

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОТРАСЛИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению курсового проектирования для студентов
специальности 1-53 01 01-05 «Автоматизация технологических процессов и
производств (легкая промышленность)»

Витебск
2024

УДК 681.5

Составители:

К.Н. Ринейский, А.М. Самусев, Клименкова С.А., Науменко А.М.

Одобрено кафедрой «Автоматизация производственных процессов»
УО «ВГТУ», протокол № 4 от 16.11.2023.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским
советом УО «ВГТУ», протокол № 3 от 27.11.2023.

Автоматизация технологических процессов отрасли: методические указания/ сост. К. Н. Ринейский, А. М. Самусев, С. А. Клименкова, А. М. Науменко. – Витебск : УО «ВГТУ», 2024. – 70 с.

Методические указания являются руководством по выполнению курсового проекта по дисциплине «Автоматизация технологических процессов отрасли» для студентов специальности 1-53 01 01-05 «Автоматизация технологических процессов и производств (легкая промышленность)», содержат перечень разделов, которые необходимы для выполнения курсового проекта, освещают вопросы подготовки к выполнению, приводят примеры построения автоматизированных систем управления технологическим процессом.

УДК 681.5

© УО «ВГТУ», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	4
2 ТЕМАТИКА И СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА	5
2.1 Основные требования	5
2.2 Требование к тематике	5
2.3 Типовая тематика курсового проекта	6
2.4 Расчетно-пояснительная записка.....	7
2.5 Структура расчетно-пояснительной записки типового курсового проекта.	8
3 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА	10
4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	11
5 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	15
5.1 Структура систем управления	15
5.2 Выполнение структурных схем автоматизации (схем функциональной структуры).....	19
6 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ.....	20
6.1 Общие положения и правила выполнения	20
6.2 Изображение технологического оборудования, приборов и средств автоматизации.....	21
6.3 Правила построения условных обозначений приборов и средств автоматизации в схемах.....	27
6.4 Функциональные признаки приборов.....	28
6.5 Графическое выполнение функциональных схем	35
7 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ.....	38
7.1 Структура схем.....	38
7.2 Буквенно-цифровые обозначения в электрических схемах.....	39
7.3 Правила построения обозначений.....	41
8 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ	48
8.1 Правила выполнения схем	52
8.2 Правила применения символов	54
9 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	57
10 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ.....	59
ЛИТЕРАТУРА	69

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания являются первичным источником информации, необходимой студентам для самостоятельного выполнения курсового проекта по дисциплине «Автоматизация технологических процессов отрасли». Они разработаны на основании учебного плана специальностей 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств (Компьютерная мехатроника)», а также базовой рабочей программы дисциплины «Автоматизация технологических процессов отрасли» специальности 1-53 01 01-05 «Автоматизация технологических процессов и производств (легкая промышленность)».

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Согласно учебному плану курсовая работа выполняется на 4-м курсе дневной и заочной форм обучения и является вместе с курсовой работой по курсу «Монтаж, эксплуатация и диагностика систем автоматизации» заключительным этапом подготовки студентов к дипломному проектированию.

Выполнение курсового проекта должно способствовать закреплению, углублению и обобщению знаний, полученных студентами в рамках дисциплин, изучаемых студентами данной специальности:

- технические устройства автоматизации;
- микропроцессорная техника систем автоматизации;
- автоматизированные системы управления производством;
- монтаж, эксплуатация и диагностика систем автоматизации;
- проектирование систем автоматизации;
- автоматизация технологических процессов отрасли.

Кроме того, в процессе выполнения курсового проекта прививаются навыки применения этих знаний к комплексным разработкам конкретных инженерных проблем, подготавливая тем самым студентов к текущей самостоятельной творческой работе на производстве. Все это преследует основную цель – развитие способностей к самостоятельному инженерному творчеству.

Основные задачи курсового проекта – научить студентов:

- анализу технологических процессов (технологического оборудования, участков, линий и прочих объектов, являющихся предметом разработки автоматизированной системы);
- выбору и обоснованию конструкторских решений при проектировании автоматизированных систем управления и средств автоматизации;
- выполнению конструкторских и технологических документов и расчётов в процессе проектирования;

- пользоваться справочной литературой, ЕСКД, ГОСТами, ОСТами, СНиПами, техническими условиями и типовыми проектными разработками;
- применять современную вычислительную технику и соответствующие программные средства для автоматизации систем.

2 ТЕМАТИКА И СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1 Основные требования

Курсовой проект выполняется в соответствие с темой, утвержденной заведующим кафедрой до начала проектирования. Для утверждения темы каждый студент должен согласовать её с руководителем курсового проектирования.

Тема курсового проекта может быть предложена студентом самостоятельно или выдана руководителем проекта.

При формулировании темы работы заполняется бланк задания на курсовой проект.

Задание должно быть подписано студентом и руководителем проекта. Подписанный бланк задания утверждается заведующим кафедрой. Руководство курсовым проектом может быть как индивидуальным, так и групповым.

Индивидуальное руководство предусмотрено для работ, выполняемых по индивидуальным темам, совпадающим с темами будущих дипломных проектов.

Групповое руководство осуществляется курсовыми проектами, выполняемыми по типовым учебным темам. Руководит курсовым проектом студента преподаватель кафедры.

В процессе курсового проектирования студент обязан соблюдать график проектирования, который утверждается до начала проектирования, и своевременно представлять результаты выполненной работы на проверку руководителю проекта и куратору проектирования.

Законченный курсовой проект, подписанный руководителем работы, защищается студентом перед комиссией кафедры в установленные сроки. По результатам защиты студенту ставится оценка.

2.2 Требование к тематике

Тема должна соответствовать следующим критериям:

- название должно включать понятие «Разработка системы»;
- относится к классу автоматизированных или автоматических систем контроля и/или управления;
- являться разработкой комплексной направленности, т. е. охватывать весь функциональный (основные, вспомогательные, обслуживающие технологические операции) и аппаратный (управляющая подсистема, защита техноло-

гического оборудования и персонала, контроль и защита линий подачи материальных и энергетических потоков и т. д.) состав оборудования;

– являться комплексной разработкой комплекта проектной документации (в неполной мере могут быть представлены или отсутствовать этапы проектирования, которые вынесены в проект, сопутствующий данному по дисциплине «Монтаж эксплуатация и диагностика систем автоматизации»).

2.3 Типовая тематика курсового проекта

1. Автоматизированные системы управления технологическими процессами: процессы легкой промышленности, механической обработки, химико-технологические процессы, технологические процессы пищевой промышленности и др.

2. Автоматизированные системы управления непроизводственными объектами: автоматизированные охранные и противопожарные системы, автоматизированные системы климат-контроля зданий различного назначения, автоматизированные системы коммунального хозяйства, автоматизированные распределенные системы контроля и учета (например, для расхода энергетических ресурсов).

3. Автоматизация технологических или производственных процессов: автоматизированный технологический участок, автоматическая линия, гибкий производственный модуль, гибкая производственная система, автоматизированная складская система, автоматизированная транспортная система и др.

4. Разработка средств автоматизации управления: программируемые контроллеры нестандартного исполнения, процессорные регуляторы, логические контроллеры, нестандартные модули сопряжения с объектом и др.

5. Разработка автоматизированных рабочих мест для технологов, операторов автоматизированных систем управления, разработчиков систем.

6. Разработки для учебного процесса: учебно-лабораторные стенды, методическое и программное обеспечение лабораторных работ и практических занятий, электронные учебники, компьютерные тестовые системы, справочники-эмуляторы и т. п.

7. Исследования средств и объектов автоматизации: проведение и оформление результатов экспериментальных исследований, имитационное моделирование, разработка математического и программного обеспечения для автоматизации научных исследований (АСНИ).

Тематика курсовых проектов определяется, как правило, исходя из темы предстоящего дипломного проекта.

2.4 Расчетно-пояснительная записка

Курсовой проект включает графическую часть и пояснительную записку. Объем графической части работы составляет не менее 4 чертежей формата А2 или А1. Чертежи могут выполняться с использованием программного обеспечения класса САПР или ручным способом. Чертежи должны соответствовать требованиям ЕСКД.

Пояснительная записка представляется в печатном или рукописном виде на листах формата А4. Форма титульного листа в приложении Б. Объем пояснительной записки 50–60 страниц. Записка должна отвечать требованиям ЕСКД к текстовым конструкторским документам.

В расчетно-пояснительной записке приводятся описания выполненных разработок, расчеты и обоснования, использованных схемно-технических и программных решений.

Технические решения проекта должны соответствовать современному уровню науки и техники, что должно быть отражено в расчетно-пояснительной записке.

Работоспособность предлагаемых в проекте технических решений должна подтверждаться соответствующими расчетами, исследованиями, эмуляционными моделями, аналогиями и другими возможными средствами.

При оформлении пояснительной записки необходимо соблюдение некоторых общих требований:

1. Ясность изложения, чтобы можно было разобратся в сделанных студентом выводах, обоснованиях выбранных решений.

2. Необходимо выдерживать систематичность и последовательность в подаче материалов.

3. Содержание темы изложить как можно полно.

4. Текст должен делиться на абзацы, правильная разбивка на абзацы облегчает чтение и понимание содержания. Критерием такого деления является смысл написанного: каждый абзац включает самостоятельную мысль, выраженную одним или несколькими предложениями.

5. Работая над проектом, следует избегать повторений, не допускать перехода к новой мысли, пока первая не получила полного законченного выражения. Необходимо сокращать растянутые, нагроможденные придаточными предложениями и вводными словами фразы, писать, по возможности, краткими предложениями, исключать тавтологии, частое повторение одних и тех же слов и выражений

6. Изложение должно быть беспристрастным, даже когда факты не в пользу студента.

7. Не приводить необоснованных положений, выводов, высказываний, а если все-таки надо указать спорное мнение, то оговариваться, что оно только частное.

8. Не перегружать проект избытком цифр, цитат, иллюстраций, схем, ибо это часто отвлекает от сути работы. Весь вспомогательный материал лучше привести в виде приложения.

9. Цитируемые в работе места должны иметь точные указания, ссылки, откуда они взяты.

10. Необходимо соблюдать единство условных обозначений и допускаемых сокращений слов, которые соответствовали бы стандартам. Все сокращения, вводимые студентом и не входящие в ГОСТ, необходимо расшифровать в перечне сокращений.

2.5 Структура расчетно-пояснительной записки типового курсового проекта

Введение

1. Анализ объекта
2. Разработка структуры системы управления
3. Разработка функциональной схемы автоматизации
4. Выбор и расчёт технических средств
5. Разработка принципиальной электрической схемы
6. Разработка алгоритма функционирования системы
7. Разработка программного обеспечения

Заключение

Список используемых источников

Приложение

Графическая часть проекта должна включать:

- структурную схему автоматизации (формат А2);
- функциональную схему автоматизации (формат А2);
- принципиальную электрическую схему автоматизации (схему структурную электрическую) (формат А1);
- алгоритм функционирования системы (формат А1).

Раздел «Анализ объекта» должен содержать:

- технологическую схему автоматизируемого процесса;
- описание технологического процесса и оборудования;
- описание технологического процесса как объекта управления;
- описание математической модели процесса;
- описание аналогов системы.

Раздел «Разработка структуры системы управления» должен включать:

- структуру управления процессом;
- расшифровку обозначений на структурной схеме;
- описание работы системы, исходя из структурной схемы.

Раздел «Разработка функциональной схемы автоматизации» должен содержать:

- функциональную схему автоматизации;
- таблицу условных обозначений;
- описание функциональной схемы.

Раздел «Выбор и расчёт технических средств» должен включать:

- выбор средств измерения технологических переменных;
- выбор и расчёт исполнительных механизмов;
- выбор вторичных преобразователей;
- выбор управляющего устройства.

Раздел «Разработка принципиальной электрической схемы» должен включать:

- выбор и расчет блоков питания;
- выбор элементов защиты;
- выбор переключателей ручного управления;
- принципиальную электрическую схему;
- расшифровку обозначений на схеме;
- описание электрической схемы подключения.

Раздел «Разработка алгоритма функционирования системы» должен включать:

- блок-схему основного алгоритма функционирования автоматизируемой системы;
- блок-схемы подпрограмм;
- описание алгоритма функционирования системы.

Раздел «Разработка программного обеспечения» должен включать:

- выбор среды программирования;
- программу управления.

Допускается изменение структуры курсового проекта по согласованию с руководителем проекта, и полученная структура в обязательном порядке отражается в листе задания на курсовое проектирование и утверждается заведующим кафедрой.

Изменения могут быть внесены, если курсовой проект выполняется по нестандартной тематике или характер проводимых изысканий имеет более углубленный характер проработки узконаправленных задач разработки (например, выбор и анализ применения закона регулирования, инвариантное оптимальное управление, разработка программно-аппаратных систем на основе SCADA и т. д.)

3 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА

Для оценки научно-технического уровня в предметной области, связанной с темой курсового проекта, проводятся библиографические и патентные исследования. В процессе проведения этих исследований изучается литература и иные источники информации, а также патентная информация.

При выполнении исследований решаются следующие задачи:

- отбор аналогов объекта проектирования в курсовой работе;
- выделение наиболее эффективных и перспективных технических решений поставленной задачи;
- оценка возможности использования имеющихся наработок в разрабатываемом проекте;
- общая оценка научно-технического уровня в рассматриваемой предметной области и оценка перспективности выполняемой разработки.

Описание технологического процесса и оборудования включают:

- цели и задачи процесса;
- основные режимы работы технологического оборудования, тактограммы, поясняющие режимы;
- перечень параметров, характеризующих процесс, их диапазоны и т. д.;
- кинематические, гидравлические, пневматические и прочие схемы оборудования;
- описание и структура существующей системы управления при модернизации оборудования.
- выбор критерия оптимизации процесса и условий реализации данного критерия;
- анализ аналогов систем управления данного типа процесса;
- выбор и обоснование математического аппарата и модели для описания процесса на основе выбранного критерия оптимизации;
- выводы (необходимо сформулировать основные направления разработки, технические условия и преимущества разрабатываемой системы).

Результатом первого раздела является техническое задание на проект.

4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Согласно ГОСТ 34.602-2020 техническое задание (далее – ТЗ) на создание автоматизированной системы (АС) содержит следующие разделы, которые могут быть разделены на подразделы:

1. Общие сведения.
2. Цели и назначение создания автоматизированной системы.
3. Характеристика объектов автоматизации.
4. Требования к автоматизированной системе.
5. Состав и содержание работ по созданию автоматизированной системы.
6. Порядок разработки автоматизированной системы.
7. Порядок контроля и приемки автоматизированной системы.
8. Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу автоматизированной системы в действие.
9. Требования к документированию.
10. Источники разработки.

В ТЗ на системы автоматизации могут включать приложения.

В зависимости от вида, назначения, специфических особенностей объекта автоматизации и условий функционирования системы допускается оформлять разделы ТЗ в виде приложений, вводить дополнительные, исключать или объединять подразделы ТЗ.

В ТЗ на части системы не включают разделы, дублирующие содержание разделов ТЗ на системы автоматизации в целом.

В разделе «Общие сведения» указывают:

1. Полное наименование АС и ее условное обозначение.
2. Шифр темы (при наличии).
3. Наименование организации-заказчика АС и организации-разработчика, если это известно.
4. Перечень документов, на основании которых создается АС, кем и когда утверждены эти документы.
5. Общие сведения об источниках и порядке финансирования работ.

В подразделе «Перечень документов, на основании которых создается АС, кем и когда утверждены эти документы» приводят примеры документов, на основании которых создается АС: договорные документы; нормативно-правовые и технические документы; ТЗ на ранее разрабатывавшуюся АС.

Раздел «Цели и назначение создания автоматизированной системы» состоит из подразделов:

1. Цели создания АС.
2. Назначение АС.

В подразделе «Цели создания АС» приводят наименования и требуемые значения технических, технологических, производственно-экономических и пр. показателей объекта автоматизации, которые должны быть достигнуты в ре-

зультате создания АС, и указывают критерии оценки достижения целей создания АС.

В подразделе «Назначение системы» указывают вид автоматизируемой деятельности (управление, проектирование и т. п.) относительно объекта автоматизации в целом.

Для сложного объекта автоматизации приводится перечень объектов, где будет использоваться АС.

В разделе «Характеристики объекта автоматизации» приводят:

1. Основные сведения об объекте автоматизации или ссылки на документы с этими сведениями.

2. Сведения об условиях эксплуатации объекта автоматизации и характеристиках окружающей среды.

В подразделе «Основные сведения об объекте автоматизации или ссылки на документы с этими сведениями» приводятся основные сведения об объекте автоматизации, чтобы однозначно его идентифицировать и сформировать представление о масштабах разработки.

Раздел «Требования к автоматизированной системе» состоит из следующих подразделов:

1. Требования к структуре АС в целом.

2. Требования к функциям (задачам) АС.

3. Требования к видам обеспечения АС (математическому, информационному, лингвистическому, программному, техническому, метрологическому, организационному, методическому и другим видам обеспечения АС).

4. Общие технические требования к АС.

Состав требований к системе, включаемых в данный раздел ТЗ на системы автоматизации, устанавливают в зависимости от вида, назначения, специфических особенностей и условий функционирования конкретной системы. В каждом подразделе приводят ссылки на действующие НТД, определяющие требования к системам соответствующего вида.

В подразделе «Требования к структуре АС в целом» указывают:

– перечень подсистем, их назначение и основные характеристики, требования к числу уровней иерархии и степени централизации АС;

– требования к способам и средствам обеспечения информационного взаимодействия компонентов АС;

– требования к интеграции (характеристикам взаимосвязей) со смежными АС, требования к интероперабельности, к совместимости, включая способы обмена информацией;

– требования к режимам функционирования АС;

– требования по диагностированию АС;

– требования к транспортабельности для подвижных систем автоматизации.

Для каждой функции (задачи) указываются результаты ее выполнения и их основные характеристики. Дополнительно можно указать:

– временной регламент реализации;

– требования к реализации;

- характеристики точности и времени выполнения, одновременности выполнения группы функций;
- требования к достоверности выдачи результатов;
- перечень и критерии отказов для функций, где указаны требования по надежности.

Для каждого вида обеспечения АС приводится свой набор требований, что будет рассмотрено в рамках отдельной статьи.

В подразделе «Общие технические требования к АС» указывают:

– требования к численности и квалификации персонала и пользователей АС;

- требования к надежности;
- требования по безопасности;
- требования к эргономике и технической эстетике;
- требования к транспортабельности для подвижных АС;
- требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов АС;

- требования к защите информации от несанкционированного доступа;
- требования по сохранности информации при авариях;
- требования к защите от влияния внешних воздействий;
- требования к патентной чистоте и патентоспособности;
- требования по стандартизации и унификации;
- дополнительные требования (к оснащению АС учебно-тренировочными средствами и документацией на них, к сервисной аппаратуре, стендам для проверки элементов АС, требования, связанные с особыми условиями эксплуатации и специальные требования по усмотрению разработчика или заказчика АС).

Раздел «Порядок разработки автоматизированной системы» должен содержать:

- порядок организации разработки АС;
- перечень документов и исходных данных для разработки АС;
- перечень документов, предъявляемых по окончании соответствующих этапов работ;
- порядок проведения экспертизы технической документации;
- перечень макетов, порядок их разработки, изготовления, испытаний, необходимость разработки на них документации, программы и методик испытаний;
- порядок разработки, согласования и утверждения плана совместных работ по разработке АС;
- порядок разработки, согласования и утверждения программы работ по стандартизации;
- требования к гарантийным обязательствам разработчика;
- порядок проведения технико-экономической оценки разработки АС;
- порядок разработки, согласования и утверждения программы метрологического обеспечения, программы обеспечения надежности, программы эргономического обеспечения.

Раздел «Порядок контроля и приёмки автоматизированной системы» должен содержать:

- виды, состав и методы испытаний АС и ее составных частей;
- общие требования к приемке работ, порядок согласования и утверждения приемочной документации;
- статус приемочной комиссии (государственная, межведомственная, ведомственная и др.).

Порядок согласования и утверждения приемочной документации, а также статус приемочной комиссии указываются при необходимости.

В разделе «Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу автоматизированной системы в действие» необходимо привести перечень мероприятий подготовки объекта автоматизации к вводу АС в действие.

В перечень мероприятий включают:

1. Создание условий функционирования объекта автоматизации, при которых гарантируется соответствие создаваемой АС требованиям ТЗ.
2. Проведение необходимых организационно-штатных мероприятий.
3. Порядок обучения персонала и пользователей АС.

Например, для АСУ приводят:

- изменения применяемых методов управления;
- создание условий для работы компонентов АСУ, при которых гарантируется соответствие системы требованиям, содержащимся в ТЗ.

В разделе «Требования к документированию» приводят:

1. Перечень подлежащих разработке документов.
2. Вид представления и количество документов.
3. Требования по использованию ЕСКД и ЕСПД при разработке документов.

Например, Руководство пользователя, Техническая инструкция по ГОСТам серии 34. При отсутствии соответствующих ГОСТов, определяющих требования к документированию элементов АС, сюда включают требования к составу и содержанию таких документов

В разделе «Источники разработки» должны быть перечислены документы и информационные материалы (технико-экономическое обоснование, отчеты о законченных научно-исследовательских работах, материалы на системы-аналоги и др.), на основании которых разрабатывалось ТЗ и которые должны быть использованы при создании системы.

В состав ТЗ на системы автоматизации при наличии утвержденных методик включают приложения, содержащие:

1. Расчет ожидаемой эффективности системы.
2. Оценку научно-технического уровня системы.

Приложения включают в состав ТЗ на системы автоматизации по согласованию между разработчиком и заказчиком системы.

5 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Схемы структурные определяют основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи и служат для общего ознакомления с изделием. На структурной схеме раскрывается не принцип работы отдельных функциональных частей изделия, а только взаимодействие между ними. Поэтому составные части изделия изображают упрощенно в виде прямоугольников произвольной формы. Допускается применять условные графические обозначения.

5.1 Структура систем управления

При разработке проекта автоматизации в первую очередь необходимо решить, с каких мест те или иные участки объекта будут управляться, где будут размещаться пункты управления, операторские помещения, какова должна быть взаимосвязь между ними, т. е. необходимо решить вопросы выбора структуры управления. Под структурой управления понимается совокупность частей автоматической системы, на которые она может быть разделена по определенному признаку, а также пути передачи воздействий между ними. Графическое изображение структуры управления называется структурной схемой.

Выбор структуры управления объектом автоматизации оказывает существенное влияние на эффективность его работы, снижение относительной стоимости системы управления, ее надежности, ремонтоспособности и т. д.

В самом общем виде структурная схема системы автоматизации представлена на рисунке 1. Система автоматизации состоит из объекта автоматизации и системы управления этим объектом. Благодаря определенному взаимодействию между объектом автоматизации и системой управления система автоматизации в целом обеспечивает требуемый результат функционирования объекта, характеризующийся параметрами $x_1, x_2, \dots, x_n$.

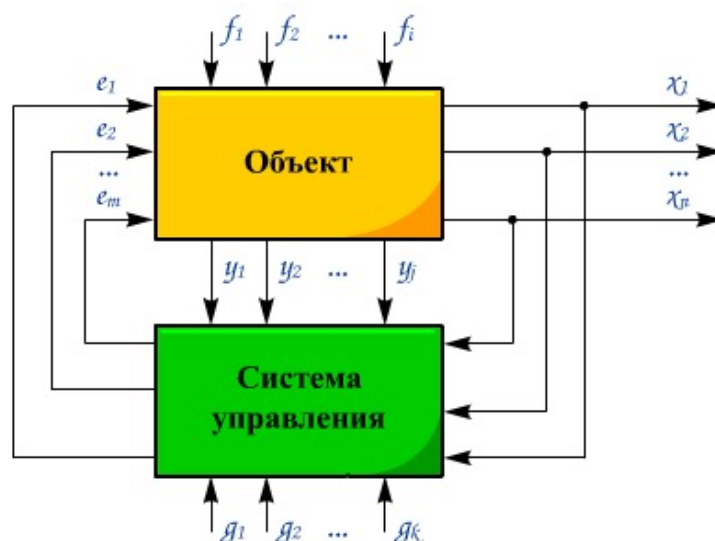


Рисунок 1 – Структурная схема системы автоматизации

К этим параметрам можно отнести, например, величины, характеризующие целесообразный конечный продукт технологического процесса, отдельные параметры, определяющие ход технологического процесса, его экономичность, обеспечение безаварийного режима и т. д.

Кроме этих основных параметров, работа комплексного объекта автоматизации характеризуется рядом вспомогательных параметров $y_1, y_2, \dots, y_i$, которые также должны контролироваться и регулироваться (например, поддерживаться постоянными). К такого рода параметрам можно отнести, например, величины, характеризующие работу установок подготовки технологического пара, насосных станций оборотного водоснабжения и т. д.

От этих установок требуется только подача на вход технологической установки сырья и энергоносителей с заданными параметрами. При этом необходимая дозировка подачи сырья и энергоносителей осуществляется средствами управления, относящимися к технологической установке.

В процессе работы на объект поступают возмущающие воздействия $f_1, f_2, \dots, f_i$, вызывающие отклонения параметров $x_1, x_2, \dots, x_n$ от их требуемых значений. Информация о текущих значениях $x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_i$ поступает в систему управления и сравнивается с предписанными им значениями $g_1, g_2, \dots, g_k$, в результате чего система управления вырабатывает управляющие воздействия $E_1, E_2, \dots, E_m$ для компенсации отклонений выходных параметров.

Таким образом, объект автоматизации в общем случае состоит из нескольких, в большей или меньшей степени связанных друг с другом, участков управления. Участки управления физически могут представляться в виде отдельных установок, агрегатов и т. д. или в виде локальных каналов управления отдельными параметрами одних и тех же установок, агрегатов и т. д.

В свою очередь, система управления в зависимости от важности регулируемых параметров, круга работников эксплуатационного персонала, которым необходимо знать их значения для осуществления оптимального управления объектом, в общем случае должна обеспечивать разные уровни управления объектом автоматизации, т. е. должна состоять из нескольких пунктов управления, в той или иной степени взаимосвязанных друг с другом.

С учетом изложенного, структуры управления объектом автоматизации могут быть в частных случаях одноуровневыми централизованными, одноуровневыми децентрализованными и многоуровневыми. Одноуровневые системы управления, в которых управление объектом осуществляется с одного пункта управления, называются централизованными. Одноуровневые системы, в которых отдельные части сложного объекта управляются из самостоятельных пунктов управления, называются децентрализованными.

Структурные схемы одноуровневых централизованных и децентрализованных систем приведены на рисунке 2, на котором стрелками показаны только основные потоки передачи информации от объекта управления к системе управления и управляющие воздействия системы на объект управления. На рисунке 2 отдельные части сложного объекта управления, управляемые соответственно с пунктов ПУ1–ПУ3, разделены штриховыми линиями.

Одноуровневые централизованные системы применяются в основном для управления относительно несложными объектами или объектами, расположенными на небольшой территории. Большинство промышленных объектов в настоящее время представляет собой сложные комплексы, отдельные части которых расположены на значительном расстоянии друг от друга.

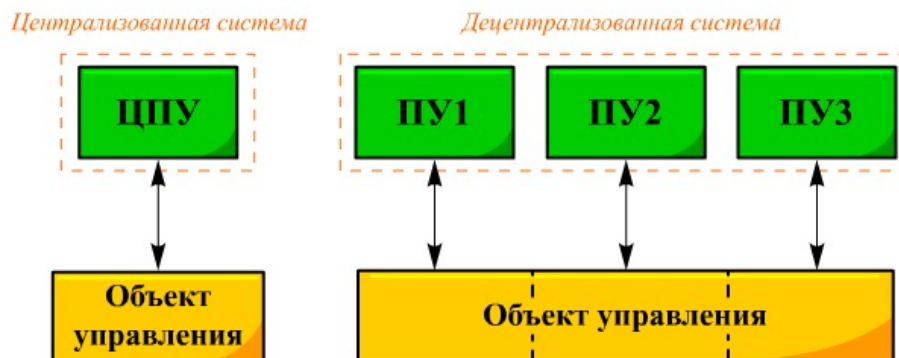


Рисунок 2 – Примеры одноуровневых систем управления

Кроме основных технологических установок, объекты имеют большое число вспомогательных установок-подобъектов (промышленные котельные, компрессорные, насосные станции оборотного водоснабжения, котлы-утилизаторы, очистные сооружения и т. п.), которые необходимы для обеспечения технологических установок всеми видами энергии, а также для утилизации и нейтрализации остаточных продуктов технологического процесса.

Если управление такого комплексного объекта построить по одноуровневой централизованной системе, то намного усложнятся коммуникации системы управления, резко возрастут затраты на ее сооружения и эксплуатацию, центральный пункт управления получится громоздким. Переработка информации, большая часть которой является ненужной для непосредственного ведения технологического процесса, представляет большие затруднения. Удаленность пункта управления от того или иного вспомогательного подобъекта затрудняет принятие оперативных мер по устранению тех или иных неполадок. В этом случае более приемлемой становится одноуровневая децентрализованная система управления.

Однако с помощью одноуровневых систем не всегда представляется возможным оптимально решить вопросы управления технологическими процессами. Это в первую очередь относится к сложным технологическим процессам. Тогда целесообразно переходить к многоуровневым системам управления. В качестве примера на рисунке 3 представлена трехуровневая система управления сложным объектом с разветвленными технологическими связями между установками. Отдельные технологические установки управляются децентрализованно с пунктов управления 1–7. Это первый уровень управления. С пунктов 1–7 соответственно управляются объекты, имеющие существенную технологическую взаимосвязь. В связи с этим наиболее ответственные регулируемые пара-

метры установок передаются на пункты управления 8–10 второго уровня управления. Основные параметры, определяющие технологический процесс объекта в целом, могут управляться и контролироваться с пункта управления 11 третьего уровня.

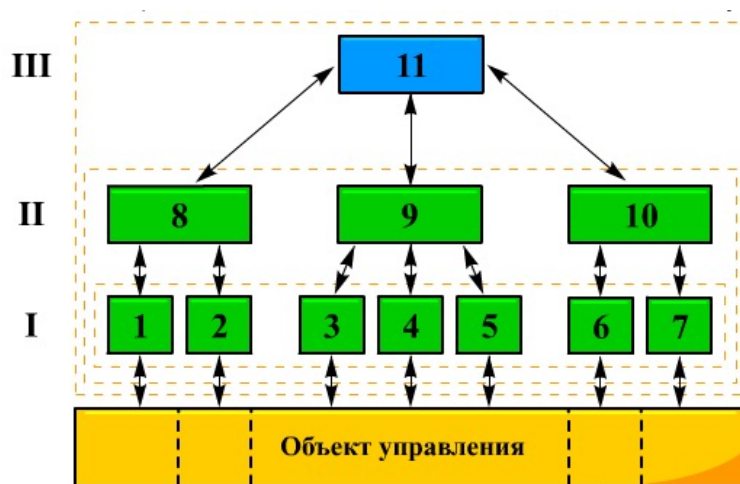


Рисунок 3 – Пример трехуровневой системы управления:
I–III – уровни управления

Для первого уровня при проектировании целесообразно предусматривать три режима управления:

- командами, поступающими от уровня более высокого ранга;
- командами, формируемыми непосредственно на первом уровне;
- командами, поступающими как с уровня более высокого ранга, так и формируемыми непосредственно на первом уровне.

Для уровня второго ранга и выше возможны четыре режима работы:

- аппаратура данного i -го ранга принимает и реализует в управляющие воздействия команды $(i + 1)$ -го ранга;
- команды формируются непосредственно на аппаратуре i -го ранга;
- все функции управления с i -го ранга передаются на аппаратуру $(i - 1)$ -го ранга;
- часть команд на аппаратуру i -го ранга поступает с $(i + 1)$ -го ранга, часть команд формируется на i -м ранге, часть функций управления передана на аппаратуру $(i - 1)$ -го ранга.

Аппаратура i -го ранга соответственно должна иметь переключатели режимов на три положения с четкой сигнализацией положений. Перевод аппаратуры с режима 1 на режим 2 осуществляется по команде или с разрешения оператора системы вышестоящего ранга.

Передача функций управления тем или иным параметром на нижестоящий ранг осуществляется только после приема команды о передаче и подтверждения оператора системы нижестоящего ранга о готовности к принятию на себя тех или иных функций управления (формирования команд).

Многоуровневая структура системы управления обеспечивает ее надежность, оперативность, ремонтпригодность. При этом легко решается оптимальный уровень централизации управления с минимальным количеством средств технологического контроля, управления и линий связи между ними.

5.2 Выполнение структурных схем автоматизации (схем функциональной структуры)

Структурные схемы автоматизации в проектах автоматизации рекомендуется разрабатывать в соответствии с ГОСТ 24.302-80. Система технической документации на АСУ. Общие требования к выполнению схем (п. 2.1, 2.2, 2.6).

Графическое построение схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии. На линиях взаимодействия рекомендуется стрелками (по ГОСТ 2.721-74) обозначать направления хода процессов, происходящих в изделии.

На структурной схеме отображаются в общем виде основные решения проекта по функциональной, организационной и технической структурам автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) с соблюдением иерархии системы и взаимосвязей между пунктами контроля и управления, оперативным персоналом и технологическим объектом управления. Принятые при выполнении структурной схемы принципы организации оперативного управления технологическим объектом, состав и обозначения отдельных элементов структурной схемы должны сохраняться во всех проектных документах на АСУ ТП, в которых они конкретизируются и детализируются в функциональных схемах автоматизации, структурной схеме комплекса технических средств (КТС) системы, принципиальных схемах контроля и управления, а также в проектных документах, касающихся организации оперативной связи и организационного обеспечения АСУ ТП.

Исходными материалами для разработки структурных схем являются:

- задание на проектирование АСУ ТП;
- принципиальные технологические схемы основного и вспомогательного производств технологического объекта;
- задание на проектирование оперативной связи подразделений автоматизируемого технологического объекта;
- генплан и титульный список технологического объекта.

Структурная схема разрабатывается на стадиях «проект» и «рабочий проект». На стадии «рабочая документация» при двухстадийном проектировании структурная схема разрабатывается только в случае изменений технологической части проекта или решений по АСУ ТП, принятых при утверждении проекта автоматизации.

Элементы структурной схемы изображаются, как правило, в виде прямоугольников. Отдельные функциональные службы [отдел главного энергетика (ОГЭ), отдел главного механика (ОГМ), отдел технического контроля (ОТК) и т. п.] и должностные лица (директор, главный инженер, начальник цеха, начальник смены, мастер и т. п.) допускается изображать на структурной схеме в виде кружков.

Внутри прямоугольников, изображающих участки (подразделения) автоматизируемого объекта, раскрывается их производственная структура. При этом выделяются цехи, участки, технологические линии либо группы агрегатов для выполнения законченного этапа технологического процесса, которые являются существенными для раскрытия в документах проекта всех взаимосвязей между управляемой (технологическим объектом управления) и управляющей системами.

6 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ

6.1 Общие положения и правила выполнения

Функциональные схемы автоматизации (далее – ФСА) являются основным проектным документом, определяющим структуру и уровень автоматизации технологического процесса (ТП) проектируемого объекта и оснащение его приборами и средствами автоматизации.

ФСА – это чертеж, на котором с помощью условных изображений показывают технологическое оборудование, коммуникации, органы управления, приборы и средства автоматики, средства вычислительной техники и другие агрегатные комплексы с указанием связей между приборами и средствами автоматизации, таблицы условных обозначений и пояснения к схеме.

ФСА является основанием для выполнения остальных чертежей проекта, составления заявочных ведомостей, спецификаций. Она согласуется с заказчиком или организацией, выдавшей задание на проектирование.

Для однотипных объектов управления, не связанных между собой и имеющих одинаковое оснащение приборами и средствами автоматизации и одинаковые щиты (пульты), схему следует выполнять для одного из них. На схеме дают пояснения.

Для однотипных технологических объектов, имеющих общие щиты и пульты с аппаратурой и приборами, допускается показывать технологическое оборудование одного объекта. При этом технические системы автоматизации (ТСА) и приборы, установленные на щите, показывают полностью для всех объектов.

Если приборы однотипны, контролируемые параметры имеют одинаковые значения, то все повторяющиеся приборы показывают на щите один раз, но проставляют их количество.

Если приборы однотипны, а контролируемые параметры различаются значениями, то на щите показывают все приборы, а около линий связи, соединяющих приборы с управляемым объектом, делают соответствующее пояснение.

При использовании многоточечного прибора для контроля какого-либо параметра в нескольких однотипных аппаратах на схеме допускается показывать только один технологический аппарат и один датчик, а около прибора показывают линии связи от остальных датчиков.

На ФСА дают пояснение, на основании какого документа она разработана.

6.2 Изображение технологического оборудования, приборов и средств автоматизации

Графическое построение схемы должно давать наглядное представление о последовательности ТП. Технологическая схема вычерчивается с упрощенным изображением оборудования, масштаб при этом не соблюдается. Конфигурация оборудования должна соответствовать действительной и изображаться принятыми условными обозначениями.

ФСА графически делится на две зоны:

1. 2/3 высоты чертежа изображается технологическая схема.
2. Под технологической схемой вычерчиваются два прямоугольника, обозначающих установку местных приборов и щитов, пультов, пунктов контроля и управления и т. п. В прямоугольниках условными обозначениями показывают соответствующую аппаратуру.

Оборудование и коммуникации изображаются тонкими линиями, а технологические потоки жирными. Соединение и пересечение трубопроводов показываются следующими условными обозначениями (рис. 4):

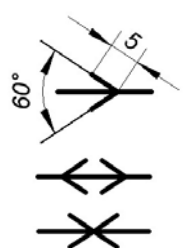
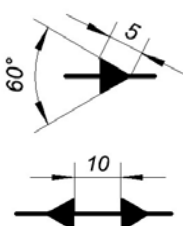
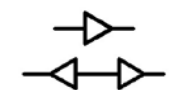


Рисунок 4 – Условные обозначения соединения и пересечения трубопроводов

Допускается изображать элементы объекта в виде прямоугольников, которые должны иметь наименование.

У изображений объектов и трубопроводов должны быть поясняющие надписи (наименование оборудования, его номер) и указание направления потоков (таблица 1).

Таблица 1 – Обозначения направления потока энергии, жидкости и газа

Наименование	Обозначение
1. Поток электромагнитной энергии, сигнал электрический: а) в одном направлении (например, вправо); б) в обоих направлениях не одновременно; в) в обоих направлениях одновременно	
2. Поток жидкости: а) в одном направлении (например, вправо); б) в обоих направлениях	
3. Поток газа (воздуха): а) в одном направлении (например, вправо); б) в обоих направлениях	

Технологические трубо-, газо- и водопроводы на функциональной схеме обозначаются однолинейно в соответствии с условным изображением:

—	Жидкость или газ, преобладающий в данном проекте
–1–	Вода
–2–	Пар
–3–	Воздух
–4–	Азот
–5–	Кислород
–6–	Аргон
–7–	Неон
–8–	Гелий
–9–	Криптон
–10–	Ксенон
–11–	Аммиак
–12–	Кислота (окислитель)
–13–	Щелочь
–14–	Масло
–15–	Жидкое горючее
–16–	Водород
–17–	Ацетилен
–18–	Фреон
–19–	Метан
–20–	Этан
–21–	Этилен

- 22– Пропан
- 23– Пропилен
- 24– Бутан
- 25– Бутилен
- 26– Противопожарный трубопровод
- 27– Вакуум

Изображение объекта автоматизации и отдельных его элементов выполняется таким образом, чтобы линии имели минимальную протяженность, изгибы и пересечения.

Прямоугольники с приборами могут размещаться в следующей последовательности сверху вниз:

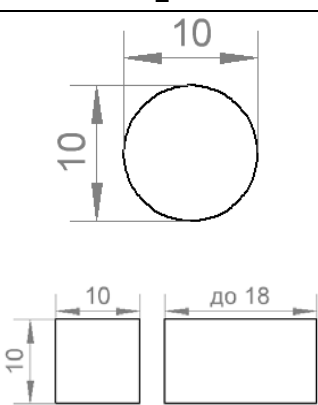
1. Приборы местные, или внештитовые приборы.
2. Местные щиты контроля и управления.
3. Операторские щиты.
4. Центральные и диспетчерские щиты управления.
5. Управляющие вычислительные машины и машины централизованного контроля.

При распределении изображения щита и комплексного устройства на первом листе прямоугольник щита справа заканчивается линией. При необходимости размещения щита на следующих листах прямоугольник не заканчивается линией с правой стороны. В этом месте делают соответствующую надпись. На последнем листе схемы прямоугольник замыкается справа.

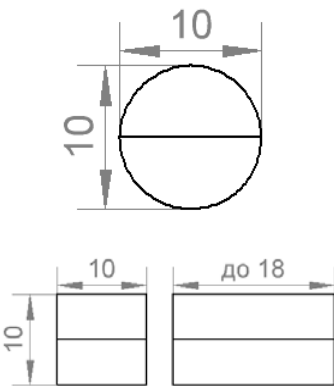
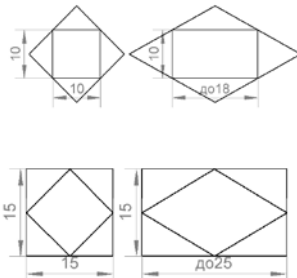
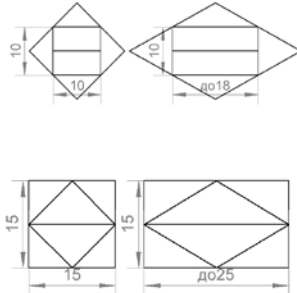
Приборы и ТСА, которые располагаются вне щитов и конструктивно не связаны с технологическим оборудованием и коммуникациями, условно показывают в прямоугольнике «Приборы местные». Прямоугольник располагают над прямоугольником щитов.

Приборы и технические средства автоматизации показывают условными обозначениями по ГОСТ 2.721 и ГОСТ 2.303 (табл. 2).

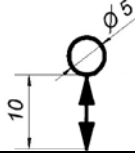
Таблица 2 – Графические условные обозначения приборов и средств автоматизации

Наименование	Обозначение	Примечание
1	2	3
1. Прибор или аппарат, установленный вне щита (по месту): а) основное обозначение; б) допускаемое значение		В обоснованных случаях допускается использовать второй вариант

Продолжение таблицы 2

1	2	3
2. Прибор или аппарат, установленный на щите или пульте: а) основное обозначение; б) допускаемое значение		В обоснованных случаях допускается использовать второй вариант
3. Функциональные блоки цифровой техники (контроллер, системный блок, монитор, устройство сопряжения и др.)		Размеры по усмотрению разработчика применительно к удобству оформления схемы
4. Прибор, устройство ПАЗ, установленный вне щита: а) основное обозначение; б) допускаемое обозначение		
5. Прибор, устройство ПАЗ, установленный на щите: а) основное обозначение; б) допускаемое обозначение		При размещении оборудования ПАЗ в шкафах, стойках и стativaх, предназначенных для размещения только систем ПАЗ, на схемах допускается не обозначать это оборудование ромбами
6. Исполнительный механизм (ИМ), общее обозначение		
7. ИМ, открывающийся при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала		

Окончание таблицы 2

1	2	3
8. ИМ, закрывающийся при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала		
9. ИМ, в котором при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала РО остается в неизменном положении		
10. Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом		Обозначение может применяться с любым дополнительным знаком, характеризующим положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или регулирующего сигнала

Построение буквенных условных обозначений измеряемых величин и функций, выполняемых приборами и ТСА, оформляется прописными буквами латинского алфавита (табл. 3).

Таблица 3 – Буквенные условные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов и средств автоматизации

Обозначение	Измеряемая величина		Функции, выполняемые прибором		
	Основное значение первой буквы	Дополнительное значение, уточняющее значение первой буквы	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
1	2	3	4	5	6
A	Анализ. Величина, характеризующая качество: состав, концентрация, детектор дыма и т. п.	—	Сигнализация	—	—
B	Пламя, горение	—	—	—	—
C	+	—	—	Автоматическое регулирование, управление	—
D	+	Разность или перепад	—	—	Величина отклонения от заданной измеряемой величины

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
E	Напряжение	-	—	Чувствительный элемент	—
F	Расход	Соотношение, доля, дробь	—	—	—
G	+	—	Первичный показывающий прибор	—	—
H	Ручное воздействие	—	—	—	Верхний предел измеряемой величины
I	Ток	—	Вторичный показывающий прибор	—	—
J	Мощность	Автоматическое переключение, обегание	—	—	—
K	Время, временная программа	—	—	Станция, управление	—
L	Уровень	—	—	-	Нижний предел измеряемой величины
M	+	—	—	—	—
N	+	—	—	—	—
O	+	—	—	—	—
P	Давление, вакуум	—	—	—	—
Q	Количество	Интегрирование, суммирование по времени	—	+	—
R	Радиоактивность	—	Регистрация	—	—
S	Скорость, частота	—	—	Включение, отключение, переключение, блокировка	—
T	Температура	—	—	Преобразование	—
U	Несколько разнородных измеряемых величин	—	—	—	—
V	Вибрация	—	—	—	—

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6
W	Вес, сила, масса	–	–	–	–
X	Нерекомендуемая резервная буква	–	Вспомогательные компьютерные устройства	–	–
Y	Событие, состояние	–	–	Вспомогательное вычислительное устройство	–
Z	Размер, положение, перемещение	Система инструментальной безопасности, ПАЗ	–	+	–

Примечание: буквенные обозначения, отмеченные знаком «+», назначаются по выбору пользователя, а отмеченные знаком «–» не используются.

6.3 Правила построения условных обозначений приборов и средств автоматизации в схемах

Настоящий стандарт устанавливает два метода построения условных обозначений:

- упрощённый;
- развёрнутый.

При упрощённом методе построения приборы и средства автоматизации, осуществляющие сложные функции, например, контроль, регулирование, сигнализацию и выполнение в виде отдельных блоков, изображают одним условным обозначением.

При развёрнутом методе построения каждый прибор или блок, входящий в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект средств автоматизации, указывают отдельным условным обозначением.

Условные обозначения приборов и средств автоматизации, применяемые в схемах, включают в себя графические, буквенные и цифровые обозначения. В верхней части графического обозначения наносят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора, определяющего его назначение. В нижней части графического обозначения наносят цифровое (позиционное) обозначение прибора или комплекта средств автоматизации.

При построении обозначений комплектов средств автоматизации первая буква в обозначении каждого входящего в комплект прибора или устройства

(кроме устройств ручного управления и параметра «событие, состояние») является обозначением измеряемой комплектом величины.

Буквенные обозначения устройств, выполненных в виде отдельных блоков и предназначенных для ручных операций, независимо от того, в состав какого комплекта они входят, должны начинаться с буквы Н.

Первая буква У показывает состояние или событие, которое определяет реакцию устройства.

Символ S применяется в качестве дополнительного обозначения измеряемой величины F, P, T и указывает на самосрабатывающие устройства безопасности – предохранительный или отсечной клапан, термореле. Символ S не должен использоваться для обозначения устройств, входящих в систему инструментальной безопасности – ПАЗ.

Символ Z применяется в качестве дополнительного обозначения измеряемой величины для устройств системы инструментальной безопасности – ПАЗ.

Порядок расположения буквенных обозначений принимают с соблюдением последовательности обозначений, приведенной на рисунке 5.



Рисунок 5 – Принцип построение условного обозначения прибора

6.4 Функциональные признаки приборов

Букву А применяют для обозначения функции «сигнализация» независимо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на какой-либо щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор.

Букву К применяют для обозначения станции управления, имеющей переключатель для выбора вида управления и устройство для дистанционного управления.

Букву Е применяют для обозначения чувствительного элемента, выполняющего функцию первичного преобразования: преобразователи термоэлектрические, термопреобразователи сопротивления, датчики пирометров, сужающие устройства расходомеров и т. п.

Букву S применяют для обозначения контактного устройства прибора, используемого для включения, отключения, переключения или блокировки.

При применении контактного устройства прибора, для включения, отключения и одновременно для сигнализации в обозначении прибора используют обе буквы: S и A.

Букву T применяют для обозначения первичного прибора бесшкального с дистанционной передачей сигнала: манометры, дифманометры, манометрические термометры.

Букву U применяют для обозначения вспомогательного устройства, выполняющего функцию вычислительного устройства.

Предельные значения измеряемых величин, по которым осуществляют, например, включение, отключение, блокировку, сигнализацию, допускается конкретизировать добавлением букв H и L. Комбинацию букв HH и LL используют для указания двух величин. Буквы наносят справа от графического обозначения.

Отклонение функции D при объединении с функцией A (тревога) указывает, что измеренная переменная отклонилась от задания или другой контрольной точки больше, чем на predetermined число.

При построении буквенных обозначений указывают не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используют в данной схеме.

При необходимости конкретизации измеряемой величины справа от графического обозначения прибора допускается указывать наименование, символ этой величины или ее значение, для измеряемой величины A указывают тип анализатора, обозначение анализируемой величины и интервал значений измеряемого параметра.

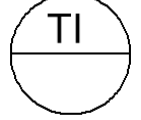
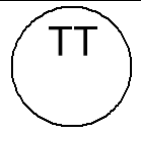
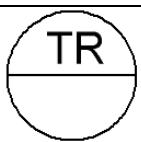
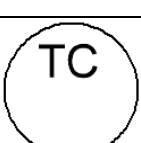
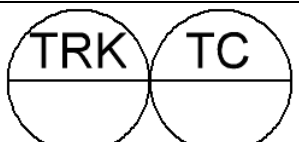
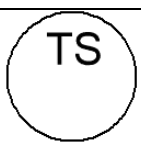
Для обозначения величин, не предусмотренных настоящим стандартом, допускается использовать резервные буквы. Применение резервных букв должно быть расшифровано на схеме.

Приборы и ТСА показываются на функциональной схеме развернутым способом, при этом каждый прибор и блок, входящий в единый измерительный, управляющий или регулирующий комплект, показывается отдельно условными графическими обозначениями, а сложные приборы, выполняющие несколько функций, дополняются изображениями нескольких окружностей с указанием своих функций, располагаемых слитно.

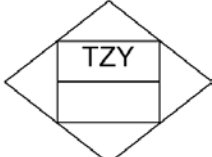
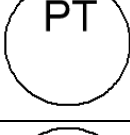
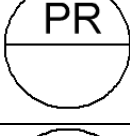
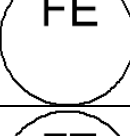
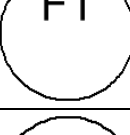
Подвод линий связи к прибору изображают в любой точке графического обозначения (сверху, снизу, сбоку). При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи наносят стрелки.

Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации приведены в таблице 4.

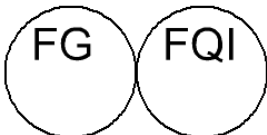
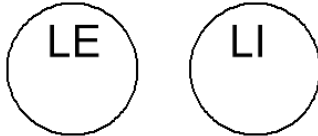
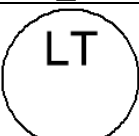
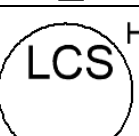
Таблица 4 – Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации

Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту. Например: преобразователь термоэлектрический (термопара), термопреобразователь сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пирометра и т. п.	
Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту. Например: термометр ртутный, термометр манометрический и т. п.	
Прибор для измерения температуры показывающий, установленный на щите. Например: милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т. п.	
Прибор для измерения температуры бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: термометр манометрический (или любой другой датчик температуры) бесшкальный с пневмо- или электропередачей	
Прибор для измерения температуры одноточечный, регистрирующий, установленный на щите. Например: самопишущий милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т. п.	
Прибор для измерения температуры с автоматическим обеганием устройством, регистрирующий, установленный на щите. Например: многоточечный самопишущий потенциометр, мост автоматический и т. п.	
Прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: любой самопишущий регулятор температуры (термометр манометрический, милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т. п.)	
Регулятор температуры бесшкальный, установленный по месту. Например: dilatometric temperature regulator	
Комплект для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленный на щите. Например: вторичный прибор и регулирующий блок системы «Старт»	
Прибор для измерения температуры бесшкальный с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле температурное	
Первичный прибор контроля температуры в системе ПАЗ	

Продолжение таблицы 4

Измерение температуры. Аналого-цифровой преобразователь, установленный на щите, включенный в контур ПАЗ	
Байпасная панель дистанционного управления, установленная на щите	
Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых (воздушных) линий, установленный на щите	
Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, установленный по месту. Например: любой показывающий манометр, дифманометр, тягомер, напорометр, вакуумметр и т.п.	
Прибор для измерения перепада давления показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр показывающий	
Прибор для измерения давления (разрежения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр) бесшкальный с пневмо- или электропередачей	
Прибор для измерения давления (разрежения) регистрирующий, установленный на щите. Например: самопишущий манометр или любой вторичный прибор для регистрации давления	
Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле давления	
Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий с контактным устройством, установленный по месту. Например: электроконтактный манометр, вакуумметр и т. п.	
Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту. Например: датчик индукционного расходомера и т. п.	
Прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: ротаметр бесшкальный с пневмо- или электропередачей	
Прибор для измерения соотношения расходов регистрирующий, установленный на щите. Например: любой вторичный прибор для регистрации соотношения расходов	

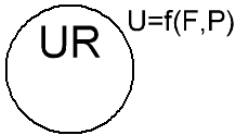
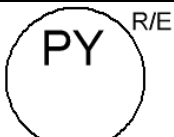
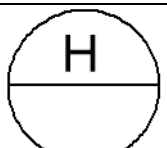
Продолжение таблицы 4

Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр (ротаметр) показывающий	
Прибор для измерения расхода интегрирующий, установленный по месту. Например: любой бесшкальный счетчик-расходомер с интегратором	
Прибор для измерения расхода показывающий, интегрирующий, установленный по месту. Например: дифманометр показывающий с интегратором	
Массовый многопараметрический расходомер, обеспечивающий измерение расхода, температуры с аналоговым токовым выходом 4–20 мА.	
Прибор для измерения расхода интегрирующий, с устройством для выдачи сигнала после прохождения заданного количества вещества, установленный по месту. Например: счетчик-дозатор	
Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту. Например: датчик электрического или емкостного уровнемера	
Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр), используемый для измерения уровня	
Прибор для измерения уровня с выносным блоком индикации. Показать в виде двух отдельных блоков с соединительной линией в соответствии с ГОСТ 21.408	
Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле уровня, используемое для блокировки и сигнализации верхнего уровня	
Прибор для измерения уровня бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: уровнемер бесшкальный с пневмо- или электропередачей	
Прибор для измерения уровня бесшкальный, регулирующий, с контактным устройством, установленный по месту. Например: электрический регулятор-сигнализатор уровня. Буква Н в данном примере означает блокировку по верхнему уровню	
Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите. Например: прибор вторичный показывающий с сигнальным устройством. Буквы Н и L означают сигнализацию верхнего и нижнего уровней	

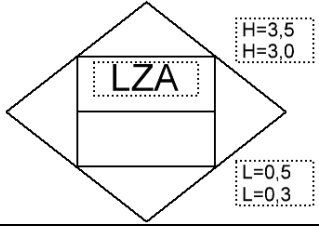
Продолжение таблицы 4

Прибор для измерения плотности раствора бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: датчик плотнoмера с пневмо- или электропередачей	 Плотность 0.8-0.9 г/см ²
Прибор для измерения размеров показывающий, установленный по месту. Например: прибор показывающий для измерения толщины стальной ленты	
Прибор для управления процессом по временной программе, установленный на щите. Например: командный электропневматический прибор (КЭП), многоцепное реле времени	
Прибор для измерения влажности регистрирующий, установленный на щите. Например: прибор влагомера вторичный	 Влажность
Прибор для измерения электрической величины показывающий, установленный по месту. Например: – напряжение; – сила тока; – мощность	  
Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения качества продукта, установленный по месту. Например: датчик рН-метра	 pH
Прибор для измерения качества продукта показывающий, установленный по месту. Например: газоанализатор показывающий для контроля содержания кислорода в дымовых газах	 O ₂
Прибор для измерения качества продукта регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: прибор вторичный самопишущий регулятора концентрации серной кислоты в растворе	 H ₂ SO ₄
Прибор для измерения радиоактивности показывающий, с контактным устройством, установленный по месту. Например: прибор для показания и сигнализации предельно допустимых концентраций α- и β-лучей	 a, b
Прибор для измерения скорости вращения, привода регистрирующий, установленный на щите. Например: прибор вторичный тахогенератора	

Продолжение таблицы 4

Прибор для измерения нескольких разнородных величин регистрирующий, установленный по месту. Например: дифманометр-расходомер самопишущий с дополнительной записью давления. Надпись, расшифровывающая измеряемые величины, наносится справа от прибора	
Прибор для измерения вязкости раствора показывающий, установленный по месту. Например: вискозиметр показывающий	
Прибор для измерения массы продукта показывающий, с контактным устройством, установленный по месту. Например: устройство электронно-тензометрическое сигнализирующее	
Прибор для контроля погасания факела в печи бесшкальный, с контактным устройством, установленный на щите. Например: прибор вторичный запально-защитного устройства	
Преобразователь сигнала, установленный на щите. Входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический. Например: преобразователь измерительный, служащий для преобразования термо-ЭДС термометра термоэлектрического в сигнал постоянного тока	
Преобразователь сигнала, установленный по месту. Входной сигнал пневматический, выходной – электрический	
Вычислительное устройство, выполняющее функцию умножения. Например: множитель на постоянный коэффициент К, установленный на щите	
Пусковая аппаратура для управления электродвигателем (включение, выключение насоса; открытие, закрытие задвижки и т. д.). Например: магнитный пускатель, контактор и т. п. Применение резервной буквы N должно быть оговорено на поле схемы	
Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления (включение, выключение двигателя; открытие, закрытие запорного органа, изменение задания регулятору), установленная на щите. Например: кнопка, ключ управления, задатчик	
Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, снабженная устройством для сигнализации, установленная на щите. Например: кнопка со встроенной лампочкой, ключ управления с подсветкой и т. п.	

Окончание таблицы 4

Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле уровня, используемое для ПАЗ верхнего уровня и нижнего уровня с выводом сигнала при четырех значениях уровня.	
Клапан регулирующий, закрывающий при прекращении подачи энергии с функцией ручного управления	

Примечание: В изображении прибора или аппарата для всех примеров вместо окружности допускается использовать квадрат или прямоугольник.

6.5 Графическое выполнение функциональных схем

ФСА выполняются на стандартных листах формата А4 – А0. При выполнении схемы на нескольких листах все пояснения выполняются на первом листе над основной надписью.

Заполнение таблицы рекомендуется осуществить в следующем порядке:

1. Условные обозначения трубопроводов.
2. Условные обозначения приборов и ТСА.
3. Буквенные обозначения, применяемые для обозначения контролируемых величин или функциональных признаков приборов, сокращения, принятые для отдельных блоков, устройств.

Линии связи между приборами и ТСА на функциональной схеме изображают однолинейно тонкими сплошными линиями. Подвод линии связи к символу прибора показывается в любой точке окружности. Линии связи выполняются по возможности наикратчайшим путём с минимальным числом изгибов и пересечений. Пересечения линиями связи изображения технологического оборудования и трубопроводов допускаются, а обозначений приборов и ТСА – нет. При пересечении, ответвлении и слиянии линий связи в случаях функционального взаимодействия на месте пересечения становится точка. Линии связи должны точно отображать функциональные связи элементов и приборов от начала до конца прохождения сигнала в соответствии с функциями данного контура управления или регулирования. Для сложных объектов с большим количеством используемых приборов и ТСА для улучшения чтения допускается линии связи разрывать. При этом в местах разрыва оба конца линии связи нумеруются одной арабской цифрой. Такая нумерация выносится основной базовой линией вверх или вниз от технологического оборудования. Нумерация раз-

рывов линии связи со стороны щитовых приборов дается в порядке возрастания номеров.

На участках линий связи со стороны приборов, изображённых в прямоугольниках щитов или прямоугольником «Приборы местные» слева, непосредственно у подхода их к первому прямоугольнику, указывают предельные рабочие значения измеряемых или регулируемых величин.

Позиции приборов и ТСА, изображенных на функциональной схеме состоят из двух частей:

1. Цифровое обозначение, присваиваемое комплекту приборов.
2. Буквенные индексы в виде строчных букв русского алфавита, присваиваемые отдельным элементам, входящим в комплект.

Комплектом называется совокупность отдельных функционально связанных элементов, выполняющих определённую задачу. Отдельным приборам, не входящим в комплект, присваиваются позиции, состоящие только из порядкового номера. При нехватке букв русского алфавита используют двухбуквенное обозначение, за исключением букв з, о, ё, ы, ь, ь.

Присвоение позиций комплектам, а также отдельным приборам и ТСА, осуществляется при записи их в заказную спецификацию, являющуюся необходимым документом для чтения функциональных схем, в следующей последовательности:

1. Приборы, регуляторы, устройства к ним, сгруппированные в следующие параметрические группы:

- а) приборы для измерения и регулирования температуры;
- б) приборы для измерения давления и разрежения;
- в) приборы для измерения расхода, количества вещества и уровня;
- г) приборы для измерения и регулирования состава, количества вещества;
- д) прочие приборы, регуляторы и комплектные устройства.

Комплекты приборов и аппаратуры взаимосвязанных систем измерения и регулирования могут выделяться в отдельные группы.

2. Машины централизованного контроля, управления и комплектные устройства к ним:

- а) машины централизованного контроля;
- б) машины централизованного управления;
- в) станции централизованного управления.

3. Управляющие вычислительные машины и комплектные устройства к ним:

- а) управляющие вычислительные машины;
- б) вычислительные машины;
- в) счетно-перфорационные устройства;
- г) клавишные вычислительные машины;
- д) отдельные вычислительные приборы и устройства.

4. Комплектные устройства телеконтроля и управления.

Буквенные обозначения присваивают каждому элементу комплекта в порядке алфавита в зависимости от последовательности прохождения сигнала (от

устройств получения информации к устройствам воздействия на управляемый процесс). В схемах каскадного или связанного регулирования, если прибор или регулятор связан с несколькими первичными измерительными преобразователями, то все элементы схемы, осуществляющие дополнительные функции, необходимо отнести к той функциональной группе, на которую оказывается воздействие. Одинаковым комплектам или однотипным элементам присваиваются одинаковые позиции вне зависимости от места их установки.

Электроаппаратура изображается на функциональных схемах с буквенным и цифровым обозначением, которые приняты по принципиальным электрическим схемам и состоят из буквенного обозначения и порядкового номера.

Позиционное обозначение электроаппаратуры образуется только с использованием латинских букв.

Позиции приборов и ТСА, присвоенные им по спецификации, и позиционные обозначения электроаппаратуры сохраняются в остальных документах проекта. Позиции приборов и ТСА, позиционные обозначения электроаппаратуры проставляют в нижней части УГО прибора, а если оно не помещается, то наносят справа от условного обозначения или над ним.

Для выполнения функциональных схем используют линии следующей толщины:

1. Контурные линии для изображения технологического оборудования: 0,2–0,5 мм.
2. Трубопроводы: 0,5–1,5 мм.
3. Обозначения приборов и ТСА: 0,5–0,6 мм.
4. Линии связи и горизонтальные разделительные линии внутри обозначения приборов: 0,2–0,3 мм.
5. Прямоугольники щитов и пультов: 0,5–1,0 мм.
6. Выноски: 0,2–0,3 мм.

При одинаковой толщине линий различного назначения их вычерчивают по толщине в противоположных пределах.

Для цифр и букв позиций, позиционных обозначений и надписей применяют следующие размеры шрифта:

1. Для позиций – цифры: 3,5 мм; буквы (строчные): 2,5 мм.
2. Для позиционных обозначений – буквы и цифры: 3,5 мм.
3. Для буквенных обозначений измеряемых величин и функций, выполняемых приборами, – 2,5 мм.
4. Для пояснительного текста и надписей – 3,5–5 мм.

Расстояния между параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм. В надписях и текстах используются общепризнанные сокращения слов.

7 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

7.1 Структура схем

Принципиальные электрические схемы определяют полный состав приборов и устройств, а также связей между ними, действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения, сигнализации.

Принципиальные электрические схемы должны обеспечивать высокую надежность, простоту и экономичность, четкость действий при аварийных режимах, удобство оперативной работы, удобство эксплуатации, четкость оформления.

ГОСТ 2.701–2008 содержит классификацию схем, общие требования к их выполнению, определения, основные понятия. К таким понятиям относят следующие:

- элемент схемы – составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение (резистор, трансформатор и т. п.);
- устройство – совокупность элементов, представляющая собой единую конструкцию (блок, плата и т. п.); устройство может не иметь в изделии определенного функционального назначения;
- функциональная цепь – линия, канал определенного назначения;
- линия взаимосвязи – отрезок линии, указывающий на наличие связи между функциональными частями изделия;
- установка – условное наименование объекта в энергетических сооружениях.

На чертежах принципиальных электрических схем систем автоматизации изображают:

- цепи и элементы управления, регулирования, измерения, сигнализации, электропитания;
- контакты аппаратов данной схемы, занятые в других схемах и контакты аппаратов из других схем;
- диаграммы и таблицы включений контактов переключателей, программных устройств, конечных и путевых выключателей и т. д.;
- перечень элементов.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба, но сохраняя пропорции в расположении элементов.

Элементы и устройства на принципиальных электрических схемах могут выполняться совмещенным или разнесенным способами. При совмещенном способе составные части элементов, например, катушки, контакты и др. изображают на схеме в непосредственной близости друг к другу (как бы в собранном виде).

При разнесенном способе составные части элементов и устройств изображают на схеме в разных местах, чтобы более наглядной была последовательность действия отдельных элементов схемы (строчный способ).

Используют также совмещено-разнесенный способ выполнения принципиальных схем.

7.2 Буквенно-цифровые обозначения в электрических схемах

В соответствии с ГОСТ 2.710–81 существует ряд правил по буквенно-цифровому обозначению в электрических схемах подключения.

Условные буквенно-цифровые обозначения (далее – обозначения) предназначены:

- для однозначной записи в сокращенной форме сведений об элементах, об устройствах и о функциональных группах (далее – части объекта) в документации на объект;
- для ссылок на соответствующие части объекта в текстовых документах;
- для нанесения непосредственно на объект, если это предусмотрено в его конструкции.

В зависимости от назначения и характера передаваемой информации устанавливаются следующие типы обозначений:

- высшего уровня – устройства (дополнительное обозначение);
- высшего уровня – функциональная группа (дополнительное обозначение);
- конструктивного расположения – конструктивное обозначение (дополнительное обозначение);
- элемента – позиционное обозначение (обязательное обозначение);
- электрического контакта (дополнительное обозначение);
- части объекта, с которой сопрягается данная часть объекта, или места расположения на документе изображения или сведений о данной части объекта (адресное обозначение).

В зависимости от полноты передаваемой информации условное буквенно-цифровое обозначение может иметь простую или сложную структуру, т. е. структуру в виде обозначений отдельных типов или в виде составного обозначения. При необходимости допускается применять обозначения и их квалифицирующие символы, типы которых не установлены настоящим стандартом. Содержание и способ записи таких обозначений должны быть пояснены в документации на объект (например, на поле схемы). Определения терминов, используемых в стандарте, приведены в таблице 5.

Применение уставных буквенно-цифровых обозначений в документах устанавливается правилами выполнения соответствующих документов (схем, чертежей, текстовых документов и т. д.).

Таблица 5 – Буквенные коды для указания функционального назначения элементов

Буквенный код	Функциональное назначение
A	Вспомогательный
B	Направление движения (вперед, назад, вверх, вниз, по часовой стрелке, против часовой стрелки)
C	Считающий
D	Дифференцирующий
F	Защитный
G	Испытательный
H	Сигнальный
I	Интегрирующий
K	Толкающий
M	Главный
N	Измерительный
P	Пропорциональный
Q	Состояние (старт, стоп, ограничение)
R	Возврат, сброс
S	Запоминание, запись
T	Синхронизация, задержка
V	Скорость (ускорение, торможение)
W	Сложение
X	Умножение
Y	Аналоговый
Z	Цифровой

Пример построения конструктивного обозначения приведен на рисунке 6.

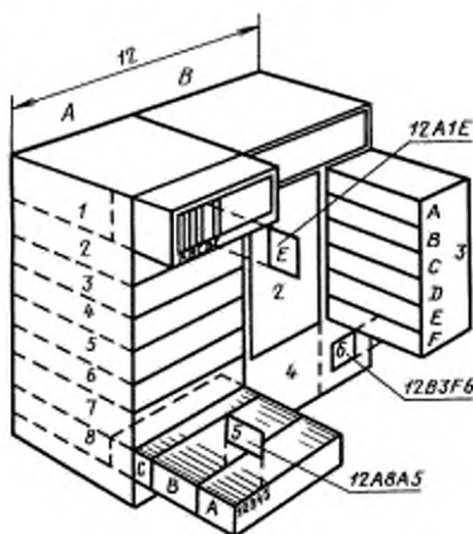


Рисунок 6 – Пример построения конструктивного обозначения

7.3 Правила построения обозначений

Для построения обозначений применяют прописные буквы латинского алфавита, арабские цифры, а также приведенные в таблице 6 знаки (квалифицирующие символы).

Таблица 6 – Квалифицирующие символы

Тип условного обозначения	Классифицирующий символ	Примечание
Обозначение высшего уровня – устройство	=	-
Обозначение высшего уровня – функциональная группа	≠	Допускается ≠
Конструктивное обозначение	+	-
Обозначение элемента (позиционное обозначение)	—	-
Обозначение электрического контакта	:	-
Адресное обозначение	()	Обозначение заключают в скобки

Знаки «0» и «1» используют и читают, соответственно, как цифры «ноль» и «единица», за исключением тех случаев, когда их используют в заведомо буквенных сочетаниях при образовании обозначений устройств и функциональных групп, если это не приведет к неправильному пониманию обозначений.

Структура обозначений. Условное буквенно-цифровое обозначение записывают в виде последовательности букв, цифр и знаков в одну строку без пробелов и их количество в обозначении не устанавливается.

Соседние группы знаков отдельных обозначений, имеющие самостоятельное смысловое значение, разделяют:

- чередованием буквы и цифры (например, КС25, К2, 25КС, 2К);
- точкой, если группы состоят только из букв или только из цифр (например, КС.А, 2.25).

Допускается в обозначении разделять точкой самостоятельные смысловые группы, состоящие из букв и цифр (например, 01.А1.1312; 01.А.113.12).

Допускается цифровую часть, имеющую смысл порядкового номера, записывать с одинаковым количеством разрядов, заполняя старшие разряды нулями, например, А01, А02,, А25,....., А99.

Составное обозначение образуют последовательной записью обозначений различных типов. Обозначение, входящее в составное обозначение, записывают с квалифицирующими символами в соответствии с таблицей 6.

Структура составного условного буквенно-цифрового обозначения в общем виде представлена на рисунке 7.

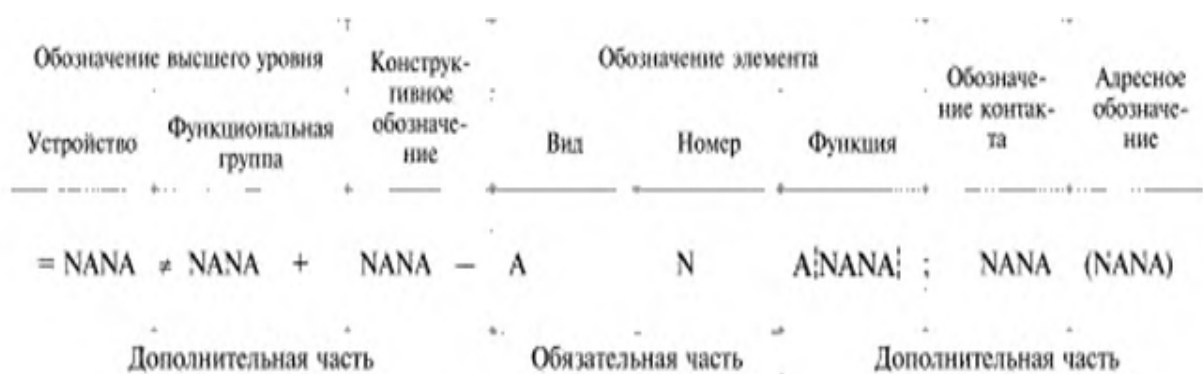


Рисунок 7 – Структура составного условного буквенно-цифрового обозначения в общем виде

Исходя из рисунка, следует отметить следующие обозначения:

A – обозначение, состоящее из одной или нескольких букв;

N – обозначение, состоящее из одной или нескольких цифр;

NANA – любая комбинация цифр и(или) букв;

'NANA' – дополнительная часть, уточняющая функцию.

Например, = A12 ≠ T8 + 204 – K4H : 12 (3.16 + 15 : 2).

Обозначение элемента (позиционное обозначение). Обозначение элемента в общем случае состоит из трех частей, указывающих вид элемента, его номер и функцию.

Вид и номер являются обязательной частью условного буквенно-цифрового обозначения и должны быть присвоены всем элементам и устройствам объекта. Указание функции элемента не служит для идентификации элемента и не является обязательным.

В первой части записывают одну или несколько букв (буквенный код) для указания вида элемента, во второй части записывают одну или несколько цифр для указания номера элемента данного вида, в третьей части записывают одну или несколько букв (буквенный код) функции элемента. Например, С41 – конденсатор С4, используемый как интегрирующий.

Допускается буквенный код функции дополнить цифрами. При разнесенном способе представления допускается к номеру добавлять условный номер изображений части элемента или устройства, отделяя его точкой. Например, Л41. При составлении перечней элементов на объект допускается указывать только первую и вторую части обозначения (обязательную часть).

Буквенные коды видов элементов приведены в таблице 7. Части объекта (элементы) разбиты по видам на группы, которым присвоены обозначения одной буквой.

Таблица 7 – Буквенные коды видов элементов

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов
1	2	3
А	Устройства	Усилители, приборы, телеуправления, лазеры, мазеры
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многоразрядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговорители, микрофоны, термоэлектрические чувствительные элементы, детекторы ионизирующих излучений, звукозаписывающие аппараты, сельсины
С	Конденсаторы	-
Д	Схемы интегральные, микросборки	Схемы интегральные аналоговые и цифровые, логические элементы, устройства памяти, устройства задержки
Е	Элементы разные	Осветительные устройства, нагревательные элементы
Ф	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретные элементы защиты по току и напряжению, плавкие предохранители, разрядники
Г	Генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы	Батареи, аккумуляторы, электрохимические и электротермические источники
Н	Устройства индикационные и сигнальные	Приборы звуковой и световой сигнализации, индикаторы
К	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовые и напряжения, реле электротепловые, реле времени, контакторы, магнитные пускатели
Л	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссели люминесцентного освещения
М	Двигатели	Двигатели постоянного и переменного тока
Р	Приборы, измерительное оборудование	Показывающие, регистрирующие и измерительные приборы, счетчики, часы

Окончание таблицы 7

1	2	3
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Разъединители, короткозамыкатели, автоматические выключатели (силовые)
R	Резисторы	Переменные резисторы, потенциометры, варисторы, терморезисторы
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатели, переключатели, выключатели, срабатывающие от различных воздействий
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформаторы тока и напряжения, стабилизаторы
U	Преобразователи электрических величин в электрические, устройства связи	Модуляторы, демодуляторы, дискриминаторы, инверторы, преобразователи частоты, выпрямители
V	Приборы электровакуумные, полупроводниковые	Электронные лампы, диоды, транзисторы, тиристоры, стабилитроны
W	Линии и элементы сверхвысокой частоты, антенны	Волноводы, диполи, антенны
X	Соединения контактные	Штыри, гнезда, разборные соединения, токосъемники
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнитные муфты, тормоза, патроны
Z	Устройства оконечные, фильтры, ограничители	Линии моделирования, кварцевые фильтры

Для уточнения вида элементов допускается применять двухбуквенные и многобуквенные коды. Элемент данного вида может быть обозначен одной буквой – общим кодом вида элемента или двумя буквами – кодом данного элемента. При применении двухбуквенных и многобуквенных кодов первая буква должна соответствовать группе видов, к которой принадлежит элемент. Примеры двухбуквенных кодов приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Двухбуквенные коды видов элементов

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
1	2	3	4
А	Устройства (общее обозначение)	-	-
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многоразрядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговоритель Магнитострикционный элемент Детектор ионизирующих излучений Сельсин-приемник Телефон (капсюль) Сельсин-датчик Тепловой датчик Фотоэлемент Микрофон Датчик давления Пьезоэлемент Датчик частоты вращения (тахогенератор) Звукосниматель Датчик скорости	ВА ВВ ВD ВE ВF ВC ВK ВL ВM ВP ВQ ВR BS BV
С	Конденсаторы	-	-
Д	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая Схема интегральная, цифровая, логический элемент Устройства хранения информации Устройство задержки	DA DD DS DT
Е	Элементы разные	Нагревательный элемент Лампа осветительная Пиропатрон	EK EL ET
Ф	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия Дискретный элемент защиты по току инерционного действия Предохранитель плавкий Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	FA FP FU FV
Г	Генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы	Батареи	GB
Н	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Индикатор символьный Прибор световой сигнализации	HA HG HL

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
К	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое Реле указательное Реле электротепловое Контактор, магнитный пускатель Реле времени Реле напряжения	КА КН КК КМ КТ КV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссели люминесцентного освещения	LL
М	Двигатели	Двигатели постоянного и переменного тока	М
Р	Приборы, измерительное оборудование. <i>Примечание:</i> сочетание РЕ применять не допускается	Амперметр Счетчик импульсов Частотомер Счетчик активной энергии Счетчик реактивной энергии Омметр Регистрирующий прибор Часы, измеритель времени действия Вольтметр Ваттметр	РА РС РF РI РK РR РS РT РV РW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях (электрооборудование, питание оборудования и т. п.)	Выключатель автоматический Короткозамыкатель Разъединитель	QF QK QS
R	Резисторы	Терморезистор Потенциометр Шунт измерительный Варистор	RK RP RS RU
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных. <i>Примечание:</i> обозначение SF применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель или переключатель Выключатель кнопочный Выключатель автоматический Выключатели, срабатывающие от различных воздействий: от уровня от давления от положения (путевой) от частоты вращения от температуры	SA SB SF SL SP SQ SR SK

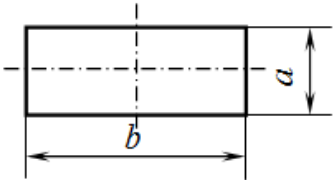
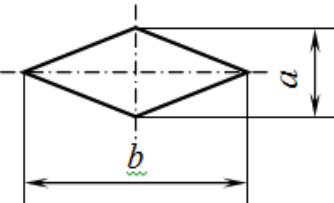
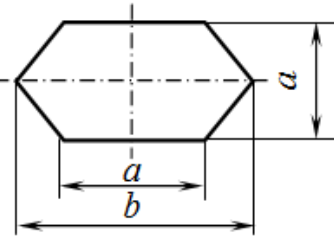
Окончание таблицы 8

1	2	1	3
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока Электромагнитный стабилизатор Трансформатор напряжения	TA TS TV
U	Устройства связи, преобразователи электрических величин в электрические	Модулятор Демодулятор Дискриминаторы Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	UB UR UI UZ
V	Приборы электровакуумные, полупроводниковые	Диод Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	VD VL VT VS
W	Линии и элементы сверхвысокой частоты Антенны	Ответвитель Короткозамыкатель Вентиль Трансформатор, неоднородность, фазовращатель Аттенюатор Антенна	WE WK WS WT WU WA
X	Соединения контактные	Токоъемник, контакт скользящий Штырь Гнездо Соединение разборное Соединитель высокочастотный	XA XP XS XT XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом Электромагнитный патрон или плита	YA YB YC YH
Z	Устройства оконечные, фильтры, ограничители	Ограничитель Фильтр кварцевый	ZL ZQ

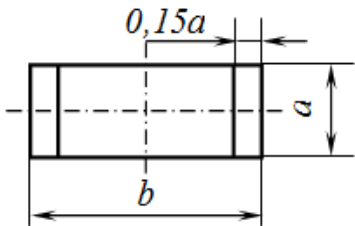
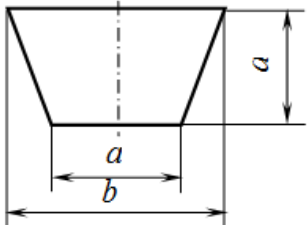
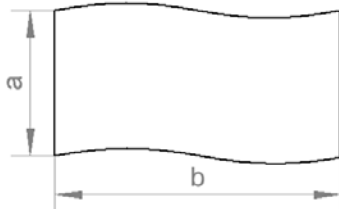
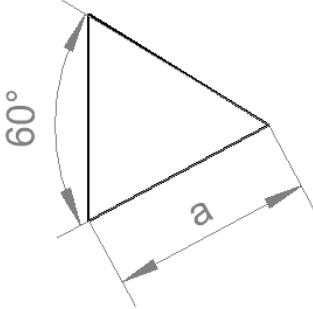
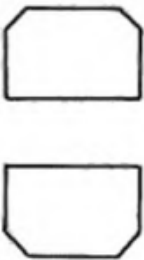
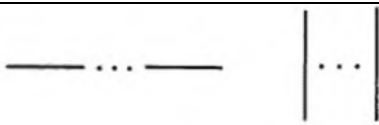
8 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ

Описание технологического процесса происходит при помощи создания алгоритма работы системы, который удобно представлять в виде схемы. При выполнении схем алгоритмов отдельные функции системы, с учетом их детализации, отображаются в виде условных графических обозначений – символов по ГОСТ 19.701–90. Стандарт устанавливает перечень, наименования, форму, размеры символов и отображаемые символами функции. Перечень, наименование, обозначение и размеры некоторых наиболее употребительных символов и отображаемых ими функций в алгоритме и программе обработки данных приведены в таблице 9.

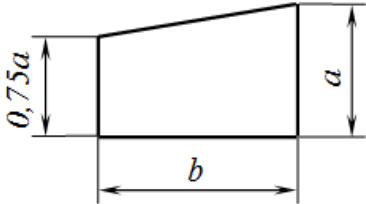
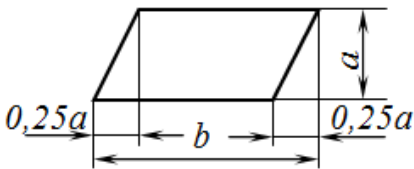
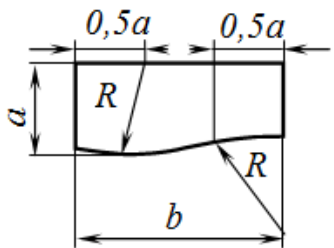
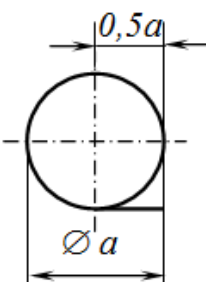
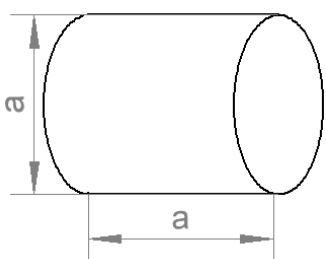
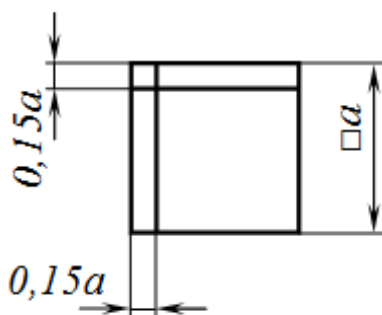
Таблица 9 – Перечень, наименование, обозначение и размеры некоторых наиболее употребительных символов и отображаемых ими функций в алгоритме и программе обработки данных

Наименование 1	Обозначение и размеры в мм 2	Функция 3
1. Процесс		Обработка данных любого вида (выполнение определённой операции или группы операций, приводящее к изменению значения, формы или размещения информации к определению, по которому из нескольких направлений потока следует двигаться)
2. Решение		Отображает решение или функцию переключательного типа, имеющую один вход и ряд альтернативных выходов, один и только один из которых может быть активизирован после вычисления условий, определённых внутри этого символа. Соответствующие результаты вычисления могут быть записаны по соседству с линиями, отображающими эти пути
3. Подготовка		Отображает модификацию команды или группы команд с целью воздействия на некоторую последующую функцию (установка переключателя, модификация индексного регистра или инициализация программы)

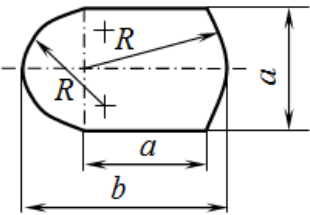
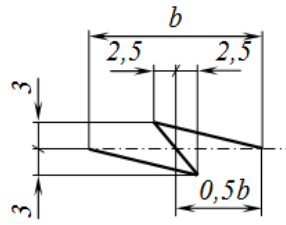
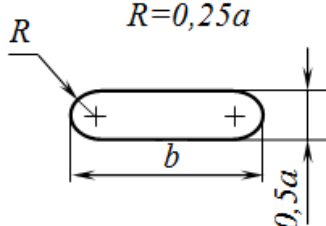
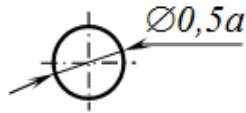
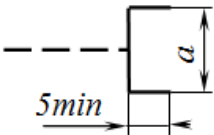
Продолжение таблицы 9

1	2	3
4. Предопределенный процесс		Отображает предопределённый процесс, состоящий из одной или нескольких операций или шагов программы, которые определены в другом месте (в подпрограмме, модуле)
5. Ручная операция		Отображает любой процесс, выполняемый человеком
6. Бумажная лента		Отображает данные, представленные на носителе в виде бумажной ленты
7. Передача управления		Отображает непосредственную передачу управления от одного процесса к другому, иногда с возможностью прямого возвращения к иницирующему процессу после того, как иницированный процесс завершит свои функции. Тип передачи управления должен быть назван внутри символа (например, запрос, вызов, событие)
8. Граница цикла		Отображает начало и конец цикла. Обе части символа имеют один и тот же идентификатор. Условия для инициализации, приращения, завершения и т. д. помещаются внутри символа в начале или в конце в зависимости от расположения операции, проверяющей условие
9. Пропуск		Отображение пропуска символа или группы символов, в которых не определены ни тип, ни число символов. Символ используют только в символах линии или между ними. Он применяется главным образом в схемах, изображающих общие решения с неизвестным числом повторений

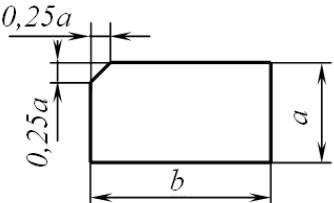
Продолжение таблицы 9

1	2	3
10. Ручной ввод		Отображает данные, вводимые вручную во время отработки с устройств любого типа (клавиатура, переключатели, кнопки, световое перо, полосы со штриховым кодом)
11. Данные		Отображает данные, носитель которых не определён. Преобразование данных в форму, пригодную для обработки (ввод) или отображения результатов обработки (вывод)
12. Документ		Отображает данные, представленные на носителе в удобном формате (машинограмма, документ для оптического или магнитного считывания, микрофильм, рулон ленты с итоговыми данными, бланки ввода данных)
13. Запоминающее устройство с последовательным доступом		Отображает данные, хранящиеся в запоминающем устройстве с последовательным доступом (магнитная лента, кассета с магнитной лентой, магнитофонная кассета)
14. Запоминающее устройство с прямым доступом		Отображает данные, хранящиеся в запоминающем устройстве с прямым доступом (магнитный диск, магнитный барабан, гибкий магнитный диск)
15. Оперативное запоминающее устройство		Отображает данные, хранящиеся в оперативном запоминающем устройстве

Продолжение таблицы 9

1	2	3
16. Дисплей		Отображает данные, представленные в человекочитаемой форме на носителе в виде отображающего устройства (экран для визуального наблюдения, индикаторы ввода информации)
17. Канал связи		Отображает передачу данных по каналу связи
18. Линия		Отображает поток данных или управление
19. Параллельные действия		Отображает синхронизацию двух или более параллельных операций
20. Терминатор		Отображает выход во внешнюю среду и вход из внешней среды (начало или конец схемы программы, внешнее использование и источник или пункт назначения данных)
21. Соединитель		Отображает выход в часть схемы или вход из другой части этой схемы и используется для обрыва линии и продолжения её в другом месте. Соответствующие символы-соединители должны содержать одно и то же уникальное обозначение
22. Комментарий		Используется для добавления описательных комментариев или пояснительных записей в целях объяснения или примечаний. Пунктирные линии в символе комментария связаны с соответствующим символом или могут обводить группу символов. Текст комментариев или примечаний должен быть помещён около ограничивающей фигуры

Окончание таблицы 9

1	2	3
23. Пунктирная линия		Отображает альтернативную связь между двумя и более символами. Кроме того, символ используют для обведения аннотированного участка
24. Карта		Отображает данные, представленные на носителе в виде карты (перфокарты, магнитные карты, карты со считываемыми метками, карты с отрывным ярлыком, карты со сканируемыми метками)

Размер a должен выбираться из ряда 10, 15, 20 мм. Допускается увеличивать размер a на число, кратное 5. Размер b равен $1,5 a$.

Примечание. При ручном выполнении схем алгоритмов и программ для символов 1–5, 12 допускается устанавливать b равным $2 a$.

Правила выполнения схем алгоритмов и программ, выполняемых автоматическим способом или от руки, устанавливает ГОСТ 19.701–90.

Приведем некоторые наиболее важные правила выполнения схем и правила применения символов, установленные ГОСТ 19.701–90.

8.1 Правила выполнения схем

Существует ряд правил для выполнения схем:

1. При выполнении схем алгоритмов отдельные функции алгоритмов, с учётом степени их детализации отображаются в виде условных графических обозначений – символов по ГОСТ 19.701–90.

2. Для облегчения вычерчивания и нахождения на схеме символов рекомендуется поле листа разбивать на зоны. Размеры зон устанавливают с учетом минимальных размеров символов, изображенных на данном листе. Допускается один символ размещать в двух и более зонах, если размер символа превышает размер зоны.

3. Координаты зон проставляют:

– по горизонтали – арабскими цифрами слева направо в верхней части листа;

– по вертикали – прописными буквами латинского алфавита сверху вниз в левой части листа.

4. Координаты зон в виде сочетания букв и цифр присваивают символам, вписанным в поля этих зон, например, A1, A2, A3, B1, B2, B3 и т. д.

При выполнении схем от руки, если поле листа не разбито на зоны, символам присваиваются порядковые номера.

5. В пределах одной схемы, при выполнении её от руки, допускается применять не более двух смежных размеров ряда чисел, кратных 5.

6. Для ускорения выполнения схем от руки рекомендуется использовать бланки с контуром прямоугольника внутри каждой зоны. Контурные не должны воспроизводиться при изготовлении копии.

7. Расположение символов на схеме должно соответствовать требованиям ГОСТ 19.701–90.

Исключение составляют обязательные символы «Линия потока», «Канал связи», «Комментарий».

8. Линии потока должны быть параллельными линиям внешней рамки схемы.

9. Направление линии потока сверху вниз и слева направо принимают за основное и, если она не имеет изломов, то стрелками ее можно не обозначать. В остальных случаях направление линий потока обозначать стрелкой обязательно.

10. Расстояние между параллельными линиями потока должно быть не менее 3 мм, между остальными символами схемы – не менее 5 мм.

11. Записи внутри символа или рядом с ним должны выполняться машинописью с одним интервалом или чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304–68.

12. Записи внутри символа или рядом с ним должны быть краткими. Сокращение слов или аббревиатуры, за исключением установленных государственными стандартами, должны быть расшифрованы в нижней части поля схемы или в документе, к которому эта схема относится.

13. Для удобства детализации программы должны быть использованы символы «Процесс», «Решение», «Подготовка», «Данные» и «Терминатор».

14. Записи внутри символа должны быть представлены так, чтобы их можно было читать слева направо и сверху вниз, независимо от направления потока (рис. 8). Вид *a* должен быть прочитан как вид *b*.

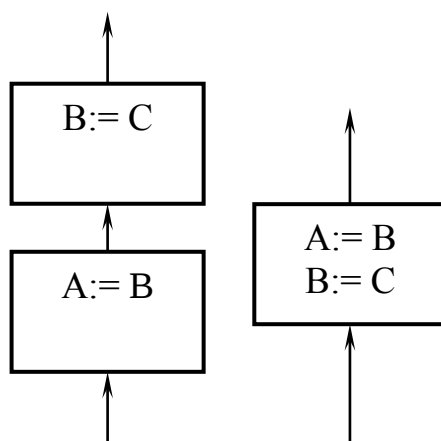


Рисунок 8 – Пример записи внутри символа

15. В схеме символу может быть присвоен идентификатор, который должен помещаться слева над символом (например, для ссылки в других частях документации) (рис. 9).

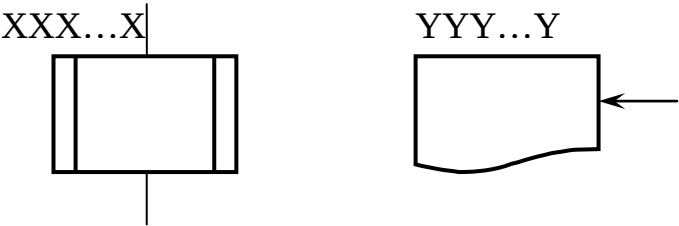


Рисунок 9 – Пример символа с идентификатором

16. В схемах допускается краткая информация о символе (описание, уточнение или другие перекрёстные ссылки для более полного понимания функций данной части системы). Описание символа должно помещаться справа над символом (рис. 10).

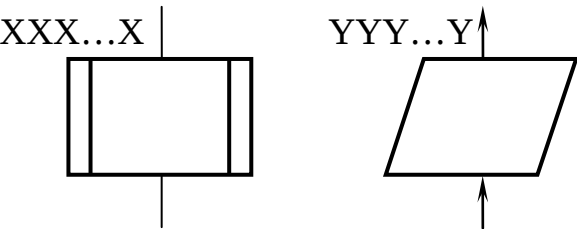


Рисунок 10 – Пример выполнения описания символа

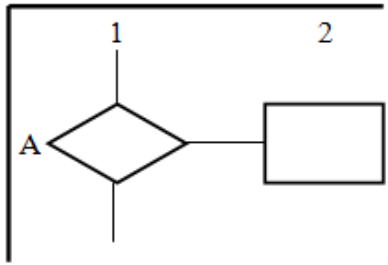
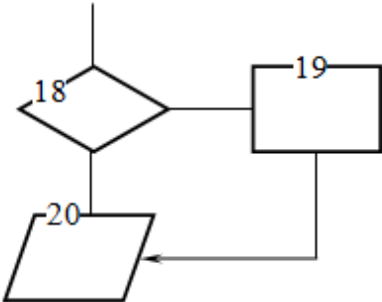
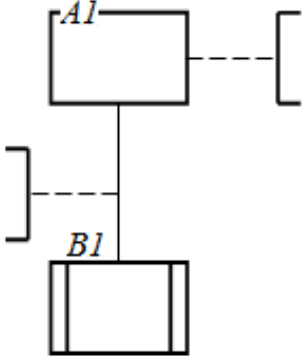
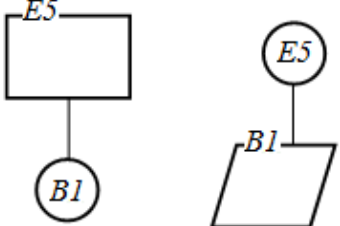
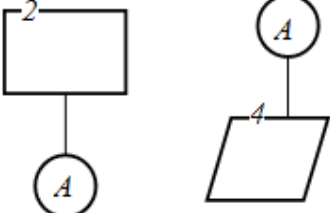
8.2 Правила применения символов

Применение символов должно соответствовать указанному в таблице 10.

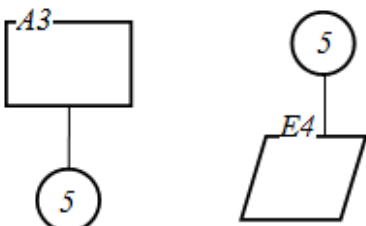
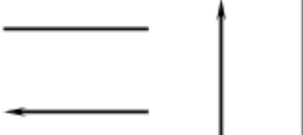
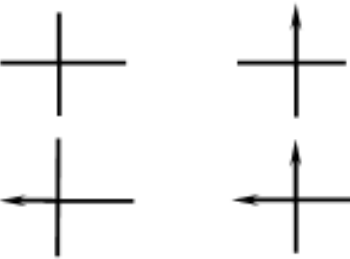
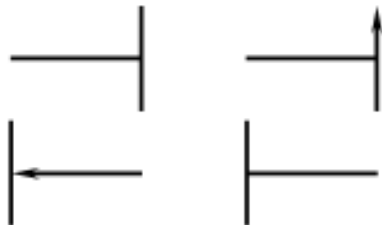
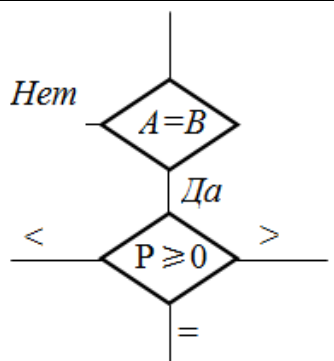
Таблица 10 – Правила применения символов

Фрагмент схемы	Содержание обозначения	Правила применения
1	2	3
	Возможные варианты обозначения символов в схемах: B2, B3, C2 – координаты зоны листа, в которой размещен символ	Координаты зоны символа или порядковый номер представляют слева в верхней части символа в разрыве его контура

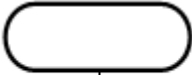
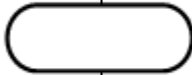
Продолжение таблицы 10

1	2	3
	-	Допускается не проставлять координаты символов при выполнении схем от руки и при наличии координатной сетки
	18, 19, 20 – порядковые номера символов на схеме	-
	Комментарий	Применяется, если пояснение не помещается внутри символа (для пояснения характера параметров, особенностей процесса, линий потока и др.). Комментарий записывают параллельно основной надписи. Комментарий помещают в свободном месте схемы алгоритма на данном листе и соединяют с поясняемым символом
	Соединитель: E5, B1, A5 – идентификаторы соединителя в виде: буквы и цифры (координаты зоны листа)	-
	Буквы	При большой насыщенности схемы символами отдельные линии потока между удаленными друг от друга символами допускается обрывать. При этом в конце (начале) обрыва должен быть помещен символ «Соединитель»

Продолжение таблицы 10

1	2	3
	Цифры	-
	Линии потока	Применяют для указания направления линии потока: можно без стрелки, если линия направлена слева направо и сверху вниз; со стрелкой – в остальных случаях
	Излом линии потока под углом 90°	Обозначает изменение направлений линии потока
	Пересечение линий потока	Применяется в случае пересечения двух несвязанных линий потока
	Слияние линий потока	Применяется в случае слияния линий потока, каждая из которых направлена к одному и тому же символу на схеме
	Возможные варианты отображения решения: $A = B$, $P/0$ – условия решений; A, B, P – параметры	При числе исходов не более трех признак условия решения (Да, Нет, =, >, <) проставляют над каждой выходящей линией потока или справа от линии потока

Окончание таблицы 10

1	2	3
	Пуск	Символы применяют в начале схемы алгоритма или программы, в случае прерывания её и в конце. Внутри символа «Пуск – останов» может указываться наименование действия или идентификатор программы
	Прерывание	
	Останов	

9 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Для разработки программного обеспечения необходимо, исходя из перечня оборудования, выбрать среду разработки. На основании вышеупомянутых пунктов (структурной схемы управления, функциональной схемы, алгоритма работы системы) разрабатывается программа управления технологическим процессом на одном из языков стандарта МЭК 61131-3 (в частности язык SFC).

В структуру программы управления входят:

- блок описания переменных, используемых в программе, представленный в виде листинга;
- основной код программы;
- коды подпрограмм, функциональных блогов, функций (если таковые имеются, исходя из алгоритма работы);
- визуализация работы программы.

В блок описания переменных входит листинг, в котором указываются имя переменной, тип данных, начальное значение (если таковое имеется) и комментарий (рис. 11). Параметры листинга должны быть следующие: шрифт – Consolas либо Courier NEW, размер шрифта – от 9 до 14.

Листинг 4.1 – Описание переменных проекта

```
PROGRAM PLC_PRG
```

```
VAR
```

```

→ pusk:BOOL; (*запуск системы*)
→ sbras:BOOL; (*возврат системы*)
→ past detal:BOOL; (*разместить деталь*)
→ take detal:BOOL; (*захват детали*)
→ return pol:BOOL; (*отпускание детали*)
→ tek speed:INT; (*текущая скорость*)
→ zad speed:INT; (*заданная скорость*)
→ rs1:RS;
→ work:BOOL; (*работа системы*)
→ rs2:RS;
→ show detal:BOOL; (*отображение детали*)
→ rs3:RS;
→ rs4:RS;
→ angle:INT;
→ angle1:INT:= -90; (*угол поворота левой части*)

```

Рисунок 11 – Пример листинга

В основном коде пользователь описывает работу программы на выбранном языке. Пример кода основной программы представлен на рисунке 12.

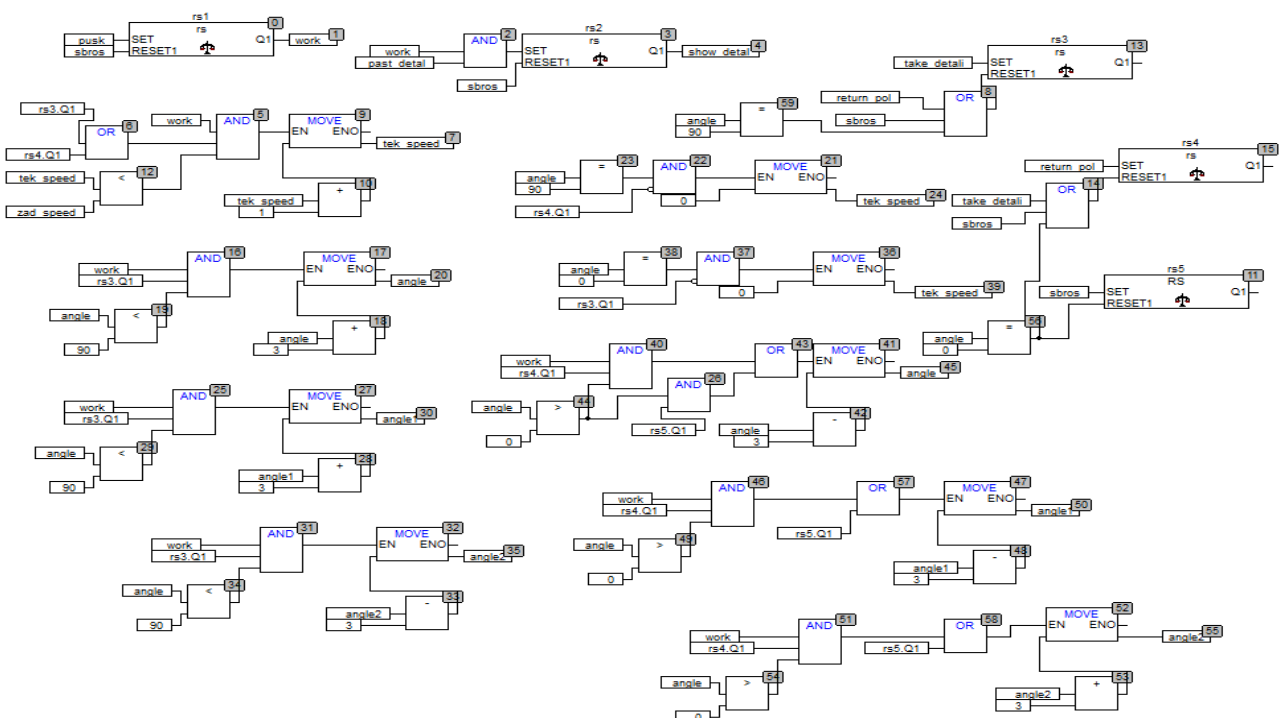


Рисунок 12 – Основной код программы

Визуализация работы программы. Для визуализации процессов работы технологического процесса разработчик может воспользоваться рядом средств для визуализации процесса при помощи встроенных программ, сторонних программ и т. п. Пример выполнения визуализации представлен на рисунке 13.

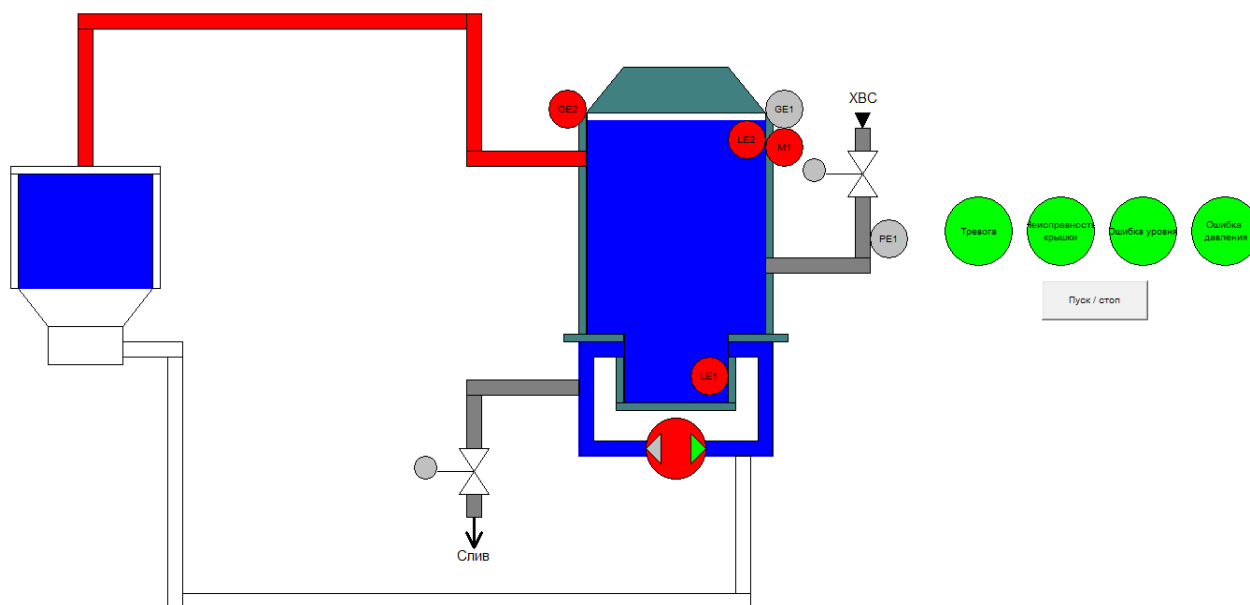


Рисунок 13 – Визуализация технологического процесса

10 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ

Общеобменная вентиляция осуществляет циркуляцию воздуха по всему цеху или в большей его части. Она не имеет проблем, связанных с атмосферным влиянием и может перемещать воздушные массы на большие расстояния по каналам любой конфигурации.

При общеобменной вентиляции требующийся воздухообмен определяют из условий удаления избыточной теплоты и разбавления вредных выделений свежим воздухом до предельно допустимых концентраций. Структурная, функциональная схема автоматизации, электрическая схема, алгоритм функционирования и программа управления системы представлены ниже.

Структурная схема отражает структуру управления процессом с соблюдением иерархии и взаимосвязи между элементами системы. По структурной схеме можно судить о количестве и характере контуров управления (замкнутых или разомкнутых).

Структура системы управления вентиляцией производственного помещения представлена на рисунке 14.

Расшифровка обозначений, представленных на схеме:

– объект управления (ОУ);

- устройство управления (УУ);
- датчик температуры (ДТ1–ДТ5);
- датчик влажности (ДВ1–ДВ3);
- клапан (КЛ1–КЛ9);
- датчик положения (ДП1–ДП9);
- вентиляторы для подачи воздуха (М1–М3);
- насос для циркуляции воды (М4).

Основными контролируемыми параметрами разрабатываемой системы являются: изменение положения задвижек и кранов, контроль температуры и влажности на этапах обработки воздуха.

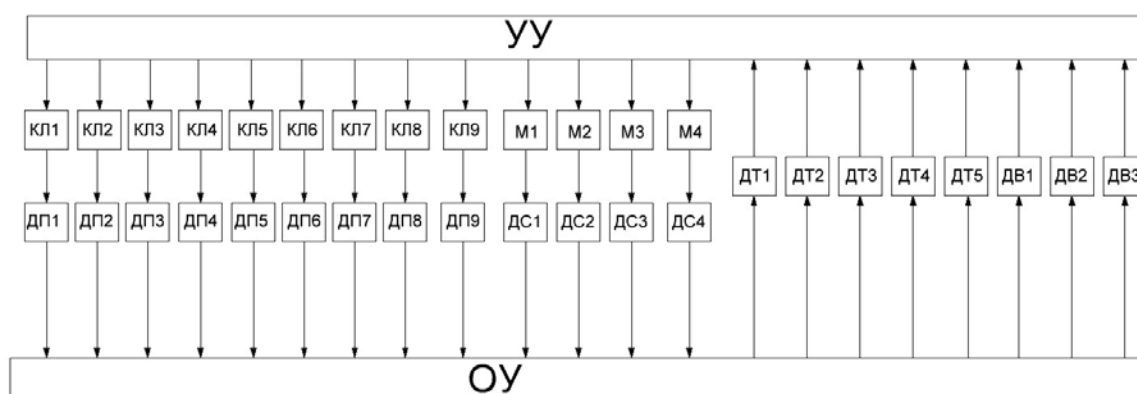


Рисунок 14 – Структура системы управления вентиляцией производственного помещения

Управляющее устройство – это сложная система, содержащая в себе программируемый промышленный контролер. Предназначено для определения и отправки управляющих сигналов в зависимости от заложенных алгоритмов управления и опрашиваемых сигналов датчиков. На основе показания датчиков температуры и влажности система определяет режим работы и необходимые параметры обрабатываемого воздуха.

Функциональная схема автоматизации разрабатывается в соответствии с ГОСТ 21.208–2013, техническим заданием и структурной схемой системы управления приточно-вытяжной вентиляцией.

Функциональная схема автоматизации представлена на рисунке 15.

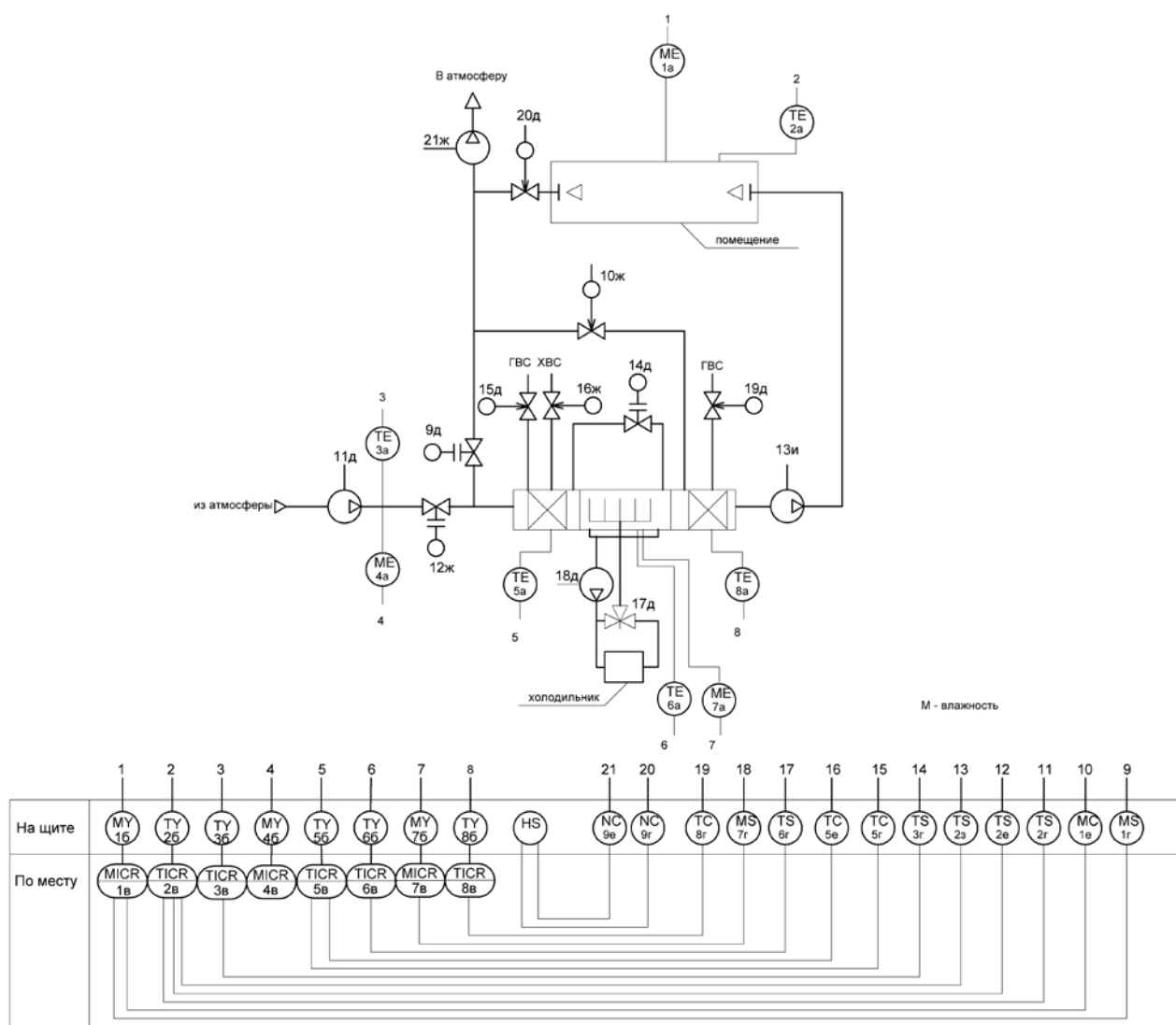


Рисунок 15 – Функциональная схема автоматизации

В таблице 11 дана расшифровка элементов функциональной схемы.

Таблица 11 – Обозначение устройств функциональной схемы.

Обозначение	Наименование устройств
1	2
	Датчик температуры
	Преобразователь сигнала с датчика температуры к устройству управления, расположенному по месту
	Устройство управления по каналу температуры, выполняющее функции индикации, регистрации и автоматического регулирования, расположенного на щите

Окончание таблицы 11

	Датчик влажности
	Преобразователь сигнала с датчика влажности к устройству управления, расположенному по месту
	Устройство управления по каналу влажности, выполняющее функции индикации, регистрации и автоматического регулирования, расположенного на щите
	Самосрабатывающее устройство безопасности
	Устройство, управляющее приводом с двухпозиционным регулированием, расположенным по месту
	Устройство, управляющее приводом с плавным регулированием, расположенным по месту
	Устройство, управляющее приводом с двухпозиционным регулированием, расположенным по месту
	Устройство, управляющее приводом с плавным регулированием, расположенным по месту
	Пульт управления

1) Контур регулирования положения заслонок первой и второй рециркуляции.

Сигнал с датчика влажности 1а через вторичный преобразователь 1б поступает на вход контроллера 1в, который обрабатывает полученное значение влажности и посылает управляющий сигнал через силовые преобразователи 1г, 1е на задвижки 9д и 10ж.

2) Контур регулирования частоты асинхронных двигателей.

Сигнал с датчика скорости 2а поступает на вход контроллера 2в, который обрабатывает полученное значение температуры и посылает управляющий сигнал через частотные регуляторы 2б на двигатели 11д и 13и.

3) Контур регулирования положения клапана байпаса камеры орошения.

Сигнал с датчика температуры 3а и влажности 4а через вторичные преобразователи 3б и 4б поступает на входы контроллера 3в и 4в, который обрабатывает полученное значение температуры и посылает управляющий сигнал через силовой преобразователь 3г на задвижку 14д.

4) Контур регулирования потока горячего и холодного теплоносителя для первичного подогрева.

Сигнал с датчика температуры 5а через вторичный преобразователь 5б поступает на вход контроллера 5в, который обрабатывает полученное значение температуры и посылает управляющий сигнал через силовой преобразователь 5г на привод крана 15д и через силовой преобразователь 5е на привод крана 16ж.

5) Контур регулирования насоса холодильника.

Сигнал с датчика температуры 8а через вторичный преобразователь 8б поступает на вход контроллера 8в, который обрабатывает полученное значение температуры и посылает управляющий сигнал через силовой преобразователь 8г на насос 18д.

6) Контур регулирования потока теплоносителя для вторичного подогрева.

Сигнал с датчика температуры 8а через вторичный преобразователь 8б поступает на вход контроллера 8в, который обрабатывает полученное значение температуры и посылает управляющий сигнал через силовой преобразователь 8г на привод крана 19д.

Электрическая схема представлена на рисунке 16. В состав электрической схемы входит:

- A1 – контроллер;
- A2–A5 – модули расширения;
- A6 – панель оператора;
- A7, A8 – преобразователи влажности;
- BM1 – датчик влажности;
- BTM1, BTM2 – датчики температуры и влажности на улице;
- BT1–BT3 – датчики температуры в помещении;
- G1–G3 – блоки питания;
- M1–M3 – двигатели;
- U1–U8 – приводы;
- UZ1–UZ3 – частотные преобразователи.

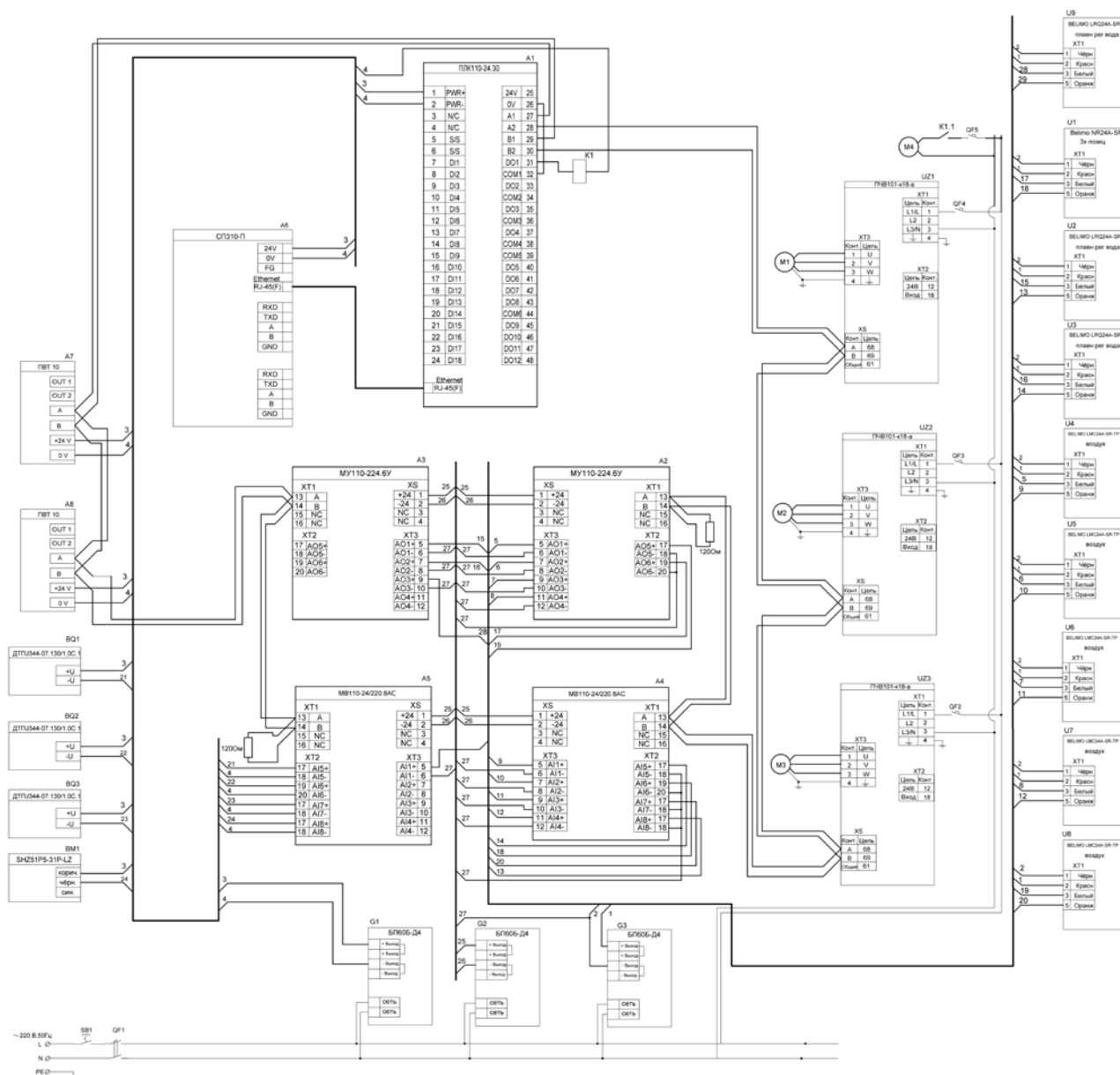


Рисунок 16 – Электрическая схема

Датчики BTM1, BTM2 осуществляют измерение температуры и влажности в помещении (BTM1) и на улице (BTM2). Они сигнализируют о соответствии или нет параметров климата. Также на основании сигналов с этих датчиков, контроллер A1 формирует сигналы управления для приводов U1–U8, для прохождения цикла обработки воздуха.

Датчики BT1–BT3 осуществляют измерение температуры в камерах первичного (BT1), вторичного (BT3) подогревов и в камере орошения (BT2). Они сигнализируют об уровне нагревания воздуха в камерах подогрева и воды в камере орошения. Также на основании сигналов с этих датчиков, контроллер A1 формирует сигналы управления для насосов и кранов, регулирующих расход теплоносителя и поддерживающих температуру воды в камере орошения.

Датчик ВМ1 осуществляет измерение влажности в камере орошения. Он сигнализирует о уровне влажности. Также на основании сигнала с этого датчика, контроллер А1 формирует сигналы управления для насоса, на включение/выключение.

Алгоритм функционирования системы представлен на рисунке 17.

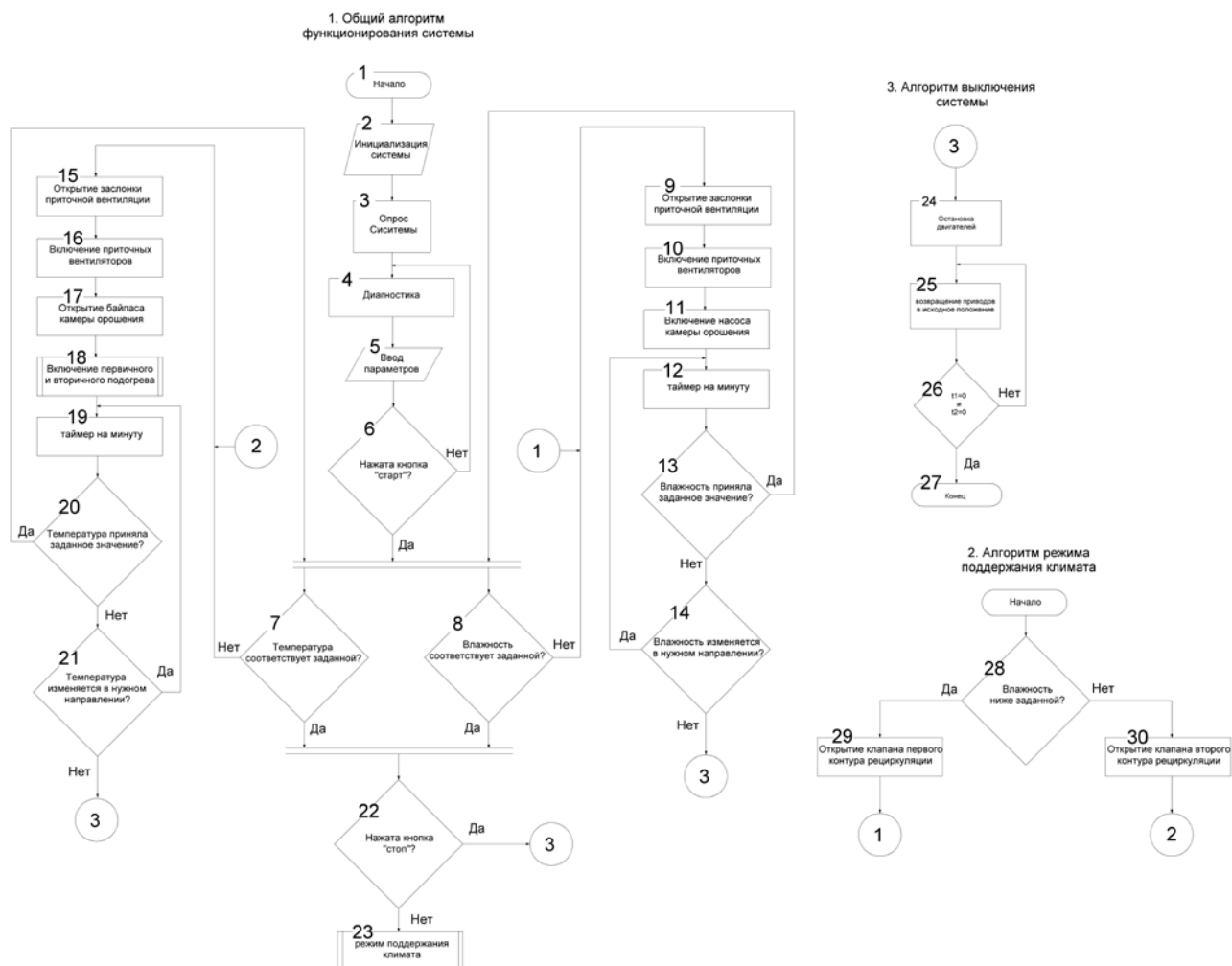


Рисунок 17 – Алгоритм функционирования системы

Любое целенаправленное действие сложной системы связано с понятием алгоритма. Он определяет последовательность действий объекта для достижения цели. Разработку алгоритма работы для автоматизированной системы приготовления растворов на водной основе ведём в соответствии с ГОСТ 19.701–90, техническим заданием, структурной и функциональной схемами автоматизированной системы управления.

В данной проектируемой системе можно выделить следующие функциональные блоки:

- блок 1 – начало функционирования;
- блок 5 – подпрограмма ввода параметров;

- блок 6 – проверка нажатия кнопки «пуск»;
- блок 7 – проверка соответствия температуры наружного воздуха с температурой росы;
- блок 8 – проверка соответствия текущей и заданной влажности;
- блок 9 – подпрограмма вторичного подогрева;
- блок 10 – опрос кнопки «стоп»;
- блок 11 – проверка, в какую сторону отклонение температуры;
- блок 12 – открытие клапана для подачи ХВС в камеру первичного подогрева;
- блок 13 – открытие клапана для подачи ГВС в камеру первичного подогрева;
- блок 14 – ожидание достижения необходимой температуры;
- блок 15 – запуск насоса для перекачки воды в камеру орошения;
- блок 16 – проверка на превышение температуры воды;
- блок 17 – открытие трёхходового крана и перекачка воды через холодильник;
- блок 18 – проверка соответствия влажности в камере орошения и заданной;
- блок 19 – открытие клапана ГВС для камеры вторичного подогрева;
- блок 20 – проверка соответствия температуры в камере вторичного подогрева заданной;
- блок 21 – ожидание достижения необходимой температуры;
- блок 22 – запуск вентиляторов для проветривания помещения;
- блок 23 – остановка двигателей;
- блок 24 – возвращение приводов в исходное положение;
- блок 25 – конец функционирования данной системы.

Система работает следующим образом: при нажатии на кнопку «START» начинает работать вентилятор М1, который подаёт наружный воздух в камеру первичного подогрева. Далее температура приточного воздуха необходимо сравнить с температурой росы. В зависимости от температуры наружного воздуха открывается клапан либо с горячим, либо с холодным водоснабжением. Как только заданная температура в камере первичного подогрева достигнута, воздух поступает в камеру орошения, включается насос М3, который отвечает за подачу воды в камеру орошения. В случае нагрева воды переключается трёхпозиционный клапан, и вода начинает циркулировать через холодильник. В случае если заданная влажность соответствует влажности приточного воздуха, открывается клапан в обход камеры орошения. Как только заданная влажность достигнута, воздух проходит в камеру вторичного подогрева. После поступления воздуха в камеру вторичного подогрева открывается клапан горячего водоснабжения, и воздух нагревается до заданного значения. Как только температура в камере вторичного подогрева достигнет заданного значения включаются вентиляторы М2 и М4, которые доставляют воздух с заданными параметрами в рабочее помещение. Визуализация работы программы представлена на рисунке 18.

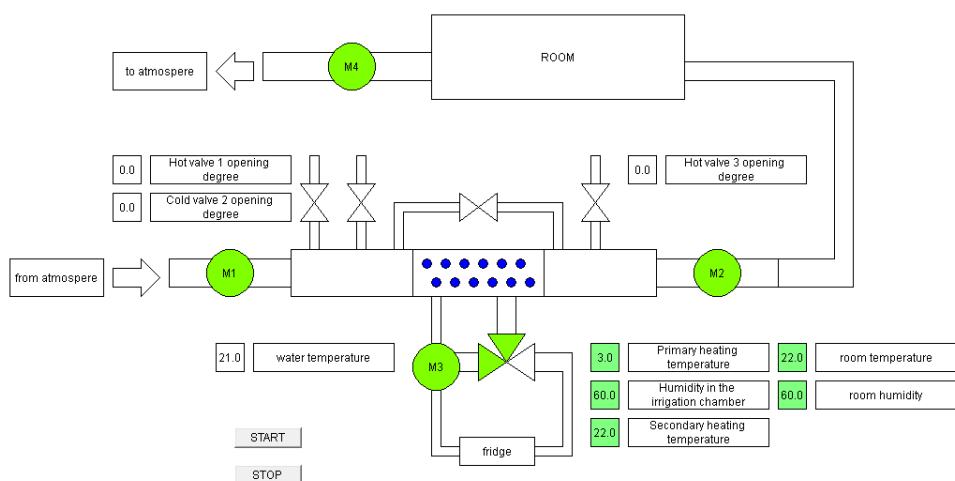


Рисунок 18 – Визуализация программы разбраковки ткани

Исходный код программы представлен на рисунке 19.

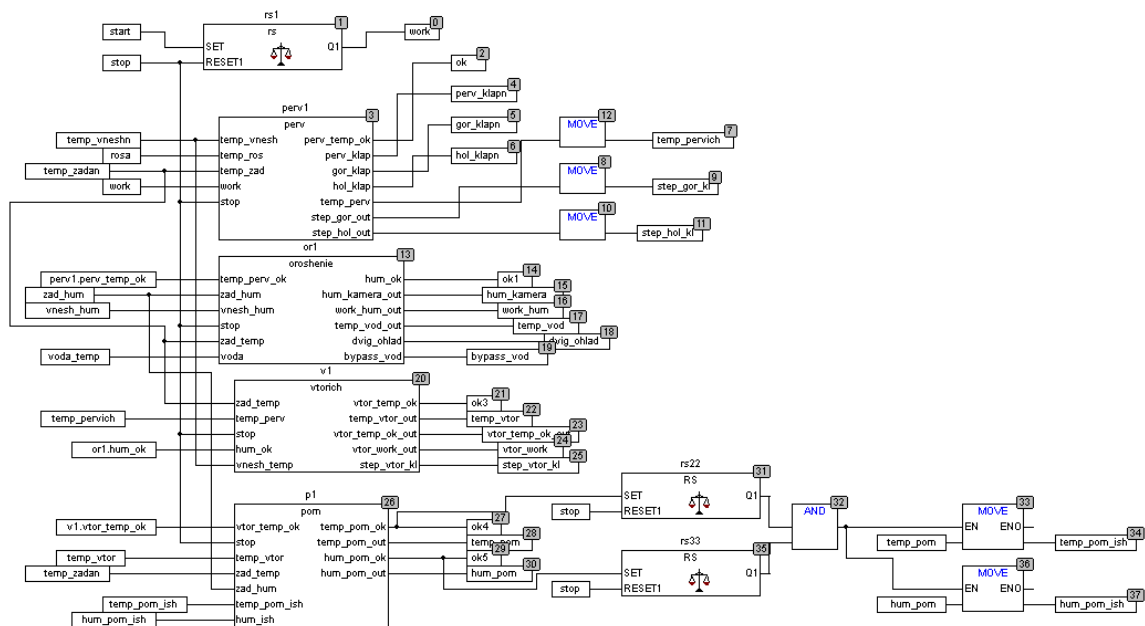


Рисунок 19 – Программа разбраковки ткани

Инициализация переменных главной программы представлена в листинге 1.

Листинг 1

PROGRAM PLC_PRG

VAR

```
start: BOOL; (*кнопка старт*)
stop: BOOL; (*кнопка стоп*)
rs1: RS;
work: BOOL; (*состояние работы системы*)
perv1: perv; (*функциональный блок для первичного подогрева*)
temp_vneshn: REAL; (*температура внешнего воздуха*)
rosa: REAL; (*температура росы*)
ok: BOOL;
temp_zadan: REAL; (*заданная температура*)
perv_klapn: BOOL; (*вентилятор M1*)
gor_klapn: BOOL;
hol_klapn: BOOL;
temp_pervich: REAL; (*температура в камере первичного подогре-
ва*)
step_gor_kl: REAL; (*степень открытия клапана горячего водо-
снабжения*)
step_hol_kl: REAL; (*степень открытия клапана холодного водо-
снабжения*)
or1: oroshenie;
zad_hum: REAL; (*заданная влажность*)
vnesh_hum: REAL; (*влажность внешнего воздуха*)
ok1: BOOL;
hum_kamera: REAL; (*влажность в камере орошения*)
v1: vtorich; (*функциональный блок для вторичного подогрева*)
ok3: BOOL;
temp_vtor: REAL; (*температура воздуха в камере вторичного по-
догрева*)
p1: pom;
ok4: BOOL;
temp_pom: REAL; (*текущая температура воздуха в помещении*)
temp_pom_ish: REAL; (*исходная температура воздуха в помеще-
нии*)
hum_pom_ish: REAL; (*исходная влажность воздуха в помещении*)
ok5: BOOL;
hum_pom: REAL; (*текущая влажность в помещении*)
work_hum: BOOL;
vtor_temp_ok_out: BOOL;
temp_vod: REAL; (*температура воды для камеры орошения*)
dvig_ohlad: BOOL;
vtor_work: BOOL;
voda_temp: REAL; (*начальная температура воды для камеры оро-
шения*)
step_vtor_kl: REAL;
bypass_vod: BOOL;
rs22: RS;
rs33: RS;
```

END_VAR

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы автоматизации швейного производства: учеб. пособие / А. А. Кузнецов [и др.]. – Минск : РИПО, 2021. – 175 с.
2. Автоматизация технологических процессов отрасли: лабораторный практикум / сост. К. Н. Ринейский, А. М. Самусев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2022. – 73 с.
3. Денисенко, В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В. В. Денисенко. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2009. – 608 с.
4. Петров, И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И. В. Петров ; под ред. В. П. Дьяконова. – Москва : СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.
5. Промышленные сети передачи данных / Р. К. Нургалиев [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 1. – С. 252–255.
6. Федоров, Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП. Проектирование и разработка : учебно-практич. пособие / Ю. Н. Федоров. – Москва: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с.

Учебное издание

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОТРАСЛИ

Методические указания по выполнению
курсового проектирования

Составители:

Ринейский Константин Николаевич
Самусев Артем Михайлович
Клименкова Светлана Александровна
Наumenко Андрей Михайлович

Редактор *Р.А. Никифорова*
Компьютерная верстка *С.А. Клименкова*

Подписано к печати 04.01.2024. Формат 60x90 ¹/₁₆. Усл. печ. листов 4,4.
Уч.-изд. листов 5,8. Тираж 30 экз. Заказ № 6.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.