – 30 мА
6	Программируемые дискретные входы	2CH	Показана заводская установка входов. Обзор функций, которые можно запрограммировать на эти входы в табл. П4.4. Входы 1...6 можно запрограммировать на восприятие сигнала замыкающего или размыкающего контакта (функции c11-c16)
5		RS	
4		CF2	
3		CF1	
2		RV	
1		FW	

Окончание таблицы П4.3

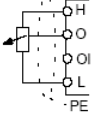
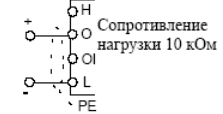
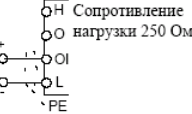
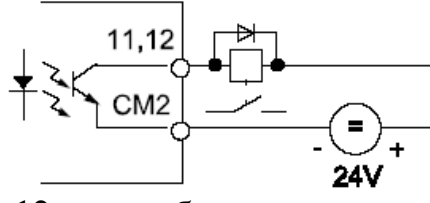
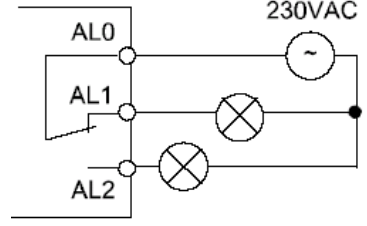
1	2	3
Н	10 В – опорное напряжение для задачника частоты	<p>Потенциометр 1-2 кОм</p>  <p>0-9,6 В номинал 0-10 В</p>  <p>4-19,6 мА номинал 0-20 мА</p> 
О	Аналоговый вход задания частоты 0-10 В	<p>Если при значении 4 мА выходная частота <math>\neq 0</math> Гц, то стартовая частота должна быть подкорректирована в функции b81.</p>
ОI	Аналоговый вход задания частоты 4-20 мА	
L	0 В – опорный потенциал для аналоговых входов	
С М 2	Опорный потенциал для выходов 11, 12	<p>Транзисторный выход, макс. 27В, 50 мА</p> 
11	Программируемый дискретный выходы (заводская установка FA1)	<p>Входы 11, 12 могут быть запрограммированы с помощью функций С31, С32 на восприятие сигнала замыкающего или размыкающего контакта.</p> <p>Функции:            FA1 – сигнал о достижении установленного значения частоты;            FA2 – сигнал при частоте <math>&gt; / =</math> частоте, установленной в функции С42 или С43;            RUN – сигнал, если выходная частота <math>&gt; 0</math> Гц;            OL – сигнал, если ток двигателя превысит установленное в функции С41 значение;            OD – сигнал, если отклонение между установленным и действительным значением обратной связи больше задания функции С44 (если активирован ПИД-регулятор – функция А71);            AL – сигнал при появлении ошибки</p>
12	Программируемый дискретный выходы (заводская установка RUN)	
А L2	Релейный выход Сигнализация сбоев	 <p>Работа: AL0-AL1 замкнут. Сбой: AL0-AL2 – замкнут (функция С33)</p>
А L1		
А L0		

Таблица П4.4 – Обзор функций программируемых входов

Вход Параметр	Функция	Описание
1	2	3
FW 00	Прямое вращение	Пуск/Останов. Прямое вращение (функция A02)
RV 01	Обратное вращение	Пуск/Останов. Обратное вращение (функция A02)
CF1 02	Фиксированные частоты	Существует два способа программирования фиксированных частот: 1) задание с помощью функций A21-A35; 2) выбор соответствующих дискретных входов CF1...CF4 и введение желаемой частоты с помощью функции F01. Введенное значение перезаписывается клавишей STR
CF2 03		
CF4 05		
2CH 09	Вторая ступень разгона/торможения	Время разгона/торможения – функция A92/A93, A292/A293
FRS 11	Блокировка регулирования	При активизации входа FRS, мгновенно происходит отключение выходного каскада преобразователя частоты
EXIT 12	Внешнее сообщение о сбое	При настройке этого входа высвечивается сообщение о сбое
USP 13	Блокировка повторного пуска	Блокировка повторного пуска препятствует повторному включению в том случае, когда после отключения сети, напряжение питания восстановлено и одновременно присутствует команда пуска.
SFT 15	Защита математического обеспечения	Защищает введенные параметры от потери и перезаписи
AT 16	Установка входа ОI активизирована (4-20 мА)	Происходит активизация входа
RS 18	Сброс (Reset)	Сброс сообщений о сбое, восстановление реле сигнализации
JG 06	Толчковый режим	Служит, например, для подстройки оборудования в ручном режиме

## Окончание таблицы П4.4

PTC 19	Клемма терморезистора Только в сочетании с входом 5 Опорным потенциалом является клемма L	Вход 5 может быть запрограммирован с помощью функции C05 в качестве клеммы терморезистора
UP/DOW N 27/28	Функция дистанционного управления	Вверх/вниз
SET 08	Задание параметров 2-го двигателя	Функция активизируется после полной остановки привода
DB 07	Функция внешнего торможения постоянным током	При подключении клеммы DB Можно управлять торможением постоянным током

Таблица П4.5 – Описание некоторых функций

Код	Название функции	Примечание
1	2	3
<b><i>Базовые функции</i></b>		
F01	Установка частоты	Диапазон 0,5-360 Гц
F02	Время разгона	Диапазон 0,1-3000 сек
F202	Время разгона для второго двигателя	Диапазон 0,1-3000 сек
F03	Время торможения	Диапазон 0,1-3000 сек
F04	Направление вращения	00 – прямое; 01 - обратное
<b><i>Индикация и диагностика</i></b>		
d01	Выходная частота, Гц	
d02	Ток двигателя, А	
d03	Направление вращения	
d05	Состояние дискретных входов	
d06	Сигнал о состоянии дискретных выходов 11, 12 и реле сигнализации AL0-AL2	
d07	Просмотр преобразованного значения выходной частоты	
<b><i>Основные функции</i></b>		
A01	Способы задания частоты	00 – встроенный потенциометр; 01 – терминал; 02 – функции F01/A20
A02	Команда пуска	01 – клеммы FW/RV
A03	Базовая частота	50-360 Гц
A203	Базовая частота для второго двигателя	50-360 Гц
A04	Максимальная частота	50-360 Гц

Продолжение таблицы П4.5

1	2	3
<b><i>Регулирование частоты внешним управляющим сигналом</i></b>		
A11	Частота при минимальном уровне управляющего сигнала	0-360 Гц
A12	Частота при максимальном уровне управляющего сигнала	0-360 Гц
A15	Условия запуска	00 – пуск с минимальной частоты; 01 – пуск с 0 Гц
A16	Дискретизация аналоговых входов О/ОІ	1-8
<b><i>Фиксированные частоты</i></b>		
A20	Установка частоты, если в функции А01 установлен код 02	0-360 Гц
A21...A35	Фиксированная частота	0-360 Гц
A38	Толчковая частота	0,5-9,9 Гц
A39	Толчковый режим. Метод остановки	00 – свободный ход; 01 – наклонная; 02 – DC-торможение
<b><i>ПИД-регулятор</i></b>		
A71	ПИД-регулятор активирован / неактивирован	00 – неактивирован; 01 – активирован
A72	П-составляющая	0,2-5
A73	И-составляющая	0-150 сек
A74	Д-составляющая	0-100
A75	Коэффициент масштабирования	0,01-99,99
A76	Вход для сигнала обратной связи	00 – клемма ОІ; 01 – клемма О
<b><i>Защита параметров</i></b>		
b31	Защита параметров	
<b><i>Дискретные входы 1-5</i></b>		
C01	Дискретный вход 1 (00)	00 – FW; 01 – RV; 02 – CF1; 03 – CF2; 04 – CF3; 05 – CF4; 06 – JG; 07 – DB; 08 – SET; 09 – 2CH; 11 – FRS; 12 – EXT; 13 – USP; 15 – SFT; 16 – AT; 18 – RS; 19 – PTC; 27 – UP; 28 - DOWN
C02	Дискретный вход 2 (01)	
C03	Дискретный вход 3 (02)	
C04	Дискретный вход 4 (03)	
C05	Дискретный вход 5 (18)	
C06	Дискретный вход 6 (09)	
C11	Дискретный вход 1 З/Р	00 – замыкающий; 01 - размыкающий
C12	Дискретный вход 2 З/Р	
C13	Дискретный вход 3 З/Р	
C14	Дискретный вход 4 З/Р	
C15	Дискретный вход 5 З/Р	
C16	Дискретный вход 6 З/Р	

## Окончание таблицы П4.5

1	2	3
<b>Выходы 11, 12, FM, AL0-AL1</b>		
C21	Дискретный выход 11 (01)	00 – RUN; 01 – FA1; 02 – FA2; 03 – OL; 04 – OD; 05 – AL
C22	Дискретный выход 12 (00)	
C23	Выход FM (00)	00 – A-F; 01 – A; 02 – D-F
C24	Установка функции AL	
C32	Дискретный выход 11 З/Р (01)	00 – замыкающий; 01 – размыкающий
C33	Дискретный выход AL0-AL1 (01)	00 – замыкающий; 01 – размыкающий
C41	Предел перегрузки (100)	0-200%
C42	Частота, достигнутая при разгоне	0-360 Гц
C43	Частота, достигнутая при торможении	0-360 Гц
C44	Отклонение при ПИД-регулировании	0-100%
C81	Настройка аналогового измерителя О	Заданное значение
C91	Выбор режима отладки	Заводская установка
C92	Адрес ЗУ	Заводская установка
C93	Данные ЗУ	Заводская установка
C94	Установка адреса ЗУ	Заводская установка
C95	Установка данных ЗУ	Заводская установка

а)

4-разрядный жидкокристаллический дисплей для отображения параметров и технических данных.

**Клавиша STOP/RESET;** Используется для остановки двигателя или перезагрузки после отключения.

**RUN-LED** Индикация работы инвертора при наличии команды пуска

**PRG-LED** Индикация при установке параметров

**POWER-LED;** Индикация питания. Примите во внимание, что после выключения питания, на силовых клеммах сохраняется опасное высокое напряжение пока заряжены конденсаторы в звене постоянного тока

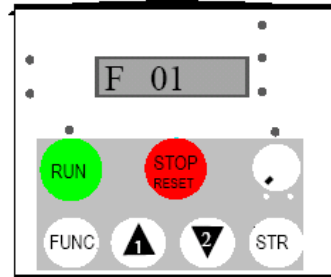
**LED Hz und A** Индикация Гц и А. Включается при индикации выходной частоты или выходного тока.

**Встроенный потенциометр :** Устанавливает выходную частоту

**Клавиша STR** Для заведения в память выбранных данных

**Клавиши (1) и (2)** Используется для изменения данных и параметров

**Клавиша FUNC** Используется для ввода данных и параметров



**Клавиша RUN** Используется для запуска двигателя. Не активизируется в том случае, когда управление производится с клемм управления.

б)

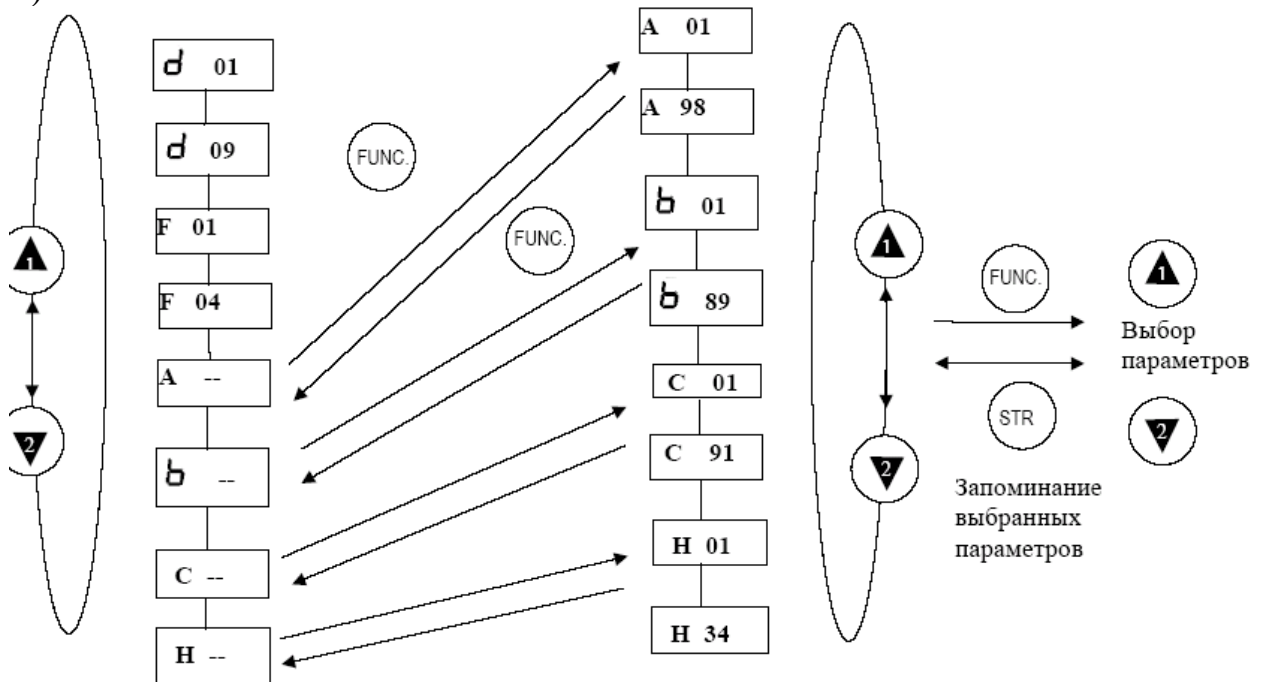


Рисунок П4.4 – Принципы программирования преобразователя частоты: а – пульт оператора; б – последовательность действий

## Приложение 5

### Характеристика некоторых регулирующих приборов

**Наименование:** RT-820

**Изготовитель:** ООО "Евроавтоматика ФиФ"

**Назначение:**

температурные реле (терморегуляторы) предназначены для контроля и поддержания заданного температурного режима в помещениях, овощехранилищах, системах водяного отопления и т.п. путем включения/выключения нагревательной (охлаждающей) установки по сигналам выносного датчика температуры.

**Принцип работы:**

Заданную температуру устанавливают воротком TEMP. До момента получения требуемой температуры в помещении контакты реле замкнуты (светится желтый светодиод), и нагревательная установка включена. Достижение заданной температуры вызывает размыкание контактов и выключение нагревательной установки (желтый светодиод гаснет). Воротком HIST устанавливают гистерезис реле в диапазоне 0,5- 3С. Снижение температуры в помещении вызывает включение установки и ее работу (контакты 2-1 замкнуты) до момента достижения заданной температуры.

Питание	220В 50Гц
Максимальный ток активной нагрузки	16А
Контакт	1Р
Диапазон регулировки температуры	от +4 до +30С
Гистерезис регулируемый	0,5-3С
Температурный зонд	провод 1,5 м
Размеры	2 модуля (35 мм)
Присоединение	винтовые зажимы до 4 мм
Степень защиты	IP20
Сигнализация питания	зеленый светодиод
Сигнализация рабочего состояния	желтый светодиод
Потребляемая мощность	1Вт

Монтаж:

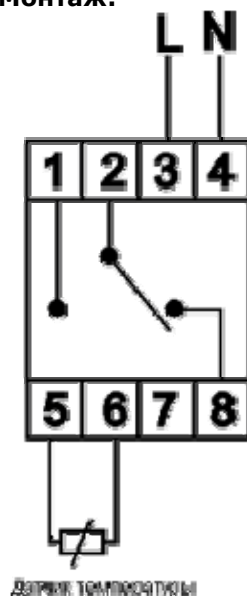


Рисунок П5.1 – Схема подключения RT-820



Рисунок П5.2 – Внешний вид реле температуры

**Наименование:** PZ-829

**Изготовитель:** ООО "Евроавтоматика ФиФ"

**Назначение:**

реле предназначены для контроля и поддержания заданного уровня токопроводящих жидкостей в резервуарах, бассейнах, водонапорных башнях и т.п. и управления электродвигателями насосных установок.

**Принцип работы:**

Монтаж PZ-829: подключить питание к зажимам 1 (ноль) и 2 (фаза). Датчик СОМ подключить к зажиму 4 и установить ниже минимального уровня жидкости. Датчик МАХ подключить к зажиму 6 и установить на верхнем уровне. Датчик MIN подключить к зажиму 5 и установить на нижнем уровне. При снижении уровня ниже минимального замкнуты контакты 11-12 и контакты 8-9. Если жидкость находится между нижним и верхним уровнем, замкнуты контакты 8-9 и 10-11. Если жидкость достигает верхнего уровня, замкнуты контакты 7-8 и 10-11. Примечание: Датчик уровня PZ-829 (3 датчика в комплекте) - стальной электрод с защитным покрытием в пластмассовом корпусе. Диаметр электрода - 8мм, длина - 60мм. Датчик подключается к реле проводом диаметром 1мм и длиной до 100м.

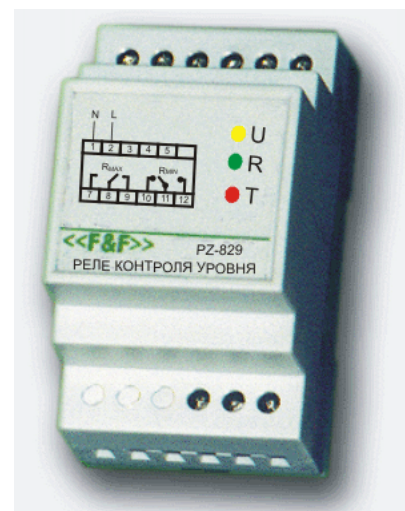


Рисунок П5.3 – Внешний вид реле уровня

Питание	220В 50Гц
Максимальный ток нагрузки	2х16А
Контакт	1Р
Рабочая температура	-25С по +50С
Датчик контроля уровня	провод 1,5 м
Размеры	2 модуля (35 мм)
Присоединение	винтовые зажимы 4 мм
Степень защиты	IP20
Сигнализация питания	зеленый светодиод
Сигнализация рабочего состояния	красный светодиод
напряжение питания датчика, не более	24В

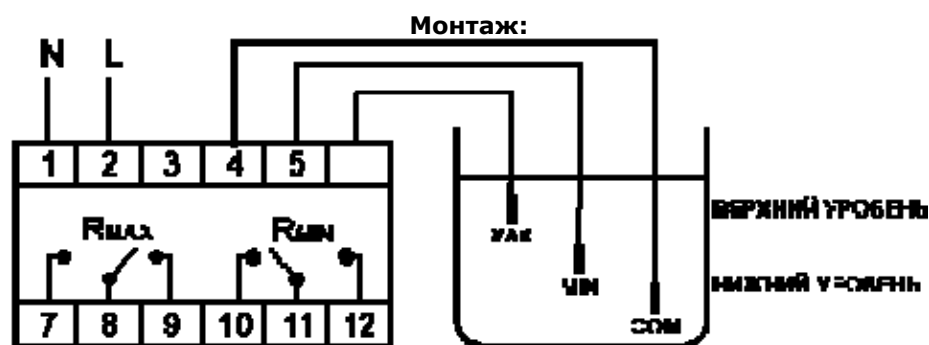


Рисунок П5.4 – Схема подключения реле уровня

**Наименование:** Универсальный программный ПИД-регулятор ТРМ151

**Изготовитель:** ОВЕН

**Назначение:**

предназначен для построения автоматических систем контроля и управления производственными процессами в различных областях промышленности, сельского и коммунального хозяйства

**Принцип работы:**

выполняет измерение двух физических величин, коррекцию, регулирование по ПИД или двухпозиционному закону в соответствии с уставками по заданной программе, отображение, хранение и передача информации.

Питание	90...245 В, 47...63 Гц
Количество входов для подключения датчиков	2
Время опроса одного входа	0,3 с
Количество выходных элементов	2
Интерфейс связи с компьютером	RS-485
Степень защиты корпуса	IP54
-для корпуса Щ1	IP44
-для корпуса Н	
Габаритные размеры прибора	96x96x70 мм
-для корпуса Щ1	115x105x65мм
-для корпуса Н	
Масса прибора	Не более 0,5 кг
Потребляемая мощность	Не более 6 ВА

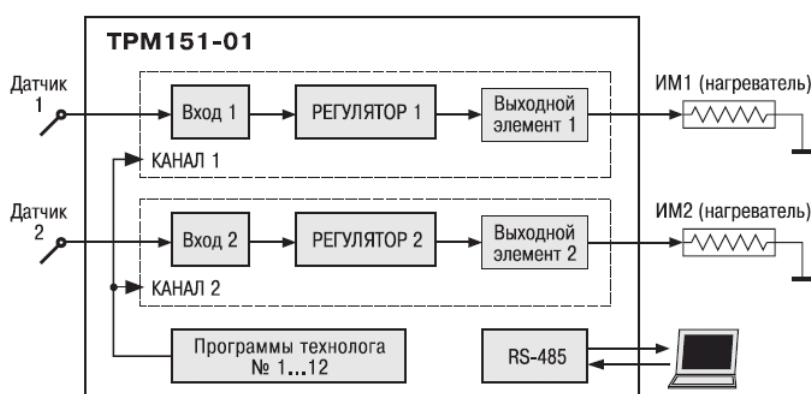


Рисунок П5.5 – Структурная схема TPM151



Рисунок П5.6 – Внешний вид регулятора

### **Принципы программирования TPM151**

Программирование TPM151 можно проводить двумя способами: кнопками лицевой панели прибора; с помощью программы «Конфигуратор TPM151» на компьютере. В первом случае с помощью кнопок лицевой панели следует перевести прибор в режим программирования (рис. П5.7). Второй случай подробно описан в помощи программы-конфигуратора. Общие принципы программирования с помощью кнопок на лицевой панели прибора приведены на рис. П5.8. Последовательность задания программируемых параметров:

1. Задание конфигурации прибора (задать тип датчика; для каждого активного датчика задать верхнюю и нижнюю границы диапазона измерений; при необходимости задать время опроса датчика; задать режим работы регулятора (ПИД или двухпозиционный) и зону нечувствительности; для каждого ПИД-регулятора задать параметры автонастройки);
2. Задание программы технолога (можно задать до 12 программ): для всех программ задать масштаб времени для параметров; для каждого шага программы задать его тип, для последнего – «конец программы», условия перехода на следующий шаг, для каждого регулятора – тип уставки и значение, для шага с переходом задать номер программы и номер шага, на которые будет осуществляться переход;
3. Задание вспомогательных параметров прибора: задать поведение прибора после появления пропавшего питания; поведение прибора в состоянии «стоп» и «авария» при необходимости.

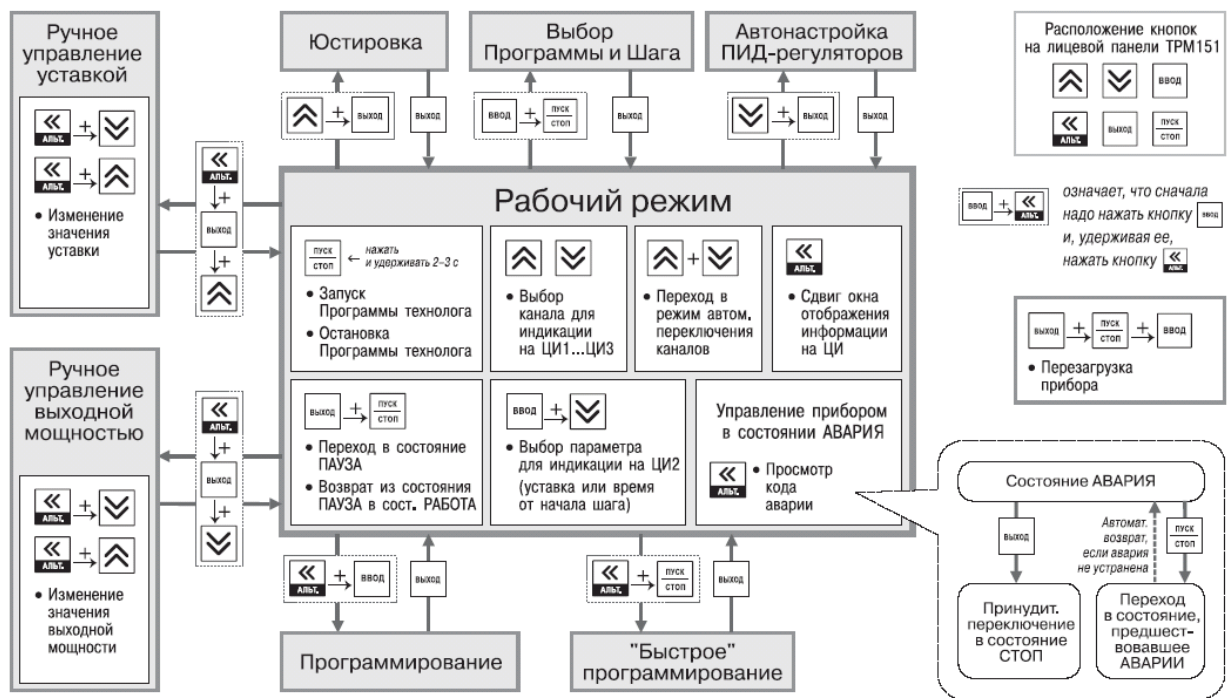


Рисунок П5.7 – Схема переключения режимов прибора

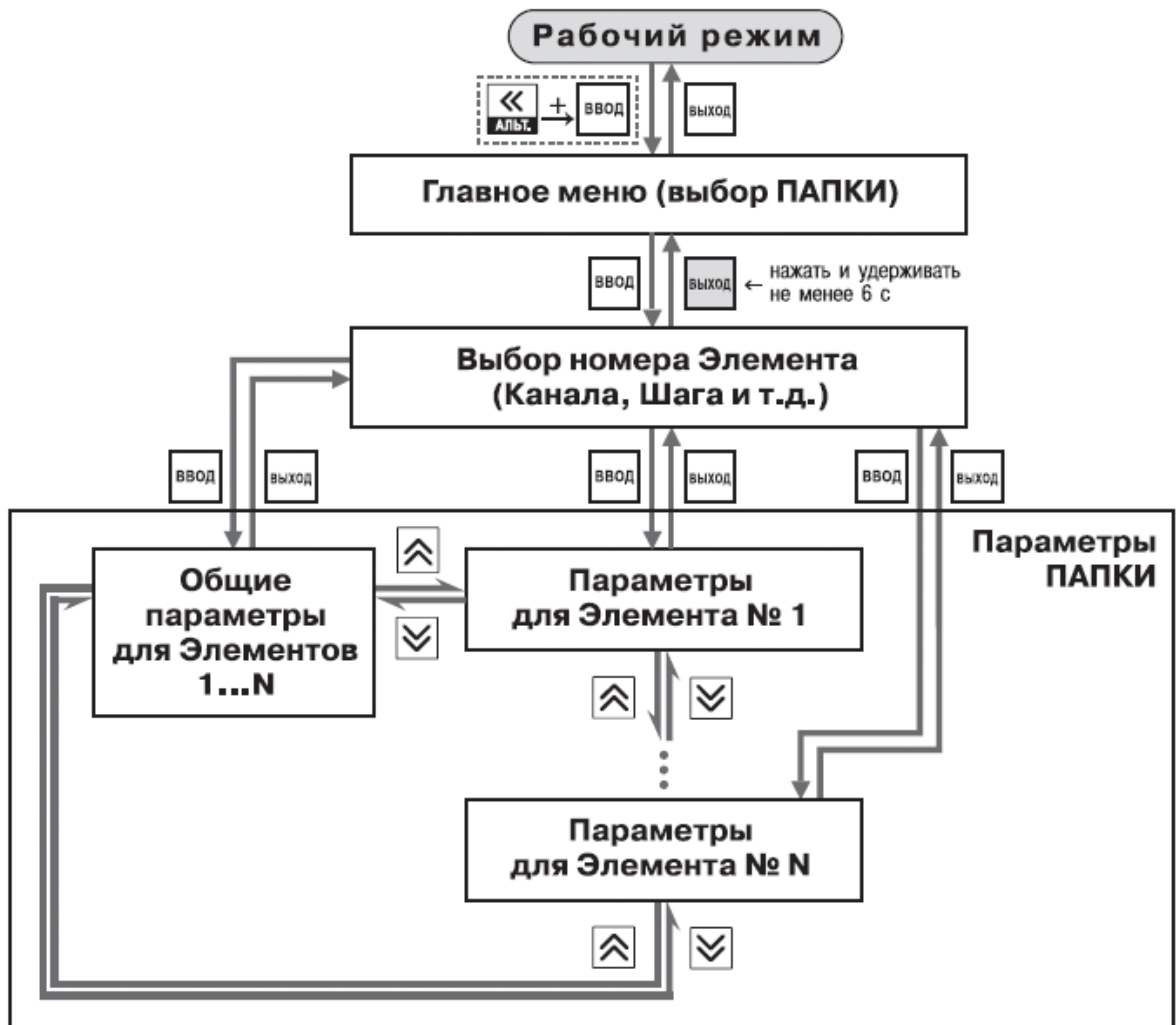


Рисунок П5.8 – Схема задания параметров