



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

Кафедра «Автоматизация процессов и производств НГК»

**АВТОМАТИЗАЦИЯ
ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ В
НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ**

Учебно-методическое пособие к выполнению
выпускной квалификационной работы
(магистерской диссертации)

Ростов-на-Дону
2022

ВВЕДЕНИЕ

Выпускник должен уметь решать задачи, соответствующие его квалификационной характеристике государственного образовательного стандарта.

Выпускник ВУЗа по автоматизации и управлению должен

ЗНАТЬ:

- современные тенденции развития систем автоматизации и управления;
- принципы организации и архитектуру автоматических и автоматизированных систем контроля и управления для объектов и процессов в соответствующих отраслях хозяйства;
- стандарты, методические и нормативные материалы, сопровождающие проектирование, производство и эксплуатацию средств и систем автоматизации и управления;
- методы и средства разработки математического, лингвистического, информационного и программного обеспечения систем автоматизации;
- методы анализа вычислительных и информационных процессов, связанных с функционированием программного обеспечения систем автоматизации:
- принципы, методы и способы комплексирования аппаратных и программных средств при создании систем автоматизации и управления;
- правила сертификации программных, аппаратных и программно-аппаратных комплексов;
- порядок, методы и средства защиты интеллектуальной собственности;
- экономико-организационные и правовые основы организации труда, организации производства и научных исследований;
- правила и нормы охраны труда и безопасности жизнедеятельности;

УМЕТЬ:

- осуществлять системный анализ технических систем, технологических процессов и производств;

- строить математические модели технических систем;
- разрабатывать алгоритмическое и программное обеспечение систем автоматизации и управления объектами различной физической природы;
- разрабатывать нестандартные компоненты систем автоматизации, организовывать производства программных и технических средств автоматизации;
- анализировать и повышать качество функционирования систем автоматизации и управления;
- использовать математическое моделирование и системы автоматизированного проектирования при создании и совершенствовании программно-технических средств и систем автоматизации и управления;
- рассчитывать экономическую эффективность внедряемых проектно-конструкторских решений при автоматизации управления в различных отраслях народного хозяйства;
- организовывать в коллективах исполнителей разработку и производство средств и систем автоматизации и управления;
- осуществлять мероприятия по предотвращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящие Требования определяют единые правила и порядок оформления выпускных квалификационных работ (далее ВКР), выполняемых обучающимися в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (далее университет, ДГТУ).

1.2 Требования разработаны в соответствии с:

- законодательством Российской Федерации в области образования;
- нормативными документами Министерства образования и науки Российской Федерации, регламентирующими образовательную деятельность по основным профессиональным образовательным программам (ОПОП) подготовки специалистов, бакалавров, магистров;
- государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования (ГОС ВПО) и федеральными государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования (ФГОС ВПО);
- Уставом, локальными нормативными и организационными актами ДГТУ.

1.4 В Требованиях использованы следующие технические стандарты:

ГОСТ 2.004-88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах ЭВМ.

ГОСТ 2.051-2006 ЕСКД. Электронные документы. Общие положения

ГОСТ 2.102-68 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.

ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД. Основные надписи.

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.

ГОСТ 2.109-96 ЕСКД. Основные требования к чертежам.

ГОСТ 2.111-68 ЕСКД. Нормоконтроль.

ГОСТ 2.201-80 ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов.

ГОСТ 2.301-68* ЕСКД. Форматы.

ГОСТ 2.302-68* ЕСКД. Масштабы.

ГОСТ 2.303-68* ЕСКД. Линии.

ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертежные.

ГОСТ 2.316-2008 ЕСКД. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения.

ГОСТ 2.321-84 ЕСКД. Обозначения буквенные.

ГОСТ 2.605-68 ЕСКД. Плакаты учебно-технические. Общие технические требования.

ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

ГОСТ Р 6.30-2003 УСД. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов.

ГОСТ Р 7.0.5-2008 СИБИД. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.

ГОСТ Р 7.0.12-2011 СИБИД. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке.

ГОСТ 7.1-2003 СИБИД. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 7.9-95 СИБИД. Реферат и аннотация. Общие требования.

ГОСТ 7.32-2001 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 8.430-88 ГСИ. Обозначения единиц физических величин.

ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы величин.

ГОСТ 19.401-78 ЕСПД. Текст программы. Требования к содержанию и оформлению.

ГОСТ 19.402-78 ЕСПД. Описание программы.

ГОСТ 19.502-78 ЕСПД. Описание применения. Требования к содержанию и оформлению.

1.5 Выпускные квалификационные работы (далее – ВКР), выполненные в формах, соответствующих определённым уровням высшего профессионального образования (для квалификации (степени) «бакалавр» – в форме бакалаврской работы; для квалификации (степени) «магистр» – в форме магистерской диссертации), – форма государственной итоговой аттестации, завершающий этап обучения, главной целью которого является всесторонний анализ и(или) научные исследования по вопросам теоретического и(или) практического характера по профилю направления (специальности), а также проектирование изделия или его составных частей, разработка технологических процессов, решение организационных, экономических вопросов производства, защиты окружающей среды и охраны труда.

2 ЭТАПЫ НАПИСАНИЯ ВКР

2.1 Разработка задания на ВКР

Разработка задания на ВКР осуществляется с учетом задач, стоящих перед данной отраслью промышленности или предприятием (необходимо при этом стремиться к выполнению проектов по заданиям производств) в соответствии с утвержденной темой проекта. Задание выдает руководитель проекта, принимает к исполнению студент - выпускник, утверждает заведующий кафедрой.

В задании наряду с темой проекта и консультантами по отдельным разделам, необходимо указать исходные данные к проекту, причем, основанные на результатах преддипломной практики. Отчет о предпроектном обследовании обычно не столь детализирован, как задание на проектирование, в последнем общие идеи должны быть сформулированы как можно яснее и конкретнее. Кроме этого, в задании необходимо указать перечни разделов пояснительной записки, подлежащих разработке, и графических материалов (с точным указанием обязательных чертежей). Важнейшим элементом задания является наличие календарного плана, отражающего как стратегические, так и тактические (оперативные) цели и задачи. Целесообразно составить график работы, определяющий сроки выполнения отдельных ее этапов и дату окончания проектирования.

2.2 Работа по написанию ВКР

Работу по написанию ВКР следует вести в следующей последовательности:

- изучить современные тенденции развития средств и систем автоматизации и управления в соответствии с имеющейся по теме проекта технической литературой; отчетами по научно-исследовательским работам и т.п.;

- выполнить системный анализ ТП и производства в целом, системы его контроля и управления; произвести соответствующие расчеты с целью определения расходных коэффициентов (материальных и энергетических), выбора типа и производительности основного оборудования и получения данных, определяющих характеристики средств автоматизации;
- исследовать ТП как объект управления, выполнив декомпозицию параметров (координат) процесса; определить (обосновать) параметры нормального технологического режима и влияние их отклонения на протекание технологического процесса и безопасность его проведения, исследовать возмущения; выбрать управляющие воздействия, каналы их воздействия;
- разработать математическую модель технологического объекта, исследовать статические и динамические характеристики, сформулировать критерии управления;
- определить принципы организации и архитектуру автоматических и автоматизированных систем контроля и управления;
- используя принципы, методы и способы комплексирования аппаратных и программных средств (промышленных компьютеров, контроллеров, коммуникационных и сетевых элементов) создать управляющую вычислительную структуру системы автоматизации; -
- разработать функциональную схему автоматизации ТП с учетом возможностей ее совершенствования; выбрать типовые средства контроля и регулирования; разработать нестандартные компоненты системы автоматизации;
- разработать алгоритмическое и прикладное программное обеспечение систем автоматизации и управления, используя методы моделирования вычислительных и информационных процессов и современные инструментальные средства;
- разработать систему технологического мониторинга, выполнив исследование метрологических, системных и информационных характеристик;

- разработать локальную автоматическую систему регулирования заданным параметром технологического объекта, произвести расчет параметров системы и исследовать ее характеристики;
- разработать схемы аварийной сигнализации и блокировки; спроектировать щитовое помещение, а также щиты и пульты для выбранных приборов и средств автоматизации, разработать таблицы соединений и подключений проводок; схемы питания приборов и средств автоматизации, схемы внешних проводок, планы расположения проводок и средств автоматизации, разработать схемы и конструкции не типовых приборов и устройств; спецификацию оборудования системы автоматизации;
- проанализировать возможные воздействия природного характера, опасности и вредности, имеющиеся на предприятии и предусмотреть мероприятия по защите обслуживающего персонала, сопроводив их соответствующими расчетами.

В процессе выполнения ВКР необходимо использовать математическое моделирование и системы автоматизированного проектирования при создании и совершенствовании программно-технических средств и систем автоматизации и управления, в том числе средства программно-математического инструментария (программные комплексы Excel, MathCAD и др.), визуального проектирования и программирования (программные комплексы MS Visio, SCADA и т.п.).

Все разработки должны сопровождаться соответствующим обоснованием принимаемых решений (математическим моделированием процессов и систем, системно-целевым анализом функционирования технологии, логическим выводом алгоритмов и т.п.). обязательными расчетами количественных характеристик параметров (метрологических характеристик измерительных каналов, надежности технических и программных средств, оценки качества управления, информационных характеристик вычислительных структур).

Все принимаемые решения в ВКР должны базироваться на соблюдении требований безопасности жизнедеятельности.

На этапе предусмотрен систематический контроль за ходом выполнения проектирования на основе плана-графика, согласованного с руководителем работ и включающего консультации, промежуточные отчеты перед руководителем и, при необходимости, перед заведующим кафедрой.

За принятые в ВКР решения и за правильность всех данных отвечает - автор работы. Руководитель и консультанты не несут ответственности за ошибочные положения в проекте, если на это было указано автору, но последний настаивает на своем решении.

2.3 Защита ВКР

Защита ВКР организуется как открытая, публичная и проводится в следующем порядке:

представление выпускника и работы, его доклад, ответы докладчика на вопросы (письменные или устные) членов ГАК и присутствующих, представление отзыва руководителя проекта и рецензии, ответы докладчика по существу положений отзыва и рецензии, обсуждение работы, коллегиальное закрытое принятие решения ГАК об оценке ВКР и присвоении квалификации.

Кроме ВКР (пояснительной записки и графической части) на защиту могут быть представлены слайды, макеты, акты и протоколы испытаний и другие материалы.

Длительность защиты ВКР составляет 45 минут. Для защиты студент должен подготовить доклад на 12-15 минут, в котором кратко изложить основное содержание ВКР, обратив особое внимание на специальный раздел. Длительность доклада по исследовательской работе может составлять 15-20 минут с обязательным выделением раздела, посвященного изложению полученных им результатов.

Доклады по групповым и комплексным работам могут проходить в порядке, определенном ГАК (на совместном заседании ГАК различных направлений) с индивидуальными, групповыми и комплексными докладами. При этом

время докладов и общее время защиты суммирует время индивидуальных защит.

3 МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ВКР

3.1. Анализ технологического процесса и производства как объекта управления и постановка задачи автоматизации

3.1.1 Процесс автоматизации представляет собой очень сложную проблему, связанную, прежде всего, с трудностями формализации математического описания. Однако существует ряд факторов, облегчающих решение задачи автоматизации в конкретных, частных случаях, к числу таких факторов относятся:

- знание физической и химической сущности ТП, накопленный опыт и интуиция, позволяющие уменьшить сложность формализации описания процессов;
- большинство ТП проявляют себя как низкочастотные, что ведет к уменьшению числа переменных, необходимых для их описания, более того для большинства установок целью управления является стабилизация технологического режима;
- сложный процесс осуществляется совокупностью хотя и взаимодействующих друг с другом, но все же отдельных машин, аппаратов и оборудования, что указывает на возможность декомпозиции и децентрализации управления на основе разбиения ТП на подпроцессы или подсистемы и сведения системы управления к иерархической структуре.

Глубокое знание технологии производства, для которого разрабатывается система автоматизации, дает возможность обоснованно решать вопросы управления им. Анализ ТП позволяет также правильно выбрать основные контролируемые и управляемые величины, установить диапазон их изменения и рабочее значение, определить характеристики возмущающих воздействий и выбрать главные управляющие воздействия. В последнем случае существует определенная свобода выбора. Например, управляющим воздействием может быть как поступление вещества или энергии в аппарат, так и сток его. Выбор

управляющих воздействий определяется их наибольшей эффективностью и структурой системы автоматизации.

В данном разделе необходимо кратко охарактеризовать существующие способы получения целевого продукта, и на основе их сопоставления выбрать – рациональный. Технология и аппаратура должны рассматриваться с точки зрения внедрения новых методов производства, использования современного оборудования, широкого внедрения комплексной автоматизации производственных процессов. В необходимом объеме рассматриваются физико-химические процессы, дается описание ТП и производства, анализируется основное оборудование, обосновываются параметры нормального технологического режима. Здесь же характеризуют производство, исходя из его особых условий: класса, взрыво- и пожароопасности помещений, наличия агрессивности исходных и получаемых продуктов, характера окружающей среды и т.д., на основании чего определяют технические требования к средствам автоматизации и системе передачи сигнала на расстояние (электрическая, пневматическая, оптоволоконная, радио и др.).

3.1.2 Излагаются протекающие *химические реакции и физико-механические процессы*, особенности их существования, влияние различных параметров на скорость и направление реакций. Дается характеристика исходных и конечных продуктов, а также отражаются физико-химические процессы производства, обуславливающие специфику разрабатываемой системы автоматизации.

3.1.3 Исследуются *ТП и особенности технологического режима*. Описывается *технологическая схема производства*, разрабатываемая с учетом внедрения средств автоматизации. Анализируются общие принципы составления схемы с целью постановки задачи автоматизации производства, её* особенности с точки зрения непрерывности, направления потоков, кратности обработки материалов. возможности использования побочных веществ и отходов. Технологическая схема должна давать ясное представление о протекающих

процессах и взаимодействии аппаратов со средствами автоматизации. Отдельные агрегаты и установки технологического оборудования могут быть изображены на схеме оторвано друг от друга, но при этом всегда приводятся необходимые указания на их взаимосвязь. Выбор схемы должен основываться на новейших достижениях в данной области, высоких экономических показателях производства, обеспечить безопасные условия труда, защиту воздушного бассейна и очистку сточных вод.

3.1.4 Описываются *назначение и принцип действия основных технологических аппаратов*. Рассматриваются особенности конструкции и факторы, их определяющие. Выясняются приемы, исключаяющие протекание побочных реакций, обеспечивающие повышение мощности и коэффициента полезного действия. Излагаются протекающие в аппарате процессы и особенности технологического режима, условия работы оборудования, приводятся характеристики оборудования: тип, производительность и др. данные. В данном разделе могут быть приведены материальные и тепловые балансы ТП, протекающих в аппаратах, для которых в дальнейшем будет производиться математическое моделирование АСР. Определяются возможные места размещения на оборудовании измерительных и отборных устройств.

3.1.5 Каждый ТП *проходит при определенных условиях*, которые задаются через значения его параметров (температура, давление, состав и т.д.). Совокупность значений всех параметров процесса называют *технологическим режимом*, а совокупность значений параметров, обеспечивающих решение целевой задачи *нормальным технологический режимом*. Эти значения указываются в технологическом регламенте процесса – руководящем документе для оператора-технолога.

Отклонение параметров за допускаемые пределы является нарушением технологического режима. Нарушения технологического режима, связанные, например, с превышением параметров процесса, могут иметь серьезные последствия – нормальный режим работы может перейти в аварийный. Одной из

мер, предотвращающих аварийные ситуации, является технологическая сигнализация. *Нормальный технологический режим задают и оформляют в виде технологической карты (таблицы).* В ней приводят перечень параметров, значение которых необходимо поддерживать на определённом уровне, а также указывают диапазоны значений, в которых изменение параметров не приводит к серьезным нарушениям технологического режима.

В проекте рассматриваются параметры, обеспечивающие нормальное протекание технологического режима. Определяются основные технологические параметры, которые необходимо контролировать при ведении процесса, периодичность и точность контроля, а также допустимый их диапазон изменения. Рассматриваются параметры, подлежащие регулированию и сигнализации с подробным обоснованием их влияния на качество выпускаемого продукта и/или безопасность ведения процесса. При этом указываются их номинальные значения и диапазон отклонения от них. Особое внимание необходимо уделить требуемой точности при контроле технологических параметров.

3.1.6. *От выбора ни технологической схеме мест измерения или отбора импульсов в системах контроля и регулирования* зависит не только представительность сигнала, но и точность оценки значения контролируемых или регулируемых параметров в каждый момент времени. В АСР выбор места отбора импульсов должен обеспечить, кроме названных требований, еще и достаточно точное представление о статических и динамических свойствах управляемого объекта. В ряде случаев именно место установки датчиков определяет настройки регуляторов, качество регулирования и другие показатели функционирования системы. В общем случае технологический параметр представляет собой величину, распределенную по длине агрегата и непрерывно изменяющуюся во времени и пространстве случайным образом. Простейшая задача, возникающая в системах контроля, сводится к выбору числа и расположения датчиков по длине агрегата. Выбор мест контроля или отбора импульсов для регулирующих систем должен также обеспечить удобство монтажа соответствующих технических средств на технологическом оборудовании.

3.2. Автоматизации технологических процессов на основе средств локальной автоматики

3.2.1 *В основу автоматизация ТП на базе средств локальной автоматики* положен принцип создания так называемых подсистем локального управления, являющихся функционально выделенной системой, реализующей самостоятельно (в автоматическом режиме) алгоритм управления и обеспечивающей достижение цели управления конкретным подобъектом управления или его технологическим параметром. Цели, параметры, а иногда и сами законы управления подсистема может получать в виде заданий от других систем, например автоматизированной системы управления ТП (АСУТП) или смежных систем, с которыми обеспечивается взаимодействие. Различают автоматические системы регулирования (АСР) и системы автоматического управления (САУ).

Автоматическая система регулирования является функционально завершенной технической системой, обеспечивающей достижение цели управления, заключающейся в обеспечении близости текущего значения координаты ТП к его заданному значению. В любом случае процесс регулирования (стабилизация, программное или следящее) представляет собой изменение регулируемой величины во времени под действием как возмущающих, так и задающих воздействий.

Система автоматического управления, аналогично АСР, осуществляет в автоматическом режиме управление технологическим объектом (ТО), установкой или агрегатом, при этом наряду с регулированием реализует (в том числе, и одновременно) и другие виды управления (*координацию, управление состоянием, оптимальное управление*), в соответствии с целью управления, заключающейся в обеспечении эффективного функционирования ТО. Соответственно критериями качества управления являются значения обобщающих технических характеристик ТО (производительность, точность, соотношение и т.п.) . Количество контролируемых координат ТО может достигать нескольких десятков.

При автоматизации конкретного ТО особое внимание необходимо уделить выбору рациональной структуры АСР или САУ, которая определяется в результате применения прогрессивных принципов управления с использованием дополнительных показателей хода ТП, таких как возмущающие воздействия, промежуточные регулируемые величины и др. С задачей синтеза рациональной структуры одновременно решается также и задача выбора закона регулирования и его коэффициентов. При этом учитываются характеристики и других ТСА, входящих в систему, которые также влияют на показатели качества процессов регулирования.

3.2.2 *Системообразующей частью АСР является объект управления (ОУ).* Характер протекающего в нем процесса, конструктивные особенности оборудования, требования к качеству производимого продукта или энергии, а также требования по надежности и условиям эксплуатации предопределяют принцип регулирования, а также структуру АСР и аппаратуру для ее реализации. При этом под регулируемой величиной (координатой ОУ) понимают величину технологического параметра (температуру, давление, уровень и т.п.).

Синтез рациональной структуры АСР сводится к разработке схемы взаимодействия регулятора или регуляторов с объектом регулирования (ОР). Синтез рациональной структуры АСР не всегда может быть сведен к формальной процедуре. Этот процесс в значительной мере является творческим. Для успешного решения задачи синтеза рациональной структуры АСР необходимо досконально изучить ОР, условия его эксплуатации и требования к качеству регулирования.

При построении АСР в качестве регулируемых координат выбирают технологические параметры, изменение которых свидетельствует о нарушении материального и теплового балансов в ОР. К ним относятся: уровень жидкости – показатель баланса по жидкой фазе; давление – показатель баланса по газовой фазе; температура – показатель теплового баланса в аппарате; концентрация – показатель материального баланса по компоненту.

3.2.3 Окончательные решения по автоматизации на основе локальных средств и систем принимаются после анализа существующих схем автоматизации, известных из отечественной и зарубежной литературы. Рабочий вариант схемы автоматизации должен обеспечить достижение наиболее высоких технико-экономических показателей работы системы, не только соответствовать существующим технологическим требованиям, но и учитывать также перспективы совершенствования ТП, особенности развития технических средств автоматизации. Это позволяет совершенствовать систему автоматизации без существенных затрат. Оптимальный объем (уровень) автоматизации ТП определяется поставленными задачами с учетом технико-экономического обоснования целесообразности автоматизации на базе принятого комплекса технических средств.

На основе анализа ТП как совокупности ОР проектируют систему автоматизации, обеспечивающую решение поставленных задач регулирования. Начинают с проектирования одноконтурных АСР: они наиболее просты в наладке и надежны в работе, поэтому широко используются при автоматизации ТО. При неблагоприятных динамических характеристиках каналов регулирования анализируют возможность построения многоконтурных АСР, в которых качество регулирования можно повысить, усложняя схемы автоматизации, т.е. применяя каскадные, комбинированные, взаимосвязанные АСР и др. Среди методов повышения качества регулирования за счет усложнения структуры систем регулирования наиболее распространены следующие: *введение импульса по возмущению (комбинированные АСР); введение динамической компенсации в системах связанного регулирования; использование каскадных (многоконтурных) АСР; введение в систему информации по значению промежуточной координаты.*

Разработанная (или выбранная типовая) структура, должна быть всесторонне проанализирована с точки зрения ее рационального использования для конкретного объекта. При этом следует иметь в виду, что слишком упрощенная структура может не обеспечить требуемого качества регулирования, а усложненная может оказаться ненадежной и сложной в эксплуатации.

3.2.4 Выбор технических средств (ТС) регулирования целесообразно проводить в такой последовательности:

1. Составляют упрощенную технологическую схему ОР, выделяя ее из технологической схемы производства.

2. Выбирают основную регулируемую величину, исходя из использования одноконтурной АСР, и формулируют цель регулирования. Оценивают связи между переменными в статическом режиме и выясняют возможность создания системы регулирования. Устанавливают число независимых статических регулируемых параметров. При нескольких регулируемых величинах в одном объекте необходимо, чтобы их взаимные связи через процесс были минимальными.

3. Выбирают регулирующее воздействие, определяя, таким образом, канал воздействия. Выбранная в качестве регулирующей входная величина должна отвечать следующим требованиям: степень ее влияния по величине коэффициента передачи и ширине рабочей области достаточна для получения необходимой точности регулирования; статические характеристики ОР линейны или несущественно нелинейные; запаздывание в передаче управляющего сигнала минимально.

4. Составляют структурную схему АСР, связывающую основные элементы замкнутой системы (ОР, измерительное устройство, преобразующие устройства, устройство регулирования, исполнительное устройство и пр.).

5. Выбирают измерительный и промежуточный преобразователи (при необходимости), исполнительное устройство.

6. Оценивают динамические свойства ОР. Для этой цели могут быть применены как экспериментальные, так и аналитические или экспериментально-аналитические методы.

7. Определяют характер и значение основных возмущающих воздействий (помех), имеющих самый разнообразный характер и интенсивность, однако их сводят к трем наиболее распространенным видам: скачкообразно длительному, пиковому, монотонно нарастающему.

8. Предварительно выбирают характер выходного сигнала регулятора (тип регулирующего воздействия) по значению относительного запаздывания t/T (непрерывный, релейный или импульсный).

Причем импульсные или релейно-импульсные (цифровые) регуляторы применяют, когда информация о состоянии регулируемого объекта поступает непрерывно, а регулирующее воздействие осуществляется только в дискретные моменты времени.

9. Устанавливают требуемые (заданные) показатели качества процесса регулирования, используя прежде всего данные технологического регламента.

10. Проверяют пригодность выбранного типа регулирующего воздействия и оценивают качество регулирования для различных законов в одноконтурных системах, если выбранный тип регулирующего воздействия можно реализовать с помощью нескольких законов регулирования. Рекомендуется использовать наиболее простой закон, обеспечивающий требуемое качество.

11. Анализируют возможность улучшения динамических свойств объекта регулирования, если даже самый сложный из законов не обеспечивает требуемого качества регулирования. Такое улучшение, прежде всего, возможно за счет применения менее инерционных измерительных преобразователей, других регулирующих воздействий, а также изменения места установки датчиков или РО.

12. Анализируют возможность и способ улучшения качества регулирования систем другой структуры (многоконтурных, комбинированных, с переменной структурой и пр.), если мероприятия по улучшению динамических свойств ОР не приносят желаемого результата.

13. Осуществляют аппаратную реализацию АСР или системы автоматизации ТП в целом. Современные А.СР в своем значительном большинстве реализуются на базе агрегатных средств или программируемых контроллеров, позволяющих организовывать локальные (автономные) контуры автоматического управления в ТП. Из ряда контроллеров, предлагаемых той или иной

фирмой, выбираются наиболее подходящие с точки зрения решения конкретной задачи управления. При необходимости осуществляется программирование контроллера, задается вид управления, тип закона регулирования, значения настроечных коэффициентов и т.д. Функционально АСР в этом случае может быть реализована частично аппаратно, частично программно. Независимо от этого АСР представляется как система, в которой все элементы виртуальной структуры существуют реально в виде отдельных модулей (алгоритмов), а вместе реализуют функцию регулирования заданного параметра.

Таким образом, выбор систем проводят, начиная с одноконтурной АСР и простейшего закона регулирования, усложняя его, пока не достигнут требуемого качества регулирования. Если требуемое качество не достигается в одноконтурной системе, то анализируют возможность использования более сложных структур систем. Кроме того, при разработке принимают во внимание сравнительную оценку систем с энергоносителем разного вида.

3.2.5 Формирование комплекса технических средств (КТС) является завершающим этапом автоматизации на базе локальных средств. В состав КТС автоматизации наряду со средствами регулирования входят: подсистемы мониторинга технологических параметров; исполнительные механизмы (командоаппараты, исполнительные и регулирующие органы, преобразователи командных сигналов и т.п.); программируемые контроллеры; устройства человеко-машинного интерфейса оператора (индикаторы, сигнализаторы, щиты и мнемосхемы комплексного контроля, пульта управления, мониторы и экраны).

Мониторинг технологических параметров, объектов и процессов одна из основных задач, решаемых в процессе автоматизации ТП, и заключается в сборе значений переменных процесса (параметров, координат и т.п.), их хранении, накоплении, обработке, оценке и отображении в подходящей для человека – оператора форме. В процессе мониторинга решается и задача контроля протекания ТП, своевременное обнаружение отклонений от установленного режима,

что позволяет быстро устранить их и предотвратить нарушение режима на других стадиях процесса.

Система мониторинга в общем случае включает в себя первичные измерительные преобразователи (ПИП) технологических параметров (иначе называемые датчики), устройства преобразования-согласования сигналов измеряемых величин в системный сигнал, например, в цифровую форму (иначе называемые устройствами ввода - УВ), которые, совместно с физическим каналом связи (КС), образуют среду передачи сигналов мониторинга от ПИП к рабочей станции мониторинга (РСМ). Датчики осуществляют преобразование физической величины, представляющей технологический параметр ТО, в выходную величину (измерительный сигнал), несущую информацию о количественном значении измеряемой величины. В ряде случаев система мониторинга может быть выполнена на основе индивидуального отображения технологических параметров вторичными приборами (ВП) показывающими, регистрирующими или сигнализирующими без РСМ. Таким образом, системы мониторинга получаемую информацию о ходе какого-либо процесса реализуют в показания ВП (в том числе, запись значений измеряемой величины на диаграммной бумаге), сигнализацию, представление на экранах мониторов (проекционных экранах) после обработки РСМ. В случае необходимости применяется передача данных на расстояние специальными сетевыми средами передачи.

Выбор средств для системы мониторинга сопряжен с оценкой целого ряда характеристик, отражающих важные с точки зрения обеспечения управления аспекты. Прежде всего, это информационные, метрологические и динамические характеристики, а также параметры, учитывающие влияние окружающей среды, среды передачи сигналов, значения величин и характер нагрузок.

Выбор ТС мониторинга необходимо начинать с определения возможных методов и принципов измерения технологических параметров, выбранных в предыдущем разделе. *Выбор методов* начинают производить с анализа измерений теплотехнических параметров: давления, температуры, расхода и уровня.

Затем производят сравнительную характеристику методов физико-химических измерений: измерение состава и физико-химических свойств веществ и пр. Нельзя допускать разнообразия методов измерения одного и того же параметра, так как это приведет к расширению номенклатуры приборов, что, в свою очередь, затруднит организацию их ремонта и создание резерва.

Большое значение для обеспечения безопасности ТП имеет контроль воздушной среды производственных помещений. Горючие газы и пары легко воспламеняющихся жидкостей могут проникать в воздух помещений как в результате возникших неполадок в работе оборудования, так в отдельных случаях и при нормальном ходе процессов. Для контроля воздушной среды взрывоопасных помещений используют газоанализаторы-сигнализаторы довзрывоопасных концентраций. Пробоо! борные устройства и датчики сигнализаторов устанавливают в самом взрывоопасном помещении, причем отборные устройства должны быть размещены в местах, где появление горючих газов или паров наиболее вероятно.

3.2.6 При выборе ПИП (датчиков) технологических параметров и ВП, следует учитывать ряд определенных факторов: допустимую для соблюдения нормального технологического режима погрешность, определяющую класс точности прибора; инерционность датчика, характеризующую его постоянную времени; пределы измерения датчика с гарантированной точностью; предельные значения измеряемой величины и других параметров среды; влияние физических параметров контролируемой и окружающей среды (температуры, давления, влажности и т.д.) на нормальную работу датчика; разрушающее влияние на датчик контролируемой и окружающей среды вследствие химического воздействия, её абразивных свойств и т.п.; возможность применения ИП с точки зрения пожаро-взрывобезопасности; возможность получения унифицированного выходного сигнала для дальнейшей его обработки или хранения; расстояние,

на которое может быть передана информация, выданная датчиком (измерительным преобразователем);

В процессе *выбора датчиков и ВП* учитываются также особенности производственного процесса и помещения, влияние окружающей среды, наличие вибраций, электрических и магнитных полей и т.п. Измерительные средства должны выбираться по возможности в рамках Государственной системы приборов (ГСП) с учетом сложности технологического объекта и его пожаро- и взрывоопасности (например, принять приборы с пневматической системой дистанционной передачи, электрические приборы в искробезопасном исполнении и т.д.), агрессивности и токсичности окружающей среды, вида измеряемого технологического параметра и физико-химических свойств среды, дальности передачи сигналов от датчиков до пунктов управления, требуемой точности и быстродействия, допустимой погрешности измерительных систем, места установки устройства, требований правил установки электрооборудования. Приборы должны выбираться из числа серийно выпускаемых приборостроительной промышленностью, т.е. согласно действующим номенклатурным каталогам и справочникам. Использовать те или иные измерительные системы - электрические, пневматические, механические следует с учетом конкретных условий процесса измерения, необходимой точности и экономической эффективности.

Необходимо также обратить внимание на выбор широко распространенных термопреобразователей, материалы защитных чехлов которых должны выдерживать температуры, давления и действия агрессивных сред. Все эти и другие вспомогательные устройства должны быть внесены в проект автоматизации.

Кроме отмеченного выбор ВП во многом определяется используемым датчиком или системой передачи сигнала на расстояние, а также требуемыми от прибора функциями, его габаритами, стоимостью и пр.

3.2.7 Устройства ввода в соответствии с функциональным назначением подразделяются на устройства ввода аналоговых сигналов, ввода дискретных сигналов, счетчики (таймеры), специализированные измерители, нормализаторы, коммутационные устройства, сетевые контроллеры и интегрированные (использующие различные комбинации указанных групп). Перечень УВ для промышленного применения огромен, кроме того, устройства, идентичные по функциональным характеристикам, имеют несколько конструктивных модификаций в зависимости от условий эксплуатации. Поэтому задача выбора УВ представляется совсем не однозначной, и ее решение зависит от множества факторов.

Прежде всего, оцениваются условия эксплуатации и удаленность по отношению к ТО. Эти требования относятся ко всей системе, однако именно УВ в значительной степени определяют характеристики. Поэтому уже на первом этапе анализа можно исключить из рассмотрения большое количество УВ, не отвечающих, например, климатическим требованиям или не имеющих гальванической развязки по входу или выходу. Далее рассматривается количество и номенклатура сигналов датчиков и особенности преобразования этих сигналов, определяемые, например, алгоритмом управления объектом. В частности, информация от датчиков поступает непрерывно, а обрабатывается периодически (циклически) с временем Гц. В соответствии с выбранным принципом организации циклов всю информацию, поступающую от датчиков, подразделяют на постоянную (периодичность опроса датчиков не более Гц), периодическую (периодичность опроса датчиков до 10Гц), эпизодическую (периодичность опроса датчиков свыше 10Гц). Первый поток информации учитывается во всех циклах управления ТО, а второй и третий - только в соответствии с потребностью алгоритма управления.

3.2.8 Исполнительными механизмами (ИМ), перемещающими регулирующие органы (задвижки, заслонки, клапаны, шиберы, краны и др.) систем ав-

томатизации, осуществляется реализация управляющих воздействий. Выбор ИМ производится на основе требований технологического оборудования, эксплуатационных, конструктивных и экономических характеристик.

С точки зрения соответствия требованиям технологического оборудования, наиболее важными характеристиками являются номинальный момент, время полного срабатывания и перемещение (ход) штока.

В аварийных ситуациях защита технологического оборудования осуществляется перекрытием трубопроводов специальными отсечными клапанами, установленными последовательно с регулирующими исполнительными органами. При нормальном ходе процесса они полностью открыты и срабатывают одновременно с аварийной сигнализацией. Специальная конструкция затвора клапана и более мощный исполнительный орган обеспечивают надежное перекрытие трубопровода.

3.2.9 В работе должен быть обоснован выбор и описана среда передачи сигналов от датчиков к ВП, РСМ, УВ, программируемым контроллерам и исполнительным механизмам. В настоящее время все чаще для организации используется *интерфейс последовательного обмена*, он является неотъемлемой частью любого управляющего контроллера, устройств считывания штриховых кодов, интеллектуальных датчиков и других устройств. Наиболее часто используют интерфейс RS-422 и RS-485, как стандарт для связи измерительных и промежуточных преобразователей с компьютерами и контроллерами. В этом случае в проекте должно быть представлена схема, позволяющая проследить сетевую организацию измерительных и управляющих каналов системы.

3.2.10 В результате инженерного анализа ТП принципиальных схем построения систем мониторинга, регулирования и управления, формирования КТС разрабатывается *функциональная схема автоматизации* (ФСА), определяющая виды измеряемых физических величин, каналы управления, размеще-

ние средств автоматизации, в том числе, средств визуализации информации для оператора ТП. ФСА определяет функции и объем автоматизации ТП.

При описании ФСА должны быть отражены вопросы выбора параметров контроля и управления, построения структуры управления, организации пунктов контроля и управления, блокировки механизмов, наличия защиты и сигнализации, технических средств, с помощью которых реализуется тот или иной функциональный узел контроля, автоматического регулирования и управления.

Работа всех систем контроля, регулирования и управления должна быть описана так, чтобы можно было четко представить функции, выполняемые отдельными системами и их элементами. После упоминания какого-либо из устройств необходимо делать ссылку на позицию данного устройства, соответствующую его расположению на функциональной схеме, например: "термопреобразователь термоэлектрический хромель-копелевый ТХК-0515 (поз.2а)".

3.3 Автоматизированные системы управления технологическими процессами и производствами

3.3.1. *АСУТП являются наиболее распространенным видом систем управления в технологических производствах и характеризуются наличием самостоятельных целей и перечнем функций, а также соответствующей целям и функциям архитектурой.*

Общая задача управления ТП формулируется при этом как задача максимизации (минимизации) некоторого критерия (себестоимости, энергозатрат, прибыли) при выполнении ограничений на технологические параметры, накладываемые регламентом. Решение такой задачи для всего процесса в целом очень трудоемко, а иногда практически невозможно ввиду большого числа факторов, влияющих на ход процесса. Поэтому весь процесс разбивают на отдельные участки, которые характеризуются сравнительно небольшим числом переменных. Обычно эти участки совпадают с законченными технологически-

ми стадиями, для которых могут быть сформулированы свои подзадачи управления, подчиненные общей задаче управления процессом в целом.

Задачи управления отдельными стадиями обычно направлены на оптимизацию (в частном случае, стабилизацию) технологического параметра или критерия, легко вычисляемого, но измеренным режимным параметрам (производительность, концентрация продукта, расход энергии). На основании задачи оптимального управления отдельными стадиями процесса формулируют задачи автоматического регулирования технологических параметров для отдельных аппаратов.

3.3.2. Цели функционирования вместе с величинами критериев качества и значениями некоторых координат задаются вышестоящей СУ. Важнейшей функцией АСУТП является стабилизация координат (параметров), а в пределе - нахождение оптимальных управлений состоянием ТП. Кроме того, в функции управления на этом уровне входит выявление и устранение ненормальных (аварийных) режимов, переключение оборудования в технологических схемах, вычисление технико-экономических параметров процесса и т.п.

Необходимость реализации АСУТП функций непосредственного управления процессами в режиме реального времени и организации взаимодействия с оператором, принимающим решения по выработке управляющих воздействий, однозначно формирует архитектуру АСУТП как иерархическую (минимально двухуровневую). В зависимости от целей управления ТП преобладающую роль могут играть контуры автоматической реализации алгоритмов управления или автоматизированного управления, когда управляющие решения формируются с участием оператора (операторов). Специфика ОУ, его состав, сложность протекающих процессов, пространственная распределенность технологического оборудования, степень взаимосвязи между отдельными агрегатами или процессами и т.п. - все это, в совокупности, является определяющим фактором при выборе конфигурации и средств управляющей сети, как основы

архитектуры АСУТП. Наконец, уровень требований к качеству функционирования ТП инициирует постановку и решение задач оптимального или адаптивного управления. Таким образом, *работа должна содержать подробный функционально - целевой анализ задач автоматизации и управления.*

3.3.3. В обобщенном виде *архитектура АСУТП может быть представлена управляющей сетью*, в узлах которой размещены станции автоматического или автоматизированного управления, которые связаны необходимыми коммуникациями. Использование вычислительных сетей для реализации функций управления формирует *класс управляющих вычислительных сетей*. В зависимости от обслуживаемых объектов сети располагают в следующей иерархии:

- *специализированные промышленные сети типа fieldbus*, осуществляющие полностью цифровую двунаправленную многоточечную связь интеллектуальных устройств и контроллеров (модулей контроллеров) на объектах с операторскими компьютерами;
- *локальные вычислительные сети (ЛВС)*, охватывающие ограниченное пространство (обычно в пределах удаленности станций не более чем на несколько сотен метров друг от друга, реже на 1...2 км) и реализующие распределенные вычисления и обработку данных; локальные сети обозначают LAN (Local Area Network);
- *корпоративные сети (масштаба предприятия)* - совокупность связанных между собой ЛВС и (или) промышленных сетей типа fieldbus, предназначенных для решения общих задач автоматизации на предприятии или учреждении; их называют Enterprise Network;
- *территориальные сети*, охватывающие значительное географическое пространство; среди территориальных сетей можно выделить сети региональные и глобальные, например, называемые WAN (Wide Area Network) или Internet, имеющие соответственно региональные или глобальные масштабы; в

Internet существует понятие *интрасетей* (Intranet) - корпоративных сетей в рамках Internet.

В проекте должна быть представлена структурная схема, позволяющая проследить все уровни сетевой интеграции производства - от управления в реальном времени ТП до получения целевых установок руководства предприятия по внешним кантам доступа.

3.3.4. *Сточки зрения использования видов обеспечения АСУТП является наиболее требовательной из СУ. Практически каждый из видов обеспечения присутствует в ней в значительном объеме, что и характеризует потенциальную мощность системы.*

Методическое обеспечение в АСУТП связано с математическим моделированием ОУ и системы в целом, адаптацией и идентификацией математических моделей; описанием алгоритмов оптимального и адаптивного управления.

Техническое обеспечение объединяет аппаратные средства (от первичных измерительных преобразователей до исполнительных механизмов), аппаратно-программные средства (промышленные компьютеры, ПК, средства сетевой связи) и системные программные средства (ОС, драйверы, сетевые программы).

Лингвистическое обеспечение включает языковые средства, применяемые на различных этапах взаимодействия с ТСА субъектов управления, а также субъектов автоматизации (специальные языки программирования ПК, языки визуального программирования СУ, языки диалогового общения оператора и АСУ).

Информационное обеспечение представлено в АСУТП различными программными комплексами сбора, хранения и выдачи данных, знаний, решений, соответственно, базами данных или знаний, экспертными системами или системами поддержки принятия решений.

Прикладное программное обеспечение - важный элемент, поскольку в наиболее явном виде отражает привязку к предметной области. Именно с его помощью реализуются алгоритмы контроля и управления, в его среде формируется взаимодействие оператора и ОУ, оно характеризует АСУТП при взаимодействии с вышестоящими и смежными АСУ. Все чаще прикладное программное обеспечение представляется в виде интегрированного программного инструментального и исполнительного комплекса, т.е. SCADA - системы. Концепция SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition - диспетчерское управление и сбор данных) предопределена всем ходом развития АСУТП. Применение SCADA-технологий позволяет достичь высокого уровня автоматизации в решении задач разработки систем управления, сбора, обработки, передачи, хранения и отображения информации.

Данный раздел ВКР может содержать обоснование и описание, используемых в АСУТП видов обеспечения.

3.3.5 *Разработка прикладной программы в SCADA* вне зависимости от процесса и конкретного пакета подразумевает следующие основные этапы: разработка архитектуры системы в целом в *клиент-серверной среде* разработка алгоритма автоматизированного управления каждым узлом; анализ и устранение аварийных ситуаций; разработка вопросов взаимодействия различных подсистем; создание ресурсов для модернизации системы; создание интерфейса оператора; отладка системы.

SCADA - системы обеспечивают системную декомпозицию с учетом согласованного и координированного решения задач автоматизации, опираясь при этом на самые современные сетевые технологии. SCADA - системы позволяют строить интегрированные иерархические системы на основе временной и уровневой иерархии за счет разделения общей задачи автоматизированного управления по фазам планирования, регулирования, учета, анализа, а также временной иерархии задач внутри каждой фазы. Второй важнейший интеграци-

онный момент связан с принципиальным объединением в единый программный комплекс инструментальной и исполнительной систем. SCADA - системы наиболее наглядно демонстрируют достоинства интеграции СА и СУ, обеспечивая координацию процессов исследования хода производства, оперативного и стратегического планирования, адаптации системы и управлений за счет изменения состава и взаимосвязей между задачами, характера взаимодействия между ее компонентами, а также параметрической оптимизации в процессе управления.

Рекомендуется включать в проект реализацию операторского интерфейса мониторинга процесса, выполненную с использованием SCADA-технологий.

3.4 Специальная часть работы: разработка, моделирование, эксперимент

В данном разделе ВКР предлагается представить *важнейший (по согласованию с руководителем проекта) этап проектирования системы или отдельного элемента системы, характеризующий уровень профессиональной подготовки обучающегося.*

3.4.1 Среди вопросов, выносимых на рассмотрение в специальную часть проекта, например, могут быть представлены:

- Разработка и теоретические или экспериментальные исследования структуры и параметров АСР.
- Разработка и теоретические или экспериментальные исследования структуры и параметров элементов системы управления (датчиков, преобразователей, средств интерфейса, контроллеров и т.п.).
- Построение математической модели и моделирование объектов, процессов или систем.
- Алгоритмизация технологических процессов, процессов управления, процедур мониторинга, контроля и т.п.

- Создание специализированных программных и информационных продуктов.

3.4.2. Традиционно важной квалификационной характеристикой выпускника данной специальности является представление результатов *разработки и теоретических или экспериментальных исследований структуры и параметров АСР.*

Разработку АСР в этом случае начинают с представления проектируемой АСР в виде структурной схемы с использованием всех технических средств, реализующих систему. В дальнейшем производится моделирование всех элементов АСР. Исходя из реального ТП и характеристик объекта, обосновывают закон регулирования и критерий, который будет положен в основу определения его коэффициентов. Выбирают и обосновывают метод нахождения оптимальных параметров настройки регулятора. Имея математическое описание неизменяемой части системы, производят синтез закона управления и его параметров исходя из выбранного критерия. Проверку правильности синтезированной АСР осуществляют построением переходного процесса и определением параметров, характеризующих его качество. При этом для синтеза и анализа системы рекомендуется использовать ПК с представлением программы расчета, которые помещают в приложение из ВКР. Программы следует прикладывать, если они носят оригинальный характер.

2.4.3. *Разработку и теоретические или экспериментальные исследования структуры и параметров элементов системы управления* (датчиков, преобразователей, средств интерфейса, контроллеров и т.п.) рекомендуется включать в проекты, использующие нестандартизованные решения и требующие углубленного рассмотрения специализированных средств. Например, при использовании программируемых контроллеров для автоматизации ТП эффективность во многом определяется стратегией использования ресурсов аппаратных, про-

граммных или аппаратно-программных средств. Исходным этапом проектирования в этом случае является анализ задачи управления ТП. В процессе решения задач автоматизации ТП, исходя из предварительной декомпозиции задачи автоматизации, оценивается архитектура системы автоматизации и решается оптимизационная задача объектной ориентации ресурсов контроллера, например, путем минимизации избыточных ресурсов. Наследующих итерационных шагах проводится согласованное уточнение декомпозиции объекта автоматизации и архитектуры системы автоматизации. В общем случае декомпозиция задач автоматизации ТО (пространственная, функциональная, иерархическая и т.п.) по используемым средствам автоматизации предопределяет декомпозицию контроллеров. Результатом этого этапа проектирования является архитектура системы автоматизации на основе программируемых контроллеров.

После определения архитектуры и системных требований осуществляется проектирование конкретных контроллеров. На этом этапе анализируется задача автоматизации конкретного ТО, в том числе, количество и типы входных и выходных сигналов, характеристики ТО с точки зрения управляемости, алгоритмы управления объектом, характеристики среды, эксплуатационные и технологические ограничения на технические решения, прогнозируемая степень совершенствования объекта в дальнейшем. Уровень абстракции представляемых решений ограничивается структурной схемой контроллера, концептуальной схемой алгоритма управления объектом, внешними спецификациями контроллера как элемента системы автоматизации. В результате определяются степень аппаратной избыточности, способ объектной ориентации аппаратной части, архитектура микроконтроллера, конструктивное исполнение, возможности аппаратной адаптации в процессе эксплуатации.

На заключительном этапе осуществляется реализация принятой структуры контроллера в виде конкретных элементов аппаратных средств, управляющих программ, документации пользователя (описаний, инструкций и т.п.). На данном этапе необходимо углубляться в особенности взаимосвязи с объек-

том, взаимодействия аппаратных модулей и узлов, специфичности языков программирования, архитектур микроконтроллеров, т.е. достигнуть уровня абстракции *принципиальных схем аппаратных средств и операторов языков программирования*.

3.4.4. *Основой теоретического анализа системы управления является ее математическое описание – математическая модель (ММ).* При исследовании статики системы ММ призвана обеспечить расчет величины статической ошибки, а при исследовании динамики - определить основные показатели качества управления: устойчивость, наблюдаемость, управляемость, адаптивность и т.п.

Например, знание физических основ ТП, конструктивных особенностей и условий эксплуатации технологического оборудования является необходимым, но еще не достаточным условием для полного решения вопросов автоматического регулирования. В процессе построения оптимальной структуры АСР и выбора аппаратуры для ее реализации необходимо знать статические и динамические свойства ОР и отдельных элементов и системы в целом.

Статические характеристики ОР используются при выборе датчиков, вторичных измерительных приборов, регулирующих органов, вычислительных устройств. В статике каждое звено описывается алгебраическим уравнением. Исключая промежуточные переменные, можно установить и требуемые связи между входными величинами в установившихся режимах.

Динамические Характеристики ОР служат исходными данными при синтезе структур АСР и выборе типов и параметров настройки регулирующих устройств, а иногда (при синтезе сложных структур) и вычислительных устройств. Аналитически динамическая характеристика ОР выражается дифференциальным уравнением либо системой дифференциальных уравнений. В реальных системах все звенья нелинейные. Однако во многих случаях ММ нелинейных систем могут быть преобразованы в линейные путем линеаризации, характеристик звеньев и систем. В практике моделирования широко используют

ся два метода линеаризации, позволяющие заменить нелинейные ММ их линейными приближениями. Первый метод заключается в том, что нелинейные функции, отражающие соотношения различных переменных в АСР, раскладываются в ряды Тейлора в окрестностях точек, характеризующих рассматриваемые режимы. Вторым способом линеаризации нелинейных характеристик звеньев АСР сводится к тому, что из уравнений звеньев, составленных для режима малых отклонений переменных от равновесного положения, вычитаются уравнения равновесного состояния. Полученные таким путем уравнения в приращениях дают линеаризованное описание процессов, протекающих в АСР.

Для сравнительно простых ОР либо для отдельных регулируемых участков *дифференциальные уравнения можно составить на основании рассмотрения их материальных и энергетических балансов*. Для сложных регулируемых объектов их временные характеристики получают обычно экспериментально. Поэтому в ВКР может быть получено математическое описание ОР на основании временных характеристик, путем проведения соответствующих обработок. *При этом в пояснительной записке ВКР должна быть приведена методика получения данных характеристик на объекте, сама временная характеристика и методика ее обработки.*

3.4.5. *Алгоритмизация технологических процессов, процессов управления, процедур мониторинга, контроля и т.п.* предполагает разбиение системы на модули, каждый из которых выполняет один из этапов (одну операцию) общего процесса. Алгоритм управления или функционирования представляет собой в этом случае словесное описание заданного процесса и условий, его выполнения или изображение его в виде формулы, графика, схемы и т.п.

Алгоритмы управления характеризуются следующими параметрами: совокупностью возможных исходных данных; совокупностью возможных результатов; совокупностью промежуточных результатов; правилами инициализации

начала алгоритма; правилами непосредственной обработки данных; правилами остановки (окончания) алгоритма; правилами извлечения результатов.

Основные требования к описанию алгоритма сводятся к понятности, определенности, массовости, конечности и результативности. Описание алгоритмов может быть словесное, линейное или графическое в виде блок-схемы.

В качестве примеров разрабатываемых в проекте алгоритмов следует упомянуть алгоритмы наблюдения и контроля объекта управления, в том числе, сбора информации, обработки и накопления данных; алгоритмы оперативного учета и контроля; алгоритмы оптимального управления процессами и производствами; алгоритмы прикладных программ, реализующих отдельные процедуры функционирования систем управления.

3.4.6. *Создание специализированных программных и информационных продуктов* рекомендуется включать в проекты систем, программное обеспечение которых требует от проектанта демонстрации глубоких знаний в области языков и технологий программирования, инструментальных средств и методологий проектирования программных продуктов.

Современная система автоматизации ТП любого уровня и сложности уже не может быть представлена без программируемых контроллеров или промышленных компьютеров. Нормой становится понятие программируемого технологического оборудования, процесса или автоматизированной технологии. В соответствии с изменением места ЭВМ в автоматизации изменился и подход к их программированию. От используемых традиционно универсальных алгоритмических языков (Паскаль, Си, Модула, Бейсик и др.) и соответствующих им инструментальных средств путь лежит к созданию и применению специализированных технологий программирования, то есть средств задания программ управления конкретными технологическими объектами.

Под термином технологии программирования при этом подразумевается очень широкий диапазон понятий: от использования языка команд процессора

микроконтроллера до диалоговых систем визуального проектирования программ АСУ ТП, от программирования последовательностей действий оборудования до программирования автоматизированной технологии. Для промышленных контроллеров и компьютеров использование языкового интерфейса в терминах и непосредственных операциях либо объекта автоматизации, либо функций управления является одним из общих требований.

В этом случае ВКР должна содержать описание задачи, обоснование выбора инструмента, представление процедур проектирования и результата программирования - прикладной программы.

3.5 Схемотехника часть ВКР

В данном разделе ВКР могут быть описаны принятые решения при разработке принципиальных схем контроля и регулирования основных параметров, схем сигнализации, блокировки и защиты, схемы питания приборов и средств автоматизации и другие графические материалы проекта, приведено их описание, даны расчеты схем (например, расчет надежности).

Здесь же может быть приведено описание графической части проекта автоматизации разрабатываемой на стадии рабочей документации и включенной в ВКР. Необходимо отметить, что весь материал должен быть объединен единой целью, логически и технически увязан между собой, носить оригинальный характер. В раздел могут быть включены материалы по разработке технической документации на спроектированные щиты и пульты, схемы внешних электрических и трубных проводок; планы расположения средств автоматизации, электрических и трубных проводок; нетиповые чертежи установки средств автоматизации; общие виды нестандартизованного оборудования; расчеты измерительных устройств и регулирующих дроссельных органов.

3.6 Анализ мероприятий по безопасности жизнедеятельности

Задание разрабатывается руководителем совместно с консультантом по разделу. В задании указываются вопросы, подлежащие разработке, и объем раздела. Количество вопросов устанавливается в зависимости от их сложности. Рассматриваемые вопросы должны быть направлены на обеспечение работоспособности автоматизируемого объекта при нормальных условиях, а также в случаях стихийных бедствий, крупных производственных авариях и катастрофах в мирное время и в условиях войны.

При этом должны быть рассмотрены следующие вопросы: анатомо-физиологические воздействия на человека вредных факторов; организационные и правовые основы безопасности жизнедеятельности; безопасность и экологичность технических систем, физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности, безопасность в чрезвычайных ситуациях.